



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EFFECTO DE ÉPOCA Y EDAD AL CORTE SOBRE LAS FRACCIONES DE LA
PROTEINA EN LEGUMINOSAS INTRODUCIDAS A VERACRUZ**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:
OLIVOS AGUILAR PATRICIA**

**Asesores:
MC Francisco Alejandro Castrejón Pineda
Dr. Luis Corona Gochi**



México, D. F.

2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la oportunidad de desarrollarme académicamente y un poco deportivamente aunque no sea genéticamente buena para los deportes. A la DGAPA-UNAM proyecto PAPIIT IN215310 por el apoyo financiero para realizar los análisis.

A mis asesores MC Francisco Alejandro Castrejón Pineda y al Dr. Luis Corona Gochi, por el apoyo para la realización de este trabajo, con su experiencia y conocimientos.

Al Doctor. Francisco Castrejón Pineda que me adoptó y confió en mí, me apoyó siempre y soportó mi carácter.

A todos los doctores que son excelentes personas, que me brindaron su amistad y apoyo en todo momento.

A los laboratoristas, Eli, Tere, Martín, Mimí y a la Química Águeda que sin ellos nunca hubiera terminado mi tesis, que me enseñaron, me aceptaron y me brindaron su linda amistad.

A mis amigos de la carrera que me aguantaron tantos años y aun siguen siendo mis amigos, como a Gaby, Belem, Luis, Daniel, Nacho, Karen y a otros amigos que conocí en el Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, a Valeria, a Jonathan, Gustavo, Sandy, Lalote, a otros amigos que me ayudaron en el laboratorio, entre ellos Jesús Guzmán.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis padres, a mis hermanos, mis tías, a mis primos y primas, que me apoyaron siempre y me tuvieron paciencia para llegar hasta aquí y poder seguir con esta carrera que no fue fácil para mí, pero que ahora he llegado a la meta gracias a ellos.

CONTENIDO

	Página
Resumen	1
1. Introducción	2
1.1 Antecedentes.....	5
1.1.1 La Ganadería en México.....	6
1.1.2 Regiones Agroecológicas-Ganaderas de la República Mexicana.....	7
1.2 La alimentación en las regiones tropicales.....	12
1.2.1 Estacionalidad de la producción.....	13
1.2.2 Pasturas sembradas en las regiones tropicales.....	14
1.3 Leguminosas arbóreas y arbustivas.....	15
1.3.1 Beneficios de las leguminosas.....	17
1.3.2 Descripción de las leguminosas en estudio.....	20
1.3.2.1 <i>Gliricidia sepim</i> (JACQ.)KUNTH. Y WALP.....	21
1.3.2.2 <i>Cratylia argentea</i> (Desvaux) O. Kuntze	25
1.3.2.3 <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.....	27
1.4 Importancia de la proteína en la alimentación de rumiantes.....	28
1.4.1 Fracciones de la Proteína de los alimentos.....	29
1.4.2 Proteínas.....	30
1.5 Determinación de las fracciones de proteína.....	32
1.6 Justificación.....	34
1.7 Objetivo general.....	36
1.7.1 Objetivos específicos.....	36
1.8 Hipótesis.....	37
2. Material y métodos	38
2.1 Ubicación.....	38
2.2 Diseño de parcelas y método de muestreo.....	38
2.3 Fase de laboratorio.....	40
2.4 Diseño experimental y análisis estadístico.....	42
3. Resultados y discusión	43
3.1 Proteína cruda.....	43
3.2 Fracción A.....	47
3.3 Fracción B1.....	50
3.4 Fracción B2.....	54
3.5 Fracción B3.....	57
3.6 Fracción C.....	59
3.7 Fracciones de proteína como porcentaje de la proteína total.....	62
4. Conclusiones	65
5. Referencias	67

RESUMEN

OLIVOS AGUILAR PATRICIA. Efecto de época y edad al corte sobre las fracciones de la proteína en leguminosas introducidas a Veracruz. Bajo la asesoría de: MC Francisco Alejandro Castrejón Pineda, Dr. Luis Corona Gochi.

El objetivo fue analizar en *Gliricidia sepium*, *Cratylia argentea* y *Leucaena leucocephala*, el efecto de especie, época y edad sobre las fracciones (A, B1, B2, B3, C) de la proteína cruda (**PC**). Las especies se establecieron bajo un diseño de parcelas subdivididas con cuatro repeticiones, en el INIFAP "La Posta", Veracruz, localizado a 16 msnm, clima (AW1), suelo vertisol textura migajón arcillo arenoso, pH de 5.35; se sembraron en parcelas de 3.5 m de ancho por 8 m de largo, con 6 surcos que tenían 50 cm de separación entre surcos y 50 cm entre plantas. Cuando alcanzaron 100 cm de altura se hizo un corte de uniformización defoliando toda la planta, posteriormente en dos plantas de los cuatro surcos centrales de cada especie, en 4 m² del centro correspondientes a cada edad (6, 9, 12 semanas), se obtuvieron manualmente las hojas (foliolos y pedicelos) de las dos plantas en tres épocas: lluvias (julio-septiembre), nortes (octubre-marzo) y secas (abril-junio), se deshidrataron en estufa a 55 °C y molieron en molino Willey Thomas con criba de 1 mm. En el DNAyB, FMVZ-UNAM, se analizó la **PC** según la técnica de Kjendahl (AOAC,1990); el nitrógeno insoluble y nitrógeno verdadero soluble según la técnica de Krisnamorthy *et al.* (1982); y el análisis de PC en residuo de fibra detergente neutro y fibra detergente ácido, con metodología de Van Soest *et al.* (1991); con los resultados se estimaron las fracciones de PC (**A, B1, B2, B3, C**) según metodología del CNCPS. Los resultados por especie, época y edad al corte así como su interacción se evaluaron por ANDEVA para el diseño experimental mencionado. La comparación de medias se llevó a cabo por el método de Tukey y para evaluar edad al corte se utilizaron polinomios ortogonales. Se observó interacción ($P < 0.05$) (especie*época*edad) sobre la concentración de **PC, A y B2**; para **B1** la interacción ($P < 0.05$) fue: época x edad ($P = 0.0355$); para **B3** la interacción fue: especie*edad ($P = 0.0443$) y época por edad ($P = 0.0006$); para **C** la interacción fue: especie*época ($P = 0.0003$) y época*edad ($P < 0.0001$). En cuanto a **PC** el mayor contenido ($P < 0.05$) se registró en *Leucaena* en época de nortes y corte a 6 semanas (26.04%); la menor cantidad ($P < 0.05$) fue para *Cratylia* en época seca y corte a 9 semanas (16.62%). *Gliricidia* y *Leucaena* presentaron mayor valor de PC respecto a *Cratylia* (17.87%). En **fracción A** la mayor ($P < 0.05$) cantidad se registró en *Leucaena* en época de nortes y corte a 6 semanas (8.35 %); la menor ($P < 0.05$) concentración la obtuvo *Cratylia* en época de nortes y corte a 12 semanas (2.42 %). En **fracción B2** la mayor ($P < 0.05$) concentración se registró en *Cratylia* en época de nortes y corte a 12 semanas (12.67%); la menor ($P < 0.05$) cantidad la obtuvo también esta leguminosa pero en época de lluvias y en el corte a las 6 semanas (1.98%). Por especie *Cratylia* presentó el menor ($P < 0.05$) contenido de PC y fracciones A y B2. Por época, en nortes se tienen los mayores ($P < 0.05$) valores de PC y B2. Pero en lluvias se incrementa la fracción C. A mayor edad disminuye (efecto lineal, $P < 0.05$), la PC y fracciones A, B1, B3, C y se incrementa la B2. La cosecha a menor edad (6 a 9 semanas) representa mejores valores de PC y fracciones A, B1 y B3. Por lo que se puede utilizar esta información para proponer que el pastoreo o corte de estas leguminosas debe hacerse a las 6 semanas y nunca después de 9 semanas para obtener un mejor aprovechamiento por los animales. Los resultados confirmaron que el contenido de **PC y fracciones A, B2, y B3** se modifican de acuerdo a la especie de leguminosa, época del año y edad. Por lo que debe considerarse esta variación en los sistemas de producción.

1. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina y la industria de la carne en México representan una de las principales actividades del sector agropecuario del país y una de las actividades más diseminadas en el medio rural. La ganadería utiliza cerca del 53.7 % de los 200 millones de hectáreas de tierra que hay en México. (InfoAserca, 2010).

La producción de carne de bovino en México se desarrolla bajo diferentes niveles tecnológicos, sistemas de manejo y finalidades de producción. Los sistemas productivos en nuestro país se encuentran relacionados con los factores climáticos de las diferentes regiones. Los sistemas básicos para la obtención de carne son el intensivo o engorda en corral y el extensivo o engorda en praderas y agostaderos, así como el semi-intensivo. (Financiera Rural, 2012).

Por las características climáticas y la relación suelo-planta-animal, la geografía mexicana ha sido dividida en la región árida y semiárida, templada, tropical seca y tropical húmeda. La región tropical húmeda es de gran importancia porque aporta el 33 % de la producción nacional de carne de bovino. En esta región se combina de manera importante el doble propósito, con el ordeño estacional y la engorda de las crías con zacates introducidos y/o con gramas nativas. (CONABIO, 2010).

La producción animal en las regiones tropicales y subtropicales de México se desarrolla principalmente bajo condiciones de pastoreo extensivo en su mayoría monocultivos de gramíneas. La producción de pasto durante el año es irregular en cantidad y calidad debido a los factores climáticos, edáficos, a las características de cada especie y al manejo que los productores hacen de los recursos forrajeros. Una de las características de las gramíneas es la deficiencia de nutrimentos que que impide mantener o elevar la productividad animal.

En estos sistemas de producción se ha tratado de mejorar el bajo valor nutricional de las gramíneas nativas, mediante el mejoramiento genético de las especies forrajeras, uso de insumos externos a la granja, como fertilizantes en las pasturas mejoradas y utilización de concentrados. Algunas de estas alternativas

incrementan los costos de producción; de aquí la necesidad de contar con especies forrajeras de buena calidad durante todo el año para satisfacer los requerimientos nutrimentales del ganado en pastoreo. (Villanueva, 2004; Sánchez, 2005).

Bajo estas condiciones, es importante rediseñar estrategias de alimentación enfocadas hacia nuevas alternativas como la implementación de silvopastoreo intensivo apoyado en las leguminosas que pueden estar solas o asociadas con gramíneas para mantener o incrementar la productividad en los sistemas bajo pastoreo. Las leguminosas son fuente importante de proteínas de buena calidad, proporcionan mayor estabilidad en la producción de forraje, gracias a su resistencia a la sequía, pueden mantener su valor nutritivo dentro de la estación seca, ayudan a disminuir el uso de fertilizantes nitrogenados, pueden ser empleadas como sombra en sistemas silvopastoriles y también se pueden utilizar como “banco” de proteína, el cual es un área de altas densidades de plantas herbáceas o de árboles y arbustos con follaje de alto contenido proteico, que pueden ser cosechados y llevados a los animales en un sistema de corte y acarreo o que pueden ser pastoreadas directamente. (Chamorro, 2002; Camero, 1995)

La utilización de leguminosas introducidas representan una opción viable y económica, mejorando los sistemas de producción de rumiantes. Entre las leguminosas conocidas e investigadas en cuanto a su composición y contenido de fracciones de fibra sobresalen: *Leucaena leucocephala* (JACQ.)KUNTH. Y WALP, *Gliricidia sepium* (JACQ.)KUNTH. Y WALP y *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze.

Esta *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze es un arbusto nativo de la Amazonia. Se caracteriza por su amplia adaptación a zonas bajas tropicales con sequías de hasta 6 meses y suelos ácidos de baja fertilidad. Los rendimientos de esta planta están influenciados por la fertilidad del suelo, la densidad de siembra, la edad a la cual se realiza el primer corte y la edad de la planta. Tiene la capacidad de

rebrotar durante el periodo seco debido a un desarrollo de raíces vigorosas de hasta 2 m de longitud. (Argel y Lascano, 1999).

El huaje o huaxin (*Leucaena leucocephala*), es un árbol de crecimiento rápido y alta producción de biomasa, con periodos de descanso de 35 días y 7 días de ocupación se puede obtener 2 312 kg FH/ha/pastoreo. Es una especie nativa cuya distribución sobresale en Yucatán, el Istmo de Tehuantepec y Golfo de México. En México se distribuye en casi todo el territorio, excepto en los estados de Baja California, Chihuahua, Aguascalientes, Zacatecas y Guanajuato. Presenta un contenido de proteína cruda de 22 a 26 %. Crece en áreas con una precipitación entre 400 a 800 mm y hasta con 8 meses de secas. (Parrotta,1992 ; Barnes, 2007).

El cocuite o matarrata, primavera o palo de sol (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp) es un árbol o arbusto que se extiende naturalmente desde el sur de México, por toda América Central y hasta Colombia, Venezuela y las Guayanas. Inicialmente se empleó como árbol de sombra, actualmente ha sido integrado a otras prácticas y usos tales como leña, madera, cercas vivas, forraje para la alimentación animal, abono verde y estabilizador de los suelos. El cocuite contiene entre 18 y 30 % de proteína cruda y aunque presenta variación en la palatabilidad y el consumo voluntario, pudiera ser una alternativa para la alimentación animal en las áreas tropicales y subtropicales. Después de *Leucaena leucocephala*, *G. sepium* es probablemente el árbol multipropósito más ampliamente utilizado. (CATIE, 1991).

Las leguminosas forrajeras tropicales, cuentan con una gran cantidad de importantes evaluaciones de tipo agronómico; sin embargo, se tiene poca información sobre su valor nutritivo por lo que es necesario conocer este valor para mejorar la eficiencia con la cual el ganado las utiliza, es decir, saber que tipo de nutrientes están aprovechando con este tipo de forraje.

En la nutrición moderna los compuestos nitrogenados se dividen en fracciones, de acuerdo con la manera como se solubilizan y fermentan en el rumen. La proteína

cruda (N total * 6.25) o proteína total del forraje se puede dividir en 5 fracciones: Fracción A, la cual es rápida, totalmente soluble y fermentable en el rumen, corresponde al nitrógeno no proteínico (NNP) y es la principal fuente de nitrógeno para los microorganismos ruminales; Fracción B1 es la proteína verdadera soluble, 100% rápidamente fermentable en el rumen, fuente de aminoácidos para los microorganismos ruminales; Fracción B2, proteína verdadera de fermentación lenta en el rumen y fuente directa de nitrógeno para las bacterias y de aminoácidos para los rumiantes; Fracción B3, corresponde a proteína de sobrepaso, no fermentable en el rumen, pero si digestible en el intestino; finalmente la Fracción C, integrada por la proteína o nitrógeno ligado a la lignina de la pared celular de las plantas, completamente no fermentable y no digestible, es el nitrógeno no utilizable y su concentración aumenta con la madurez del pasto.

Se han desarrollado nuevos modelos como el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) para predecir la utilización de la proteína metabolizable en la nutrición de bovinos de doble propósito; estos han sido incluidos por el National Research Council (NRC) en la descripción de necesidades nutrimentales para bovinos de leche y bovinos de carne, sin embargo, estos modelos requieren entre otros análisis, fraccionar la proteína. Por tanto, la falta de información de tales fracciones en la composición química de las leguminosas hace difícil utilizar estas herramientas computacionales en trópico. (Aviles, 2011).

Datos sobre la concentración de la proteína de las diferentes fracciones en leguminosas tropicales en diferentes edades y épocas del año no se han reportado de manera amplia. Por lo tanto es necesario conocer el fraccionamiento de la proteína cruda a través de técnicas de laboratorio y aplicar nuevos conceptos en el manejo de la proteína en la alimentación de rumiantes en el trópico.

1.1 Antecedentes

1.1.1 La Ganadería en México

La producción de carne de bovino es una de las actividades fundamentales del sector pecuario nacional. Es la actividad productiva más difundida en el medio rural, ya que se realiza en todas las regiones agroecológicas del país. En México, la ganadería se desarrolla en aproximadamente 110 millones de hectáreas, lo que representa aproximadamente el 60% de la superficie del territorio nacional.

Hay más de un millón y medio de producciones y ranchos ganaderos dispersos a lo largo y ancho de las regiones del país, trabajando en sistemas de producción que van desde los más altamente tecnificados e integrados hasta los tradicionales. (FIRA, 2010; InfoAserca, 2010).

La actividad ganadera conserva gran relevancia en el contexto socioeconómico del país; conjuntamente con el resto del sector primario, ha sido el sustento para el desarrollo nacional particularmente abasteciendo de alimentos y materias primas, generando divisas (las exportaciones de ganado en pie es su principal rubro) y empleos para la población, distribuye ingresos en el sector rural y utiliza recursos naturales que no tienen cualidades adecuadas para la agricultura u otra actividad productiva. La ganadería se realiza sin excepción en todas las zonas del país y aun en condiciones ambientales adversas que no permiten la práctica de otras actividades productivas. (Blanco *et al*, 2012)

La producción de carne de bovino en México se desarrolla bajo diferentes niveles tecnológicos, sistemas de manejo y finalidades de explotación. Los sistemas productivos en nuestro país se encuentran relacionados con los factores climáticos de las diferentes regiones. Los sistemas básicos para la obtención de carne son el intensivo o engorda en corral y el extensivo o engorda en praderas y agostaderos, así como el semi-intensivo. (Financiera Rural, 2012).

Las diferentes zonas ganaderas de México se generan de la ecología de los lugares, gracias a que el país posee una gran diversidad de suelos, topografías y climas, extendiéndose desde las zonas áridas y semiáridas del norte, hasta las regiones tropicales del Golfo y la Península de Yucatán. (SAGARPA, 2003).

Por las características climáticas y la relación suelo-planta-animal, la geografía mexicana ha sido dividida en tres regiones ganaderas: hacia el norte la región árida y semiárida (cuya producción y exportación de ganado ha estado históricamente integrada a la producción del sur de Estados Unidos), y las regiones tropical y templada (orientadas fundamentalmente al abasto para el mercado interno). (FIRA, 2010).

1.1.2 Regiones Agroecológico-Ganaderas de la República Mexicana

México cuenta con cerca de 197 millones de hectáreas que se caracterizan por la existencia de las mesetas del norte y del sur de México, hacia el este y el oeste, dos cadenas montañosas, la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental, estas dos cadenas dejan planicies relativamente angostas a lo largo de las costas del golfo de México y del océano Pacífico. Esta fisiografía conduce a una variedad de climas, en los cuales la altitud ejerce un efecto dominante sobre la temperatura y la Sierra Madre Oriental impide la circulación del aire húmedo desde el golfo de México hacia el norte y centro de México. Por lo tanto, condiciones secas a muy secas prevalecen en la mayor parte del país: árido y semiárido mayormente en el norte (47.7 % del territorio), tropical seco mayormente a lo largo de las costas (16.3% del territorio), templado sub-húmedo con 7 meses de estación seca prevaleciendo en el centro de México (23.5% del territorio) y clima tropical húmedo compartiendo solo el 12.4% del territorio localizado al sur de México. (Améndola *et al*, 2005).

En México la producción de ganado bovino para carne no solo se desarrolla bajo diferentes contextos agro-climáticos también tecnológicos, de sistemas de manejo

y por finalidad de explotación, comprendiendo principalmente la producción de novillos para abasto, la cría de becerros para la exportación y la producción de pie de cría, siendo los sistemas básicos de explotación, el intensivo o engorda en corral y el extensivo o engorda en praderas y agostaderos en las diferentes regiones del país. (Améndola *et al*, 2005).

Las **regiones áridas y semiáridas** se consideran como las más extensas de las cinco regiones e involucra estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Baja California Norte y Sur, Sonora, Zacatecas y Nuevo León. El periodo de lluvias va desde junio a septiembre con una precipitación pluvial que varía de 150 a 600 mm anuales. Presenta una vegetación de tipo pastizal, donde abundan los zacates Navajita, Toboso (*Hilaria mutica*), Alcalino y Buffel. Y el 33.9% de la producción de carne de bovino en el ámbito nacional, se localiza en ésta región, cuenta con ganado especializado (donde predominan las razas europeas puras como la Hereford, Angus y Charolais) tanto en la producción de leche como de carne, bajo sistemas de crianza intensivos y cuya dieta se basa principalmente en alimentos balanceados y forrajes de corte. Se permiten coeficientes de agostadero que van de 10 a 50 ha/UA (Unidades Animal). Esta región se caracteriza por tener tanto el sistema de producción vaca-becerro, como la engorda en corral, pero la mayor fuente de ingresos es la venta de becerros al destete y la exportación hacia los Estados Unidos de América.

La **región templada** aporta el 29.3% de la producción nacional de carne de bovino para abasto. Se ubica en el centro del país, está formada principalmente por llanuras, valles y por devoluciones de las sierras Madre Oriental y Occidental. La componen los estados de Zacatecas, Aguascalientes, Guanajuato, parte de Jalisco, Hidalgo, Estado de México y San Luis Potosí. Presenta una temperatura media anual de 18 °C, precipitación pluvial anual de 400 a 900 mm y una altura que va de 1500 a 2500 msnm. Predomina la vegetación arbustiva, el forraje natural representante de esta región es el zacate Navajita, Alcalino, *Agrostis*

máxima, *Bromus catarticus*, también se pueden encontrar especies introducidas como la avena y la festuca, entre otras. (Blanco *et al*, 2012)

En esta región predomina el ganado Holstein o Jersey cruzado con razas europeas productoras de carne donde gran parte de las explotaciones son extensivas, sustentadas en el pastoreo durante la época de lluvias, contemplándose el resto del año con dietas a base de esquilmos agrícolas y suplementos. El sistema que predomina es el de vaca-becerro, donde la cría se engorda para consumo local o se finaliza en corrales. (Financiera Rural, 2012)

La zona tropical húmeda: Comprende los estados de Tabasco, Guerrero, Quintana Roo, Tamaulipas, Oaxaca, Veracruz, Yucatán y parte de Chiapas. Cubre 12.8% de la superficie del país, lo que representa una superficie de 20.15 millones de hectáreas aproximadamente. Se caracteriza por tener un clima cálido húmedo con temporada de secas muy corta o ausente, una temperatura media anual por encima de los 22°C, precipitación anual de 2 000 mm y una cubierta original de selvas medianas a altas y sabanas. Se ha calculado que a partir de 1970 entre un 40% y 90% de esta área ha sido drásticamente deforestada a causa de actividades agrícolas y ganaderas, sobre todo de Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Chiapas. Existen pocas gramíneas que se pueden utilizar en la ganadería, las principales son zacate Guinea, Pangola, Alemán, Estrella Africana, Bermuda, *Paspalum spp*. Actualmente ha cobrado gran auge la introducción de gramíneas con alto valor nutritivo tales como:

- *Urochloa antes Brachiaria brizantha* (zacate insurgente)
- *Urochloa antes Brachiaria decumbens* (zacate taner)
- *Urochloa antes Brachiaria humidicola* (zacate señal)
- *Urochloa antes Brachiaria mutica* (zacate pará)
- *Cenchrus ciliaris* (zacate buffel)
- *Megathyrsus maximus antes Panicum maximun* (zacate guinea)

En esta región predomina el sistema de doble propósito (producir leche y terneros destetados simultáneamente), con ordeño estacional y la engorda de las crías con zacates introducidos y/o con gramas nativas. Se caracteriza por sus bajos niveles de tecnificación. Predominan las razas cebuinas y sus cruizas con razas europeas. Se ha consolidado como la zona ganadera más dinámica y de mayor expansión, fundamentalmente la del sureste del país, la cual ha evolucionado en forma importante, ya que en ella se ubica la mayor parte del inventario nacional. En cuanto a la productividad, se ha convertido en una zona natural proveedora de becerros para engorda y finalización en corrales nacionales y de carne en canal para el abasto. (Améndola *et al*, 2005)

Zona tropical subhúmeda: Esta zona se ubica en franjas costeras de los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Veracruz y Yucatán así como en algunas zonas de los estados de Baja California Sur, Sinaloa y el sur de Tamaulipas. Abarca aproximadamente el 17% del territorio mexicano. Se caracteriza por tener un clima cálido húmedo con una temporada larga de sequía cerca de 8 meses y con una marcada estacionalidad de la precipitación y vegetación del bosque tropical caducifolio.

Se encuentran zacates como: Guinea, Buffel y en otras partes el Jaragua y se han introducido otros forrajes como el Bermuda y el Estrella de África. Carece de especies nutritivas para el ganado pero se ven favorecidas por la presencia de leguminosas nativas como la *Leucaena* con sus diferentes variedades en el Pacífico. (SEMARNAT, 2012).

Por esta condición deficitaria, los productores hacen uso de esquilmos de maíz, sorgo y de caña de azúcar, además de la compra de concentrados comerciales, situación que influye en los costos de producción. Este alto costo de la alimentación originó en diversas partes del trópico el empleo de leguminosas forrajeras, entre ellas algunas variedades de *Leucaena leucocephala* como: Cunningham, Peruana, Hawaiana. Sin embargo, algunas de las limitaciones de

esta leguminosa son los suelos ácidos. En México y centro de América existen otras leguminosas arbóreas entre ellas *Gliricidia sepium*, la cual puede ser una alternativa como fuente de proteína para las condiciones del trópico de México. (Vizcaino, 2001).

En cuanto a la producción nacional de carne de bovino, la región del **trópico húmedo y trópico seco** es de especial importancia ya que aporta el 36.9%, representada principalmente por los estados de Veracruz, Chiapas, Sinaloa y Tabasco (Figura 1).

La siguiente región de producción de carne es la región árida y semiárida (Cuadro 1) que aporta un 33.9% y la representan los estados de Sonora, Chihuahua y Baja California, y en tercer lugar está la región templada con un aporte del 29.3%, representada principalmente por el estado de Jalisco.

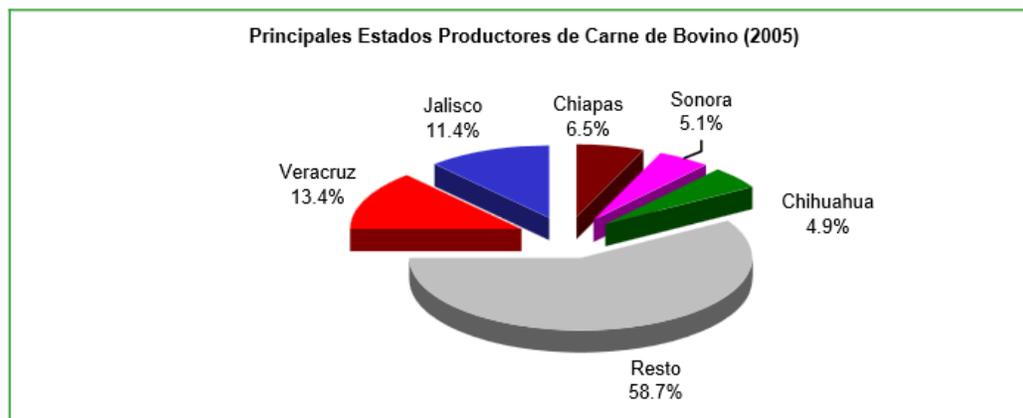
Cuadro 1. Composición regional de la producción 2005

Región	Producción	Porcentaje
Árida y Semiárida	527 861	33.9 %
Templada	456 576	29.3%
Trópico húmedo y seco	574 706	36.9 %
Total	1 559143	100 %

Fuente: Coordinación General de Ganadería/ SAGARPA

Durante el 2005 los principales estados productores de carne de bovino fueron Veracruz con un aporte del 13.4% de la producción nacional, seguido por Jalisco con un 11.4%, Chiapas con el 5.5%, Sonora con el 5.1% y Chihuahua con el 4.9%, estos cinco estados representaron el 58.7% del total de la producción nacional

Figura 1. Principales estados productores de carne de bovino en 2005.



Fuente: Coordinación General de Ganadería, SIAP / SAGARPA.

Es importante destacar que estas entidades representan la mayoría de las zonas climáticas del país, lo que nos confirma la diversificación de la producción de carne de bovino, tanto por una clasificación geográfica, climática y de sistema de producción. (Gallardo, 2006).

1.2 La alimentación del ganado en las regiones tropicales.

Las regiones tropicales en México comprenden más de 24 millones de hectáreas, las cuales poseen un gran potencial forrajero para los bovinos, siendo ésta la fuente de sustento más abundante y económica para producir leche y carne en forma económica. Actualmente en el trópico la producción de leche y carne sigue siendo la principal fuente de ingresos para los productores.

En las zonas tropicales de México, es común observar que más del 80% de los ganaderos utilizan el sistema extensivo para producir leche, carne y becerros, siendo este sistema considerado como de bajos insumos donde muy pocas veces se utilizan suplementos alimenticios y minerales. En este sistema de producción los promedios de producción de leche, carne así como los índices reproductivos son bajos, siendo los principales factores limitantes la estacionalidad en la

producción de forrajes a través del año, la baja calidad nutricional de los pastos, la alta incidencia de parásitos. (Roman, 1981)

1.2.1 Estacionalidad de la producción

En México la producción de carne de ganado bovino está influenciada principalmente por condiciones climáticas regionales, lo cual repercute en una estacionalidad muy marcada, obteniéndose los mayores volúmenes de producción cuando hay abundancia de vegetación. La producción pecuaria depende de una serie de factores: ambientales, sanitarios, genéticos, manejo, capacitación personal y la alimentación. Los costos de alimentación representan un porcentaje elevado en la producción. El recurso forrajero debe ocupar un lugar estratégico para alcanzar una producción ganadera eficiente, que asegure los elementos nutricionales básicos para los animales. En el trópico, caracterizado por una diversidad climática muy cambiante soportada sobre suelos muy variables, carentes de nutrientes para la producción de forrajes de buena calidad; se establece la necesidad de alternativas como leguminosas forrajeras. (Rodríguez, 2011).

La ganadería tropical, con un grado de desarrollo pobre altamente dependiente de insumos y tecnología, requiere de una base científica acorde a sus recursos y necesidades. Ésta tiene como base alimentaria a los pastos; éstos tienen un potencial extraordinario para la producción de biomasa, pero la desventaja es que solo es en forma estacional, presentan bajos niveles de proteína cruda, mayores concentraciones de fracciones fibrosas, menor digestibilidad y menor índice de consumo que los pastos de zonas templadas. Por otro lado, una gran parte del área en estas regiones tropicales muestra daños por el mal uso de los recursos naturales, la existencia de grandes extensiones de tierras deforestadas y abandonadas o sujetas a un nivel de explotación ínfimo. Esta situación conlleva a la búsqueda de alternativas tecnológicas, con el objetivo de disminuir la dependencia de insumos fuera del rancho y cubrir las necesidades tecnológicas.

Como alternativa se plantea la utilización de árboles que pueden ser leguminosas y no leguminosas, por la diversidad de funciones que pueden desempeñar dentro de los sistemas productivos del trópico, con un papel fundamental en la alimentación de rumiantes. (Palma, 2005).

La estacionalidad de las lluvias determina la disponibilidad de forrajes (producción de materia seca de los pastos) en tanto que la edad de los pastos determina su valor nutritivo, lo que se traduce en una estacionalidad de la producción, sobre todo de leche. (Castañeda y Lagunes, 2000).

1.2.2 Pasturas sembradas en las regiones tropicales

En el trópico la alimentación de la ganadería bovina se basa en el pastoreo de monocultivos de gramíneas el cual todavía se encuentra representado en una gran proporción por especies nativas de bajo valor forrajero y que, en general, se manejan en forma inadecuada; la producción de la pastura durante el año es irregular en cantidad y calidad debido a los factores climáticos, edáficos, manejo y las características de cada especie. Se presentan limitaciones nutricionales, a consecuencia de la baja digestibilidad y las deficiencias de nutrimentos que tienen los pastos tropicales, lo cual impide elevar la productividad animal. (López, 2000 ;Delgado H. y Ramirez L. 2008).

El 80% de los ranchos con sistemas de doble propósito (SDP) tienen pasto estrella de África (*Cynodon plectostachyus*; *C. nlemfuensis*) en sus pasturas. En los trópicos húmedos predominan principalmente las pasturas de gramíneas nativas (44 %) y en áreas más secas el pasto Jaraguá y el pasto Guinea. En años recientes el pasto Llanero (*Andropogon gayanus*), una especie liberada por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), tolerante a la sequía, resistente a ataques del salivazo «bicho salvador» y a suelos de baja fertilidad, está penetrando en los SDP de los trópicos secos; *Urochloa* (antes *Brachiaria*) *brizantha*, también liberada por el CIAT, está siendo adoptada en los trópicos

húmedos. Otras gramíneas usadas por los productores con SDP son el pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) sobre suelos fértiles, o el pasto Pará: *Urochloa* (antes *Brachiaria*) *mutica* y el pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) sobre suelos temporal o permanentemente inundados. Gran variedad de pastos resistentes a diferentes condiciones ambientales pero no alcanzan a cubrir las necesidades nutricionales de proteína. (Améndola *et al*, 2005)

El forraje crece muy rápidamente durante la estación lluviosa (junio a octubre) y muy poco durante la estación invernal y seca (octubre a junio). Los productores con SDP consideran la estacionalidad del forraje como la principal limitante del rendimiento animal. No toman medidas para superar la escasez de alimento de la estación seca, con forrajes conservados o suplementos concentrados. La mitad de los productores nunca suplementa a su ganado; 40 % suplementa el ganado solo en la estación seca. Solo 4 a 5 % usa suplementos durante todo al año. Pero suplementar incrementa los costos lo cual hace que no sea rentable el sistema. (Améndola *et al*. 2005).

Solo el 10 % de los productores de SDP fertilizan sus pasturas. De aquellos que fertilizan, el 90 % aplica fertilizante solo a algunas pasturas o divisiones. Tres por ciento fertiliza todas sus pasturas. El control de malezas es la práctica de manejo de pasturas más comúnmente usada por los productores con SDP: 70 %.

1.3 Leguminosas arbóreas y arbustivas

Hoy en día, los bienes y servicios que se obtienen de la ganadería son esenciales para las sociedades rurales y urbanas; por lo tanto, el reto es garantizar que se sigan produciendo en cantidad y calidad, sin deteriorar más la base de recursos naturales formada por el suelo, agua, aire y la diversidad biológica. Una alternativa factible es promover la integración de especies arbóreas, ya sea en corte o en pastoreo, que permitan aprovechar diferentes estratos de la vegetación y suplementen los nutrimentos que el potrero con gramas nativas no logra satisfacer

de las necesidades de los animales de mayor producción; esto ha sido una práctica antigua y común en muchas partes del mundo y está siendo revalorada como estrategia para suplir las deficiencias de los sistemas de producción. (Torres, 2008).

La producción de praderas con especies introducidas es baja cuando no se utilizan cantidades elevadas de fertilizante, de manera que la producción de carne y leche por unidad de área, a pesar de las variedades de pastos mejorados presenta ahora un límite que parece insuperable cuando no se utilizan dichos insumos derivados de los combustibles fósiles. Las leguminosas introducidas en algunos casos han representado una contribución significativa a los rendimientos del pastizal, pero en general las leguminosas rastreras pueden llegar a ser difíciles de manejar y mantener. Es claro que las mejoras en los sistemas de producción animal en el trópico no hay que buscarlas mirando hacia abajo buscando pastos y leguminosas rastreras, sino hacia arriba buscando árboles y arbustos de leguminosas que fijan nitrógeno al suelo e incrementan su fertilidad, y además son forrajeros. En otras palabras, se tiene que regresar a modelos similares a la vegetación original, pero específicamente diseñados para aumentar la productividad animal. (Aviles, 2011).

Las leguminosas además de mejorar la dieta del ganado, también mejoran la fertilidad del suelo ya que fijan el nitrógeno atmosférico, reduciendo las necesidades de fertilizantes nitrogenados, además son perennes y su establecimiento es relativamente fácil entre ellas figuran: *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Cratylia argentea*, etc.

Se ha reconocido que las leguminosas tienen más valor nutritivo que las gramíneas, debido a su mayor valor proteico. Actualmente la tendencia es hacia el establecimiento de asociaciones de gramíneas y leguminosas ya sea en carriles de estas, con espacios de separación entre ellas cubiertos de gramíneas, o bien

como superficies al centro de los potreros cubiertas sólo por leguminosas denominados “bancos” de proteína. (Rodríguez, 2011).

1.3.1 Beneficios de las leguminosas

La utilización de las leguminosas presenta beneficios múltiples desde los puntos de vista social y económico, así como en el mejoramiento ambiental, de los recursos naturales y productividad tanto de la vegetación asociada y como del ganado en pastoreo.

Beneficios:

- Proporcionan madera y leña para uso doméstico o industrial.
- Contribuyen al rompimiento del ciclo de vida de malezas, insectos y enfermedades.
- El abono verde es utilizado como mejorador del suelo y fertilizante de bajo costo.
- Disminuyen costos de producción (ahorro en fertilizantes, agroquímicos e insumos para programas de complementación alimenticia y venta de semilla).
- Contribuyen al secuestro de carbono en la superficie del suelo
- Disminuyen la erosión del suelo por el impacto de las gotas de agua de lluvia
- Constituyen una alternativa ideal para programas de control de erosión y conservación de suelos.
- Evitan la resequedad del suelo y cultivos asociados por acción del sol y el viento.
- Mejoran la fertilidad y textura del suelo vía fijación de nitrógeno (hasta 540 kg N ha) y reciclaje de nutrientes.
- Reducen la erosión hídrica y eólica y mantienen el suelo oxigenado.

- Sus residuos evitan el arrastre del suelo y conservan la humedad, mejorando la retención e infiltración de agua.
- Se utilizan como setos o cercos vivos y como espalderas para cultivos agrícolas.
- Incrementan la cantidad y calidad de forraje.
- Estabilizan la producción de forraje a través del año, muy importante en épocas críticas.
- Mejoran la cantidad y calidad de granos y rastrojos en cultivos asociados.
- Inducen mejores ganancias de peso en los animales.
- Por la sombra que producen dan confort al ganado, mejorando su condición corporal y productividad (carne y leche).

En la búsqueda de alternativas tecnológicas con el fin de incrementar la producción, haciendo uso de recursos de origen local como los árboles y arbustos que permiten disminuir la dependencia de insumos externos, se reconoce la necesidad de incorporar el conocimiento local y prácticas tradicionales para construir sistemas basados en árboles y gramíneas para el mejoramiento de la alimentación del ganado. (Palma, 2005).

La cantidad y calidad de los pastizales tiene gran impacto sobre la producción y rentabilidad de las unidades de producción. Dentro de las mayores limitaciones de la producción forrajera esta la estacionalidad, que obedece a cambios en los elementos climáticos a través del año, principalmente precipitación pluvial, temperatura, radiación solar y presencia de vientos.

Las tendencias actuales de la producción agropecuaria hacen énfasis en los modelos que tengan un desarrollo armónico entre los aspectos sociales, ambientales y económicos. Se requiere diseñar y multiplicar sistemas productivos con capacidad de incrementar el ingreso neto, mejorar el nivel alimenticio familiar a escala del pequeño campesino y generar nuevas fuentes de trabajo rural, al

mismo tiempo que se protejan y mejoren los recursos naturales.(Delgado y Ramírez 2008).

Los arbustos y árboles de leguminosas pueden mejorar las condiciones físicas del suelo (porosidad y densidad aparente). Su efecto de descompactación originado por sus raíces es positivo y relevante en áreas degradadas, a causa de la compactación del suelo ocasionada por la mecanización y/o por el pisoteo continuo del ganado. Un caso común son las pasturas abandonadas en el trópico húmedo. (Botero, 1988)

Los árboles y arbustos crean un microclima favorable para los animales en pastoreo (sombra, menor radiación y menor temperatura). La intensidad de su sombra depende de la densidad y orientación de los surcos de árboles y del diámetro y estructura de sus copas. Para evitar la sombra refleja, que reduce la eficiencia fotosintética de los forrajes o cultivos de cobertura, las líneas o surcos de especies leñosas deben plantarse en dirección al recorrido del sol- de oriente a occidente- (Botero, 1988). La sombra protege a los animales del calor excesivo causado por la radiación solar directa y les permite mantener su temperatura corporal en un rango confortable. Los cambios en el balance térmico, que se logran con una menor temperatura del aire, comparada con la temperatura corporal del animal, les permite un mayor consumo de alimento (De Alba, 1959, citado por Botero, 1988)

Las leguminosas forrajeras tienen gran potencial para mejorar los sistemas de producción de rumiantes, particularmente en zonas del trópico con más de cuatro meses de sequía. Las especies arbustivas producen más biomasa que las herbáceas, toleran mejor el mal manejo y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad. La razón obvia para dedicar recursos a la búsqueda de nuevas alternativas forrajeras, es que los pastos continúan siendo la principal fuente de alimentación bovina del trópico americano. (Argel y Lascano, 1999; Pizarro, 2005).

1.3.2 Descripción de las leguminosas en estudio

Las leguminosas forrajeras arbustivas tienen gran potencial para mejorar los sistemas de producción animal, en zonas húmedas y subhúmedas del trópico; su rendimiento de forraje es mayor que las leguminosas herbáceas; toleran mejor el mal manejo y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad en localidades con sequías prolongadas.

Una de las principales características de las leguminosas es la de fijar nitrógeno atmosférico en sus nódulos radicales para luego almacenarlos por medio de su metabolismo a su componente forrajero tales como tallos tiernos, hojas, peciolo y frutos en forma de proteína cruda, cuyo contenido varía entre 10 a 35%.

La introducción de leguminosas arbustivas con tolerancia a la sequía, podría ser alternativa para aliviar las deficiencias nutricionales que se presentan en vacas en producción durante los periodos de escasez de forrajes en rumiantes. (Harricharan, 1988.) Las plantas leguminosas arbóreas y arbustivas poseen estabilidad anual en la producción de forraje, a partir de ellas se obtienen productos secundarios y resisten periodos largos de sequia.

1.3.2.1 *Gliricidia sepium* (JACQ.) KUNTH. Y WALP

Nombre científico: *Gliricidia sepium*
(Jacquin) Kunth ex Walpers

Ubicación taxonómica: La especie pertenece al género *Gliricidia*, subfamilia Faboideae, familia Leguminosae o Fabaceae, orden Fabales.

Nombres comunes en México: Cocuite (Oax); cocoite, chanté, mata ratón, yaité (Chis.); Cacahuiananche (Mich., Gro., Sin., Nay.) primavera o palo de sol (Panuco, Ver.).

Descripción: Árbol caducifolio de 2 a 15 m de altura. Posee hojas compuestas, imparipinadas y deciduas, con folíolos aovados a oblongos; los frutos son legumbres leñosas que contienen semillas planas. (Figura 2)

Origen: Nativa de Mesoamérica, Centroamérica y norte de Sudamérica.

Distribución en México: Se encuentra distribuida en el vertiente del Golfo de México desde Tamaulipas, San Luis Potosí, norte de Puebla, Veracruz, Quintana Roo, Campeche, hasta la Península de Yucatán, y desde Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Guerrero, Michoacán, hasta Chiapas, en la vertiente del Pacífico.

Hábitat: Crece en laderas de cerros, barrancas y cañadas, esporádicamente a orillas de corriente de agua; le favorecen los climas templados. Se desarrolla en



Figura 2. *Gliricidia sepium*
(Hojas y fruto)

suelos arcillosos, arenosos, ácidos (con un pH de 4 a 7) o calcáreos, pero que sean profundos, fértiles, frescos y húmedos.

Aspectos fisiológicos: Especie fácilmente adaptable, de rápido, vigoroso crecimiento y rápido establecimiento. De forma natural se puede desarrollar en áreas con precipitación de 2300 mm/año; mientras que fuera de este entorno ha sido plantada en climas con precipitaciones entre 785 y 3500 mm/año; puede sobrevivir en zonas semiáridas con precipitación hasta de 400 mm/año, pero bajo estas condiciones su crecimiento es lento

Usos: *G. sepium* está catalogado como un árbol multipropósito por las utilidades que presenta, de acuerdo con su fenotipo, su composición química y las condiciones edafoclimáticas bajo las cuales se desarrolla. Usualmente las plantas de *G. sepium* se utilizan como sombra. La especie se encuentra entre las mejores y más conocidas leguminosas forrajeras arbóreas, aunque sus altos consumos producen toxicidad en algunas especies animales no rumiantes; en los rumiantes puede constituir una fuente proteica sobre todo en la época de sequía. Dentro de las técnicas agroforestales su empleo como cerca viva ocupa un lugar destacado, ya que implica un menor costo de establecimiento y mayores ingresos en relación con otros tipos de cerca, además de posibilitar la adquisición de leña, postes vivos y forraje. Se ha empleado como especie mejoradora del suelo, además aporta a las gramíneas una parte del nitrógeno fijado.

Rendimiento: La producción de biomasa de *G. sepium* está influenciada por la edad, las condiciones climáticas y el manejo, informándose rendimientos de hasta 20 t FH ha⁻¹año⁻¹. Los arboles adultos rinden más que los de menor edad, debido posiblemente a las mayores reservas de carbohidratos en su tronco.

Valor nutritivo: Esta leguminosa muestra un alto valor nutritivo, pero puede presentar variaciones en su aceptabilidad cuando se ofrece en forma fresca, ya que su composición química puede variar según la edad, la parte de la planta y el

lugar de procedencia. En el Cuadro 2 se muestran los valores de proteína cruda (PC) reportados por varios autores, citados por Araque (2006).

Cuadro 2. Aporte nutritivo de hojas de *Gliricidia sepium* reportados por varios investigadores.

AUTOR	MS%	PC%	FC%	CEN%
Estrada (2001)	24.9	28		8.9
Pavón et al. (2003)	20	24.8	18	12
Rios et al. (2005)	26.5	24.4		10.1
García et al. (2006)	39.5	20		9.8
Costa et al. (2007)	23.11	24.11		

MS: materia seca; PC: proteína cruda; FC: fibra cruda; CEN: cenizas

En lo que respecta a los valores de PC, se ha observado que estos oscilan de 16,5 % a 28,31%. De acuerdo a los resultados obtenidos por Araque (2006) se puede atribuir las diferencias en valores de proteína de acuerdo a la edad, a medida que el rebrote madura. Se observa que el valor incrementa entre los tres y seis meses, posteriormente el porcentaje de proteína cruda disminuye ($P < 0,05$) a partir de los nueve y doce meses.

El aporte de proteína cruda en *Gliricidia sepium* difiere según las características de la región en que se produce (Cardozo, 2013) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de proteína cruda en hojas de algunas leguminosas arbóreas forrajeras

Especie	Proteína Cruda %	Fuente
<i>Gliricidia sepium</i>	20-27	Otárola (1995)
<i>Leucaena leucocephala</i>	22.8 – 23.4	Caceras y Gonzáles (1996)
<i>Trichanthera gigantea</i>	16 -22	Suárez y Milera (1996)

Fuente:Cardozo, 2013.

Consumo y producción animal: *Gliricidia sepium* es empleada en un intervalo de suplementación entre el 20% y 40% del consumo total y aunque tiene menor calidad que otras alimentos proteicos, con su uso se ha logrado un 60% más de leche. En el ganado lechero de 400 kg de PV puede cubrir desde un tercio hasta el 60% de sus requerimientos proteicos. Esta arbórea ha aportado mejores resultados en la producción de leche que otra fuente como la urea.

Toxicidad: En *G. sepium* existen algunos compuestos secundarios que pueden ser los causantes de los problemas que se presentan en los animales, desde rechazo hasta casos aislados de infertilidad y aborto. Su efecto toxico se debe tanto a la conversión de la cumarina a dicumarol durante la fermentación bacteriana, como la acción de otras sustancias tóxicas que han sido detectadas como fenoles, taninos y esteroides (Romero, 2000). Muchos compuestos secundarios actúan como medio de defensa de las plantas ante los animales causando efectos tóxicos, así como disminuyendo la calidad de la proteína y la absorción de varios nutrimentos, pero muchos pueden tener beneficios secundarios al controlar parásitos externos y aportar proteína sobrepasante. (Francisco y Hernández, 1998).

1.3.2.2 *Cratylia argentea*

Nombre científico: *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze

Ubicación taxonómica: El género *Cratylia* pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Papilionoideae. La taxonomía del género *Cratylia* está aún en proceso de definición; sin embargo se han reconocido cinco especies diferentes, las cuales son:



Figura 3. *Cratylia argentea*
(Hojas y flores)

C. bahiensis, *C. hypargyrea*, *C. intermedia*, *C. mollis* y *C. argentea*. La diferenciación entre especies se ha logrado con base en características morfológicas vegetativas y la ubicación geográfica de éstas.

Descripción morfológica: Es un arbusto que alcanza entre 1.5 y 3 m de altura o en forma de lianas volubles (Figura 3). Las hojas son trifoliadas, los folíolos son membranosos o coriáceos ligeramente asimétricos. Tiene la capacidad de rebrotar durante el periodo seco debido a un desarrollo radicular vigoroso.

Origen: *C. argentea* es un arbusto nativo de la Amazonia, de la parte central de Brasil y de áreas de Perú, Bolivia y nordeste de Argentina

Distribución en México: No se encuentra ampliamente distribuida en México. Es una leguminosa de reciente incorporación en los programas de evaluación forrajera del trópico Latinoamericano. El CIAT en colaboración con otras instituciones de América tropical ha realizado estudios de evaluación de adaptación de la especie. Estas evaluaciones se han realizado en Colombia, Costa Rica, México, Guatemala, Brasil y Perú.

Hábitat: Se adapta bien a diferentes suelos pero necesita buen drenaje; pH de 3.8 a 6, se adapta a suelos de baja fertilidad. Crece desde el nivel del mar hasta 1200 msnm, en lugares con una precipitación de 1000 a 4000mm/anales. (Argel y Lascano, 1999)

Aspectos fisiológicos: La alta retención foliar, particularmente de hojas jóvenes y la capacidad de rebrote durante la época seca es una de sus características más sobresalientes. Esta cualidad está asociada al desarrollo de raíces vigorosas hasta 2 m de profundidad que hacen a la planta tolerante a la sequía aún en condiciones extremas de suelos pobres y ácidos.

Manejo: *Cratylia* se puede cortar por primera vez cuatro meses después de la siembra; es tolerante a cortes frecuentes con intervalos de 50 a 90 días, inclusive durante la época seca. Se corta de 30 a 90 cm sobre nivel de suelo; sin embargo, plantas cortadas a ras de suelo han rebrotado bien. Tolera bien el pastoreo.

Rendimiento: *Cratylia argentea* ha destacado por su productividad de materia seca, obteniendo por corte en temporada de secas 0.6 t MS ha⁻¹, en la temporada lluviosa 2.6 t MS ha⁻¹. Dependiendo la edad de rebrote, cuando la edad aumenta, el rendimiento fue de 0.7 a 1.8 t MS ha⁻¹. Lobo y Acuña, 2004 (citado por Valles-De la Mora, 2014) reportaron que *C. argentea* cosechada a los 90 días produjo más biomasa 3.9 t MS ha⁻¹, que a los 60 días obtuvieron 1.3 t MS ha⁻¹. Es una leguminosa que se mantiene verde y productiva durante la temporada de secas, hasta por siete meses, produciendo más forraje que muchas otras leguminosas arbustivas, superando las 9 t MS ha⁻¹ año⁻¹. (Valles-De la Mora, 2014).

1.3.2.3 *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit

Nombre científico: *Leucaena leucocephala*
(Lam.) de Wit

Ubicación taxonómica: *Leucaena* pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia: Mimosoideae.

Descripción morfológica: Árbol perenne, de copa ligeramente abierta. Alcanza altura diferente de acuerdo a la variedad; es posible encontrar árboles desde 5 hasta 20 m. Las hojas son alternas, bipinadas, de 10 a 20 cm de largo, con cuatro a nueve pares de folíolos y una glándula al final del último par (Figura 4). Las flores son blancas.

Los frutos son vainas de 2 cm de ancho y hasta 20 cm de largo, de color verde cuando están tiernas y se tornan color café cuando maduran, usualmente con 15 o 20 semillas. (CATIE, 1991)

Origen: Es originaria de la América tropical, desde el sur de México (en la península de Yucatán) hasta Nicaragua, incluyendo Guatemala, Honduras y El Salvador.

Distribución en México: Su distribución nativa es en la península de Yucatán, el Istmo de Tehuantepec y Golfo de México. Se distribuye en toda la República Mexicana excepto en los estados de Baja California, Chihuahua, Aguascalientes, Zacatecas y Guanajuato. (CATIE, 1991).



Figura 4. *Leucaena leucocephala*
(Hoja, frutos y flores)

Requerimientos ambientales: No crece bien en suelos inundados, que presenten sobre pastoreo o sean y ácidos, puede adaptarse a suelos con un pH moderadamente ácido y bien drenado; sin embargo suelos inferiores a 5.5 de pH no son recomendables. Su mejor y más rápido crecimiento ocurre en un suelo arcilloso y de buena profundidad. Los suelos mal drenados limitan el desarrollo de micorrizas y *Rhizobium* provocando un crecimiento deficiente de los árboles. Crece en áreas con una precipitación entre 400 y 800 mm con 8 meses secos.

Usos: Banco de proteína, leña, abono verde, sistemas agroforestales, concentrado para aves, bovinos, cercas vivas, cortinas rompe vientos y ensilaje.

Calidad nutricional: Proteína cruda del 12%-25% y digestibilidad de 65% - 85%.

Potencial de producción:

- Forraje: Rango de producción de 7 a 25 ton ha⁻¹año⁻¹ de materia seca.
- Animal: Ganancias de hasta 700 g animal⁻¹día⁻¹. (Corpoica, 2013).

1.4 Importancia de la proteína en la alimentación de rumiantes

Una de las razones de la baja de productividad del ganado bovino en Centroamérica es el bajo contenido de proteína en su dieta, especialmente durante el período seco. Durante la época de lluvias, los pastos tropicales que no son fertilizados, normalmente contiene entre 7 y 11 % de proteína cruda en las partes de la planta que son consumidas, mientras durante la época seca el contenido de proteína puede bajar a 4%, similar al contenido que tienen los rastrojos de cultivos o pastos de corte, usados en esta época.

Para su buen funcionamiento, los microorganismos del rumen del ganado bovino requieren de al menos 7% de proteína cruda para satisfacer el mantenimiento, sin embargo requieren mayor cantidad (14 -18 %) para satisfacer las necesidades de producción. Cuando la dieta no alcanza este contenido de proteína, los animales reducen el consumo de alimento. Además, la digestibilidad de la dieta disminuye, teniendo como resultado que las vacas lactantes no alcancen a producir la

cantidad de leche acorde a su potencial productivo. En estas condiciones, la poca leche que producen es resultado de la movilización de las reservas corporales. Por esta razón, las vacas pierden peso y además, se alarga el intervalo entre partos. Por otro lado, los animales en crecimiento reducen su ganancia de peso e incluso pierden peso. (Cruz, 2008).

Para mejorar las predicciones de la utilización nutritiva de los forrajes por los rumiantes, nuevos modelos se han desarrollado como el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) en su sección para bovinos de doble propósito; así como el National Research Council (NRC) para bovinos de leche y bovinos de carne. Estos modelos requieren entre otros análisis, fraccionar la proteína. Pero la falta de información en la composición química de las leguminosas tropicales sobre estas fracciones, hace difícil utilizar estas herramientas computacionales en la nutrición de los bovinos de trópico. Aproximadamente un tercio de la proteína de los forrajes tropicales está en la pared celular (Krishnamoorthy *et al*,1982). La concentración y distribución está afectada por la especie, la edad al corte, manejo y ambiente. Datos sobre estos efectos en leguminosas tropicales no existen o son muy escasos.

1.4.1 Fracciones de proteína de los alimentos

Hasta 1980, el valor estimado de proteína aportada por los alimentos para rumiantes se expresó como proteína cruda (N total x 6.25), proteína degradable (PDR) y no degradable en rumen (PNDR), proteína digestible en intestino (PDI) y en el tracto digestivo total (PD). Esto fue suficiente para balancear las dietas de rumiantes con una producción moderada. Cuando surgió la necesidad de utilizar más eficientemente el potencial productivo de los rumiantes, fue necesario conocer, estimar y cuantificar la degradación de la proteína dentro del sistema digestivo de distintas especies. De esta manera, la investigación llevó al fraccionamiento de la proteína con base en su solubilidad y degradabilidad, obteniendo diferentes fracciones en el alimento, según la cantidad de degradación

ruminal o escape de las fracciones consumidas hacia la digestión intestinal o hacia la excreción. Así, se generó la nomenclatura de fracciones de la proteína utilizada por los investigadores de la Universidad de Cornell de los Estados Unidos de América (EUA), en el sistema de proteína metabolizable también conocido como CNCPS (por sus siglas en inglés: sistema de carbohidratos netos y proteína metabolizable). (Aviles, 2011; Guada, 1996)

1.4.2 Proteínas

Las proteínas son compuestos orgánicos nitrogenados que provienen de la unión de muchos aminoácidos que son ácidos orgánicos que contienen uno o varios grupos amino (NH_2). Algo más de 25 aminoácidos se encuentran en las proteínas del alimento, de los cuales unos 20 entran a formar parte de los tejidos del organismo. De estos, 10 se clasifican como esenciales y siempre deben suministrarse en el alimento. Los otros se catalogan como no esenciales. En resumen, se puede decir que el aminoácido esencial es el que necesita el animal y no puede sintetizarse en su organismo, y que el aminoácido no esencial, si bien es requerido por el animal, puede, por el contrario, formarse o elaborarse en su organismo y puede hallarse o no en la proteína del alimento (Church y Pond, 2006). En los rumiantes este nutriente esencial se origina al digerir grandes cantidades de bacterias producidas en el rumen. Debido a la fermentación que sufre el forraje o alimento en el retículo rumen, la proteína presente en el forraje se convierte en amoníaco y éste es empleado, a su vez, por las bacterias para formar proteína microbiana.

Proteína cruda: Este nombre es para describir el total de los compuestos nitrogenados que contiene un alimento o forraje sin hacer distinción entre la proteína formada por los aminoácidos y el N de otros compuestos nitrogenados como amidas, aminas, nitratos y nitritos.

El análisis bromatológico tradicional (análisis químico proximal) indica el resultado del contenido nitrogenado total como “proteína bruta o cruda”, y aunque éste se ha empleado por muchos años para esta valoración, el dato de la proteína cruda no revela mucho acerca del valor nutricional de un forraje o alimento, o sobre si esta proteína cruda es digestible o indigestible, soluble o insoluble y si posee o no aminoácidos esenciales. (Arreaza, et al. 2005).

Proteína verdadera: Es una cadena de aminoácidos sintetizados por la planta a partir del nitrógeno atmosférico o mineral en el suelo; puede ser soluble o insoluble y se descompone en la fermentación ruminal, primero en aminoácidos y luego en amoniaco.

Fracciones: En la nutrición moderna los compuestos nitrogenados se dividen en fracciones, de acuerdo con la manera como se solubilizan y fermentan en el rumen. La proteína cruda se descompone en 5 fracciones:

Fracción A: Integrada por nitrógeno no proteico (NNP), que se compone de nitratos, nitritos, amidas y aminos. Es totalmente y rápidamente soluble y fermentable en el rumen y la principal fuente de nitrógeno para los microorganismos ruminales.

Fracción B Es la proteína verdadera y se subdivide en tres fracciones:

Fracción B1: Es la proteína soluble verdadera, rápida y fermentable 100% en el rumen, fuente de aminoácidos para los microorganismos ruminales, cuya concentración es baja en las gramíneas pero alta en las leguminosas.

Fracción B2: Proteína verdadera de fermentación lenta en el rumen, fuente directa de nitrógeno para las bacterias ruminales y para el animal, con bajo contenido en las gramíneas, alto en algunas leguminosas y muy alto en harinas de pescado y carne.

Fracción B3: Esta proteína no es fermentable en el rumen, pero si digestible en el intestino, y fuente de proteína de sobrepaso para el animal; es muy baja en las gramíneas y muy alta en oleaginosas y harinas de carne y pescado. También puede hallarse en cantidades apreciables en semillas y frutos leguminosos.

Fracción C: Proteína o nitrógeno no fermentable y no digestible. Es la proteína ligada a la lignina presente en la pared celular de las plantas y es el nitrógeno no utilizable y excretado en las heces. Su concentración aumenta con la madurez del pasto y puede ser alto en harinas proteicas sobrecalentadas o mal procesadas. (Arreaza, et al. 2005).

1.5 Determinación de las fracciones de proteína

La determinación de estas fracciones en el laboratorio se lleva a cabo en base a la proteína soluble en solución tampón de borato-fosfato y la proteína insoluble en dicha solución tampón, además, la proteína presente en el residuo de las soluciones detergentes neutro y detergente ácido del llamado análisis de Van Soest para la determinación del contenido de paredes celulares o carbohidratos estructurales (Goering y Van Soest). Las fracciones de la proteína utilizan técnicas de nitrógeno soluble (fracciones A y B1) y nitrógeno insoluble (fracciones B2, B3 y C), propuestas por U. Krishnamoorthy y otros investigadores de la Universidad de Cornell, EUA (U, Krishnamoorthy *et al.*, 1995), al desarrollar el sistema denominado CNCPS, que utiliza las fracciones de proteína descritas según el protocolo de Licitra *et al.* (1996).

La fracción A corresponde al nitrógeno no proteico (NNP), se calcula por diferencia: de la proteína cruda total menos la proteína insoluble menos la proteína verdadera soluble

$$\% \text{ Fracción A} = \% \text{ PC} - \% \text{ PINS} - \% \text{ PVS}$$

La fracción B1 es la fracción precipitable en Sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot \text{SH}_2\text{O}$) e Hidróxido de sodio (NaOH) y corresponde al nitrógeno presente como proteína verdadera soluble.

$$\% \text{ Fracción B1} = \% \text{ PVS}$$

Fracción B2 se calcula a partir de la proteína insoluble en buffer menos la proteína insoluble en solución detergente neutra. Corresponde a proteína verdadera menos soluble que se fermenta lentamente en rumen:

$$\% \text{ Fracción B2} = \% \text{ PINS} - \% \text{ PCFDN} \text{ ó } \text{B2} = \text{PC} - (\text{Psol} + \text{B3} + \text{C})$$

La fracción B3 corresponde al N que es insoluble en solución detergente neutra, pero soluble en solución detergente ácida. Se obtiene por diferencia del nitrógeno presente en esos dos residuos de la determinación de fibra por el método de Vansoest y Goering (1967). Los granos y forrajes ensilados contienen cantidades significativas de esta fracción.

$$\% \text{ Fracción B3} = \% \text{ PCFDN} - \% \text{ PCFDA}$$

La fracción C se determina a través del N presente en la proteína insoluble en detergente ácido y corresponde a proteína indigestible totalmente que se encuentra unida al residuo denominado fibra detergente ácido:

$$\% \text{ Fracción C} = \% \text{ PCFDA}$$

1.6 JUSTIFICACION

Las leguminosas forrajeras son de gran importancia en la alimentación de rumiantes de zonas tropicales, ya que por su valor nutritivo tienen gran potencial para mejorar los sistemas de producción, particularmente en zonas del trópico subhúmedo con más de cuatro meses de sequía o en su caso trópico húmedo con gran potencial forrajero, en las cuales la alimentación de rumiantes está basada en el pastoreo de gramíneas nativas e introducidas. Existen alternativas como es el uso de concentrados o la fertilización que incrementan los costos de producción; de aquí la necesidad de contar con especies forrajeras de buena calidad durante todo el año para satisfacer los requerimientos nutrimentales del ganado en pastoreo.

Las leguminosas analizadas en el presente estudio cuentan con una gran cantidad de importantes evaluaciones de tipo agronómico pero se tiene escasa información sobre su contenido de fracciones de la proteína por lo que es necesario conocer el valor nutricional de esas fracciones en las leguminosas tropicales, para mejorar la eficiencia con la cual el ganado las utiliza y aplicar nuevos conceptos en el análisis de la proteína e incorporarlos al manejo de los recursos tropicales. Al mismo tiempo, disminuir la dependencia de fertilizantes y suplementos proteínicos alimenticios.

También la falta de conocimiento sobre la composición química de las leguminosas tropicales hace difícil utilizar herramientas computacionales que actualmente se han desarrollado para mejorar las predicciones de la utilización nutritiva de los forrajes por los rumiantes. Se han desarrollado nuevos modelos como el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) en su sección para bovinos de doble propósito; así como al National Research Council (NRC) para bovinos de leche y bovinos de carne.

En forma general se menciona que la cantidad de nutrientes en las leguminosas está afectada por la especie, la edad al corte, manejo y ambiente, sin embargo no hay estudios en el país que señalen la variación en las fracciones de proteína en las principales leguminosas cosechadas a diferentes edades y en distintas épocas del año. Estudios sobre estos efectos en leguminosas tropicales en otros países son escasos. Por esa razón, se planteó la presente investigación.

1.7 Objetivo general

Comparar la variación en PC y fracciones de la proteína A, B1, B2, B3 y C de tres leguminosas forrajeras: *Leucaena leucocephala* var Cunningham, *Gliricidia sepium* y *Cratylia argentea* introducidas a Paso del Toro, Veracruz, debida a la época del año (nortes, lluvias, secas) y edad de la planta a la cosecha (6, 9 y 12 semanas).

1.7.1 Objetivos específicos

- Determinar el contenido de PC en tres leguminosas forrajeras: *Leucaena leucocephala* var Cunningham, *Gliricidia sepium* y *Cratylia argentea*, a tres edades diferentes de cosecha (6, 9 y 12 semanas), en tres distintas épocas del año (nortes, lluvias y secas).
- Determinar las fracciones de la proteína (A, B1, B2, B3 y C) en tres leguminosas forrajeras; *Leucaena leucocephala* var Cunningham, *Gliricidia sepium* y *Cratylia argentea* a tres edades diferentes de cosecha (6, 9 y 12 semanas), en tres distintas épocas del año (nortes, lluvias y secas).

1.8 Hipótesis

El contenido de proteína cruda y fracciones de la proteína de las leguminosas forrajeras introducidas a Paso del Toro, Veracruz, será diferente de acuerdo a la especie (*Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Cratylia argentea*); época del año (nortes, lluvias, sequías) y edad de rebrote a la cosecha (edad de cosecha a 6, 9 y 12 semanas).

2. MATERIAL Y METODOS

El trabajo de investigación se realizó en dos etapas: La primera consistió en la obtención de las leguminosas. En esta etapa se realizó la siembra, el establecimiento, recolección y muestreo en las leguminosas en el C.E. “La Posta”, INIFAP, Paso del Toro, Ver. La segunda etapa consistió en la determinación de la proteína y sus fracciones en el laboratorio del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica (DNAyB) FMVZ-UNAM.

2.1 Ubicación

Las muestras de forraje fueron obtenidas del Campo Experimental del INIFAP “La Posta” (Ilustración 1) localizado en el km 22.5 de la carretera Veracruz-Córdoba en Paso del Toro, Veracruz. Localizado en la coordenada que forman el paralelo 19° 02' de latitud Norte con el meridiano 96° 08' de longitud Oeste. El clima predominante en el área de influencia directa de “La Posta”, corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1). Según los datos de la estación meteorológica “El Copital”, la estación más cercana a este campo experimental, los promedios de temperaturas media, máxima y mínima son de 25.4, 31.3 y 19.5 °C, respectivamente, con una precipitación pluvial de 1336.8 mm y una evaporación de 1379.5 mm. La altura del sitio es de 16 msnm. Los suelos predominantes son del tipo vertisol, con pH ácido de alrededor de 5, con textura que corresponde a migajón arcillo arenoso y con un pobre contenido de materia orgánica, ligeramente superior al 2%.

2.2 Diseño de parcelas Experimentales y Método de Muestreo

Las especies de leguminosas que se evaluaron fueron: Cocuite (*Gliricidia sepium*) cv. Nayarit; Leucaena (*Leucaena leucocephala*) var Cunningham y Cratilia (*Cratylia argentea*). Estas especies fueron seleccionadas porque se han introducido recientemente al campo veracruzano debido a que no se conocen algunas de sus características nutritivas (fracciones de la proteína) bajo las condiciones del C.E. “La posta”, INIFAP, Paso del Toro, Ver. La siembra se realizó

al principio de la época de lluvias en parcelas, alrededor del 15 de Junio de 2006, sobre terreno preparado convencionalmente con barbecho, rastra y doble rastra o cruzado de tal manera que la cama de siembra garantizó las mejores condiciones posibles para el establecimiento de las plantas.

Después que el área experimental fue surcada y sembrada con plantas de aproximadamente 75 cm de altura, previamente producidas bajo condiciones de invernadero. Las parcelas fueron rectángulos con una dimensión de 3.5 m x 8 m (Figura 5). En cada parcela se sembraron 6 surcos de 8 m de largo, con 50 cm de separación entre surcos y 50 cm de separación entre plantas. La distancia entre parcelas dentro de una misma hilera y entre hileras fue de 2.0 m. La parcela experimental útil fue de 12 m² dentro de la parcela rectangular, dejando 0.75 m libres a los lados y 1.0 m libre en las cabeceras para evitar el efecto de orilla.



Figura 5. Centro Experimental del INIFAP “La Posta”, Paso del Toro, Veracruz (Maps, 2014)

La dosis de fertilización fue de 00-50-00, que se refiere a la aplicación en kilogramos (kg) por hectárea (ha), de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O), respectivamente. El P_2O_5 se aplicó en forma de superfosfato triple de calcio. Por lo tanto, se utilizaron 111.11 kg de superfosfato triple por ha, lo que equivale a la aplicación de 311 g de superfosfato triple de calcio en los 28 m² de cada parcela experimental.

El marco para muestrear en cada frecuencia de corte fue de 4.0 m², colocado lo más al centro posible cubriendo los cuatro surcos centrales. Una vez que las plantas se establecieron, se dio un corte de uniformidad en 2007, que se realizó a los 100 cm de altura de la planta. Y a partir de este corte se cosecharon la hojas (incluido pedicelo de 0.5 cm de diámetro y folíolos) de las especies en estudio a la edad correspondiente (6, 9 y 12 semanas de rebrote). Para evaluar el efecto de época se consideró época de lluvias al periodo comprendido entre el 15 de Junio y el 14 de Octubre, nortes es el periodo entre el 15 Octubre y el 14 de marzo, secas entre el 15 marzo al 14 de Junio. Para la evaluación de la calidad del forraje se cortó todo el material potencialmente comestible que produjeron dos plantas de cada uno de los cuatro surcos centrales, durante tres años consecutivos.

Las ocho plantas seleccionadas fueron identificadas y fueron las únicas que se muestrearon durante toda la fase de producción. Este material fue pesado en fresco e inmediatamente se tomó una sub muestra de aproximadamente 800 g que fue pesada, colocada en bolsa de papel con perforaciones pequeñas, y secada en estufa de aire forzado a 55 °C por 48 horas o hasta peso constante. Cabe aclarar que para evitar efectos nocivos entre alturas del rebrote adyacente, las frecuencias de corte no se aleatorizaron, sino que se arreglaron en un orden ascendente empezando con 6 semanas en un extremo de la parcela y acabando con 12 semanas en el extremo opuesto. Las muestras deshidratadas se conservaron en bolsa de plástico y en refrigeración a 3 °C para su envío al laboratorio.

2.3 Fase de laboratorio

La segunda etapa se realizó en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ-UNAM. Las muestras se molieron en el molino Thomas Wiley con criba de 1 mm, se almacenaron en bolsas de plástico herméticamente cerradas e identificadas para la posterior determinación de

acuerdo con los métodos establecidos por A.O.A.C. (1990), proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl ($N \times 6.25$) de acuerdo al método 954.01.

Para calcular las fracciones de la proteína (A, B1, B2, B3 y C) en los forrajes del estudio, fue necesario analizar primero el porcentaje de nitrógeno insoluble a través de la técnica de Krishnamoorthy *et al.* (1982) y expresarlo en términos de proteína, $N \times 6.25$ (% PINS: Porcentaje de proteína insoluble); en la parte soluble determinar el % de N en proteína verdadera soluble (% PVS) a partir de la técnica de Krishnamoorthy *et al.* (1982); además, analizar el N presente en el residuo de la FDN y FDA según la técnica propuesta por VanSoest *et al.* (1991) y con los resultados calcular ($N \times 6.25$) la PC ligada al residuo de FDN (% PCFDN) y PC ligada al residuo de FDA (% PCFDA) (Licitra *et al.* 1996). Con esos resultados se calcularon las fracciones de la proteína en la siguiente forma:

- % Fracción A = % PC - % PINS - % PVS.

- % Fracción B1 = % PVS.

- % Fracción B2 = % PINS - % PCFDN.

- % Fracción B3 = % PCFDN - % PCFDA.

- % Fracción C = % PCFDA

2.4 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue de parcelas subdivididas, con cuatro repeticiones para parcela mayor que representa especie y 12 repeticiones para parcela menor que representa frecuencia de corte y época. Los resultados por especie, época y edad al corte, se analizaron estadísticamente usando el paquete SAS (Statistical Analysis System, 2001) con el siguiente modelo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + X_k + \sigma_{ij} + \lambda_{ik} + \delta_{jk} + \eta_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Observación de la i -ésima especie, cortada a la j -ésima época, en la k -ésima edad de corte.

μ = Media general

α_i = efecto de la i -ésima especie (parcela principal)

β_j = Efecto debido al j -ésima época del año.

X_k = Efecto de la k -ésima edad de corte.

σ_{ij} = Efecto de la interacción especie por época.

λ_{ik} = Efecto de la interacción especie por edad.

δ_{jk} = Efecto de la interacción época por edad.

η_{ijk} = Efecto de la interacción especie por época por edad.

ϵ_{ijkl} = Error experimental

Se asume que el error experimental se distribuye normal, independiente, con media cero y varianza sigma cuadrada. $\epsilon \sim NI(0, \sigma^2)$. La comparación de medias se llevó a cabo por el método de Tukey y para la edad de corte se utilizaron polinomios ortogonales.(Cochran y Cox, 1992).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Proteína Cruda (PC)

Se observó interacción especie*época*edad ($P < 0.5$) para las siguientes determinaciones: **PC, Fracción A y B2.**

Para proteína cruda (PC), como se muestra en el Cuadro 4, de todos los tratamientos el mayor contenido de PC ($P < 0.5$) se registró en Leucaena durante la época de nortes en el corte realizado a las 6 semanas (26.04%), en cambio la menor ($P < 0.5$) cantidad de PC la obtuvo Cratilia durante la época de secas a las 9 semanas de rebrote (16.62%). La PC registrada en las leguminosas del estudio es suficiente para satisfacer la necesidad de N total si fueran la única fuente de alimento. Church y Pond (2006) indican que la dieta de los rumiantes debe contener mínimo 7 – 8 % de PC para satisfacer el mantenimiento y multiplicación de los microorganismos ruminales, y ese nivel es suficiente para cubrir la proteína necesaria para el mantenimiento del ganado, por lo tanto, la cantidad de PC registrada en las leguminosas de la presente investigación, en todas las muestras analizadas es superior a las necesidades de mantenimiento, lo que confirma un importante aporte de PC disponible para el ganado, particularmente en la época seca.

La disminución de la cantidad de PC registrada en Cratilia durante la época seca, tanto a las 9 como a las 12 semanas de rebrote, o en Leucaena en lluvias a las 9 y 12 semanas de rebrote, es un buen indicador de que las leguminosas no deben ser utilizadas siempre a una misma edad de rebrote; sobre todo, cuando los resultados exponen que Cratilia en época seca debe ser pastoreada o cosechada máximo a las 6 semanas de rebrote para que el ganado obtenga el mayor aporte de proteína, y esta sirva para la suplementación del ganado en la cantidad que no es aportada por las gramíneas nativas presentes en el agostadero. Una recomendación similar surge para Leucaena la cual de preferencia debe ser pastoreada antes o al menos a las 6 semanas de rebrote en época de lluvias, ya

que posteriormente el contenido de PC disminuye al aumentar la edad de la leguminosa al corte.

En el Cuadro 5 se muestran los resultados del efecto de cada factor por separado para PC. En Cocuite y Leucaena fue similar el contenido ($P>0.05$) pero diferente con Cratilia, la cual fue menor ($P<0.05$). Una probable explicación a la menor concentración de PC en Cratilia comparada con las otras leguminosas del presente estudio puede ser la mayor proporción de peciolo en el tejido correspondiente a hojas. Al respecto, la literatura señala valores de 20% de PC en hojas y un 16.20% de PC en tallos comestibles de Cratilia (Castillo *et al.*, 2013), en donde la relación tallo: hoja presente en esta leguminosa, después de casi doce meses de crecimiento solamente 51.50% de la biomasa aérea fueron hojas y ese material comestible en proporción al tallo no comestible fue en promedio 1.1:1, respectivamente. En otro estudio desarrollado en Colombia por Vargas-Sánchez y Estrada-Álvarez (2011) reportaron que la proporción de peciolo en Leucaena fue 10 % del peso seco, mientras que en Cocuite la proporción de peciolo con el total de materia seca fue sólo 12 %, sin embargo, a diferencia del presente estudio en aquella investigación el contenido de PC fue mayor en Cocuite (28.4%) seguido por Leucaena (26.7 %) con cantidades superiores a las registradas en el presente estudio.

La cantidad de PC registrada en las hojas de Cratilia en el presente estudio es similar a la que diversos investigadores han señalado en otras regiones del trópico en Centro y Sur América (Cuadro 6), confirmando que el contenido de PC de Cratilia está dentro del rango de valores obtenido por aquellos investigadores (Castillo *et al.*, 2013).

Cuadro 4. Efecto de la interacción especie*época*edad sobre la proteína cruda en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz

APOCA	LLUVIAS			NORTES			SECAS		
EDAD	6	9	12	6	9	12	6	9	12
COCUITE	22.613 ^{abcd}	19.72 ^{bcdefghi}	20.393 ^{bcdefgh}	20.410 ^{bcdefgh}	22.838 ^{abc}	18.985 ^{cdefghi}	21.58 ^{bcde}	20.415 ^{bcdefgh}	16.62 ^{hi}
LEUCAENA	19.643 ^{bcdefghi}	16.763 ^{ghi}	16.853 ^{ghi}	26.035^a	19.388 ^{bcdfghi}	19.473 ^{bcdfghi}	23.12 ^{ab}	20.698 ^{bcdefg}	19.44 ^{bcdefghi}
CRATILIA	17.568 ^{fghi}	16.985 ^{ghi}	17.94 ^{efghi}	21.378 ^{bcdef}	17.028 ^{ghi}	18.323 ^{efghi}	18.683 ^{defghi}	16.62ⁱ	16.875 ^{ghi}

Interacción especie*época*edad (P < 0.05)

^{a,b,c,d,e,f,g,h,i} Literal distinta por hilera y columna indica diferencia (P < 0.05)

Cuadro 5. Resultados de los efectos principales: especie, época y edad sobre la proteína cruda en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz

ESPECIES	% PC	EPOCA	% PC	EDAD	% PC ¹
COCUITE	20.39 ^a	LLUVIAS	18.71 ^b	6 SEM	21.22
LEUCAENA	20.15 ^a	NORTES	20.42 ^a	9 SEM	18.88
CRATILIA	17.87 ^b	SECAS	19.28 ^b	12 SEM	18.32

^{a,b,c} Valores con distinta literal en la misma columna difieren estadísticamente (P < 0.05)

¹ Efecto lineal (P < 0.05)

Cuadro 6. Datos de la literatura compilados por los autores sobre composición química del forraje de *Cratylia argentea*.

País	Edad al corte	Componente de la planta	Componente químico, %			Referencia
			PC	FDN	FDA	
Costa Rica	120	Hojas y tallos comestibles	19.8	51.3	34.8	Ibrahim <i>et al.</i> (2001)
Colombia	N.R	No Reportado	22			Plazas y Lascano (2005)
Nicaragua	84	Hojas y tallos comestibles	17.7	60	32.6	Sánchez y Ledin (2006)
Puerto Rico	134	Hojas y tallos comestibles	16.6	57.2	43.9	Crespo (2006)
Colombia	90	Hojas	18	59.7	51.4	Suarez <i>et al.</i> (2008)

Fuente: Castillo *et al.* 2013

En cuanto a los resultados del efecto de la **época** sobre los valores de PC en las leguminosas introducidas a Veracruz (Cuadro 5), el presente estudio puso de manifiesto que el contenido de PC fue mayor ($P < 0.05$) en la época de nortes (20.42 %PC) en comparación a la época de lluvias o secas. Entre estas dos últimas no se registró diferencia ($P > 0.05$) fluctuando entre 18.71 y 19.28 % el contenido de PC. Lo anterior probablemente se debe a que en la época de nortes la menor temperatura (por la presencia de vientos fríos y lluvia) hace que el crecimiento de las plantas sea menor, en esas condiciones las leguminosas manifiestan su capacidad de adaptación bajo condiciones de baja fertilidad (Enriquez, 2003); en esa época dos de las estrategias utilizadas por las plantas para su supervivencia, que modifican el valor nutritivo de los forrajes son: el almacenamiento de nutrientes y su autodefensa a los factores externos de riesgo. Las reservas nutricionales son esenciales para la supervivencia ya sea en clima frío, templado y o tropical, así como para permitir un rebrote luego de un periodo

de tiempo adverso, como es la defoliación por pastoreo o corte. Gracias a esas estrategias se presenta un importante valor forrajero en la época de estiaje, cuando escasean los forrajes ya que permanece constante el alto valor nutritivo de estas especies, además, manifiestan una alta retención del follaje durante la temporada seca, con periodos de más de cuatro meses, tiempo en el cual existe una mayor demanda de forraje en cantidad y buena calidad, ya que las gramíneas en este periodo tienen poco desarrollo y su disponibilidad para el animal es limitada. (Palma, 2005)

En lo relacionado a la variación en el contenido de PC por efecto de la **edad** (Cuadro 5), se observó una disminución (efecto lineal, $P < 0.05$) en el contenido de PC al aumentar la edad de las leguminosas. Este comportamiento es similar al que obtuvo Lagunes (2011) en un estudio de evaluación nutricional de leguminosas tropicales en el que analizó la composición química por edad al corte. En aquel estudio evaluado a las siguientes edades de corte: 44, 62, 101 y 162 días los resultados fueron: 18.6, 17.5, 17 y 15.2 % de PC, respectivamente; y la disminución en el contenido de PC se presentó nuevamente cuando las hojas llegaron a 162 días (23 semanas) de rebrote. Por su parte, Franco *et al.* (1998) en *Cratylia argentea* observaron una disminución significativa en el contenido de PC en los cortes realizados entre 2 y 3 meses de rebrote ($P < 0.05$), además, el aumento de la edad de la planta produjo disminución de la degradabilidad de la PC en esa leguminosa.

3.2 Fracción A

En el Cuadro 7 se observa que Leucaena en la época de nortes a las 6 semanas de rebrote obtuvo la mayor ($P < 0.05$) cantidad de fracción **A** (8.35 %), en tanto que Cratilia registró la menor ($P < 0.05$) cantidad de fracción **A** en la época de nortes a las 12 semanas de rebrote (2.42 %).

El análisis de los efectos principales se muestra en el Cuadro 8. Para el contenido de la fracción A, la mayor concentración ($P < 0.05$) fue para Cocuite y Leucaena, comparada con Cratilia. La menor cantidad registrada en esta última leguminosa,

puede ser debida a la variación genética que manifiestan algunas accesiones de Cratilia. En un estudio realizado por Castillo *et al.* (2013) en el CEIEGT, Martínez de la Torre, Ver., a través de dos años consecutivos, en el que evaluaron la degradabilidad de las fracciones de N, FDN y FDA por medio de la producción de gas *in vitro*, registraron que uno de los ecotipos presentó menor concentración y degradabilidad del N soluble, sin embargo, en ese estudio los investigadores no especificaron la fracción de N soluble que disminuyó significativamente en dicha accesión.

En un estudio realizado por Aviles (2011), en heno de *Cenchrus ciliaris* y heno de hojas de *Gliricidia sepium*, reportó 1.59% y 4.42% de fracción A, respectivamente. Esta última cantidad fue ligeramente inferior a la que registró *Gliricidia sepium* en el presente estudio (5.28%). En otra investigación en la que incluyeron 29 arbóreas tropicales para estudiar el contenido de fracciones de la proteína en el follaje de dichos recursos forrajeros en Colombia, Chamorro (2002) reporta cantidades variables de fracción A (entre 0.21 y 19.97 %), dentro de las cuales se encuentra la fracción A de las leguminosas de la presente investigación.

Cuadro 7. Efecto de la interacción especie*época*edad sobre la fracción a de la proteína en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz.

EPOCA	LLUVIAS			NORTES			SECAS		
EDAD	6	9	12	6	9	12	6	9	12
COCUITE	6.04 ^{abcd}	5.09 ^{abcde}	4.80 ^{bcde}	5.047 ^{bcde}	7.08 ^{abc}	3.647 ^{de}	5.027 ^{bcde}	6.767 ^{abcd}	4.077 ^{cde}
LEUCAENA	4.267 ^{cde}	4.28 ^{cde}	4.54 ^{bcde}	8.35^a	5.03 ^{bcde}	4.84 ^{bcde}	6.237 ^{abcd}	5.157 ^{abcde}	6.21 ^{abcd}
CRATILIA	4.45 ^{cde}	4.177 ^{cde}	4.962 ^{bcde}	7.77 ^{ab}	4.177 ^{cde}	2.42^e	4.43 ^{cde}	3.895 ^{cde}	4.515 ^{bcde}

Interacción especie*época*edad (P< 0.05)

^{a,b,c,d,e} Literal distinta por hilera y columna indica diferencia (P < 0.05)

Cuadro 8. Resultados de los efectos principales: especie, época y edad sobre la Fracción A de la proteína en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz.

ESPECIES	% FRACCION A	EPOCA	% FRACCION A	EDAD	%FRACCION A ¹
COCUITE	5.28 ^a	LLUVIAS	4.74 ^a	6 SEM	5.74
LEUCAENA	5.43 ^a	NORTES	5.38 ^a	9 SEM	5.08
CRATILIA	4.54 ^b	SECAS	5.15 ^a	12 SEM	4.45

^{a,b,c} Literal distinta por columna indica diferencia (P < 0.05)

¹ Efecto lineal (P<0.05)

En cuanto al efecto de la **época** sobre la fracción **A** de la proteína en las leguminosas del presente estudio (Cuadro 8) se puede concluir que la época no influyó ($P>0.05$) sobre esta fracción. Tal comportamiento difiere del reportado por Sosa-Rubio et al. (2008) con respecto al rendimiento de MS y Chamorro (2002), el cual en un estudio con 29 arbóreas forrajeras realizado en Colombia, registra una diferencia significativa y en contenido de fracción A en diversas leguminosas tropicales. En otro estudio Flores et al. (2013) reportaron distinta cantidad de NNP (Fracción A) en las leguminosas arbustivas y arbóreas cosechadas en época de lluvias, a diferencia del contenido en la fracción A que se registró en las mismas leguminosas, en la época de nortes y secas, en la presente investigación.

En lo relacionado al efecto de la **edad** sobre el contenido de fracción A de la proteína de las leguminosas del presente estudio (Cuadro 8), se observa que el aumento en la edad disminuye la fracción A (efecto lineal $P<0.05$). Al respecto, en un estudio realizado por Montero et al. (2014) en Veracruz, utilizando leguminosas similares a las del presente estudio, registraron que La mayor cantidad de fracción A se registró a las 6 semanas de edad al corte (5.74 %) y fue disminuyendo conforme avanzó al edad de las leguminosas.

3.3 Fracción B1

Para la fracción B1 no hubo interacción de los tres factores ($P>0.05$) como se observa en el Cuadro 9, sin embargo, hubo interacción época* edad ($P=0.0355$). El bajo contenido de la fracción B1 correspondiente a proteína verdadera soluble de rápida fermentación en rumen, fue menor al reportado por Juárez et al (2007) en las mismas especies de leguminosas cosechadas en Veracruz, pero que fueron cosechadas y analizadas a una menor edad, probablemente porque a menor edad del rebrote el contenido de proteína verdadera soluble es más elevado en esas especies de leguminosa, sin embargo, los resultados del presente estudio se encuentran dentro del contenido (3.23 – 0.17 % fracción B1) que Chamorro (2002) registró en otras arbóreas forrajeras utilizadas en Colombia. El contenido de

Fracción B1 en las leguminosas de la presente investigación fue similar a la cantidad que Astudillo *et al.* (2013) registraron en las mismas especies de leguminosa cosechadas en época de lluvias en el Campo Experimental “Las Margaritas”, localizado en trópico húmedo en Hueytamalco, Pue., demostrando que la región en que se desarrollan estas leguminosas produce cambios sobre las fracciones de la proteína.

El análisis de los efectos principales por especie, época o edad sobre el contenido de la Fracción B1 (Cuadro 10), indica en cuanto a la **especie**, que el contenido de la Fracción B1 de la proteína fue distinto para cada una de las leguminosas. Primeramente, Cocuite registró el mayor ($P < 0.05$) contenido de Fracción B1, el segundo lugar ($P < 0.05$) fue para Leucaena y la concentración más baja ($P < 0.05$) correspondió a Cratylia. Al respecto, un estudio realizado por Montero *et al.* (2014) los investigadores obtuvieron en Cratylia un contenido de B1 y B2 (%MS) inferior (9.4 %) en comparación con Leucaena (12.3 %) y Cocuite (13.0 %). Los investigadores mencionados concluyen que la fracción mas importante de la Proteína Verdadera (PV) es la proteína soluble en rumen (B1 Y B2), dado que esta fracción es completamente disponible al igual que el nitrógeno no proteico (NNP), indicando que la calidad de la proteína es más alta cuando la suma de B1 y B2 ocupan la principal proporción de la proteína.

Cuadro 9. Efecto de la interacción época*edad sobre la Fracción B1 de la proteína en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz.

EPOCA	LLUVIAS			NORTES			SECAS		
	6	9	12	6	9	12	6	9	12
COCUITE	0.66	0.36	0.35	0.26	0.37	0.43	0.41	0.35	0.20
LEUCAENA	0.40	0.23	0.28	0.38	0.18	0.36	0.58	0.46	0.28
CRATILIA	0.46	0.24	0.23	0.20	0.18	0.17	0.39	0.26	0.25

No hubo interacción especie*época*edad (P > 0.05)

Cuadro 10. Resultados de los efectos principales: especie, época y edad sobre la Fracción B1 de la proteína en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz.

ESPECIES	% FRACCION	EPOCA	% FRACCION	EDAD	%FRACCION
	B1		B1		B1 ¹
COCUITE	.378 ^a	LLUVIAS	.368 ^a	6 SEM	.418 ^a
LEUCAENA	.353 ^{ab}	NORTES	.285 ^a	9 SEM	.297 ^b
CRATILIA	.276 ^b	SECAS	.354 ^a	12 SEM	.293 ^c

^{a,b,c} Valores con distinta literal en la misma columna difieren estadísticamente (P < 0.05)

¹ Efecto lineal (P < 0.05)

En cuanto a la **época**, los resultados (Cuadro 10) muestran que no existió diferencia ($P>0.05$) en la fracción B1 de la proteína en las leguminosas del presente estudio, debida a la época. Este comportamiento difiere del reportado por Chamorro (2002) en 29 arbóreas forrajeras utilizadas en Colombia, en aquella investigación la cantidad de fracción B1 en las distintas leguminosas presentó variación ($P<0.05$) a través del año. En el estudio reportado por Flores *et al.* (2013) en las mismas especies de leguminosa que las analizadas en la presente investigación, en la época de lluvias las especies fueron distintas en cuanto a su contenido de fracción B1 ($P<0.05$). Aviles 2011 en heno de *Cenchrus ciliaris* registró un valor de 0.07 % mientras que en heno de hojas de *Gliricidia sepium* reporta un porcentaje de 0.21 %, indicando que la concentración de esta fracción es mayor en leguminosas que en gramíneas y su valor permanece constante en las diferentes épocas del año; estos resultados hacen notar que las leguminosas son de mejor calidad ya que esta proteína soluble verdadera es rápidamente y 100% fermentable en el rumen, lo que ofrece una fuente de aminoácidos para los microorganismos del rumen durante casi todo el año.

En cuanto a la **edad** de las leguminosas al corte, el análisis (Cuadro 10) reveló que el efecto de la edad sobre el contenido de fracción B1 fue lineal ($P<0.05$), no obstante, no hubo diferencia ($P>0.05$) entre el corte efectuado a las 9 y 12 semanas, pero si se registró marcada diferencia ($P<0.05$) entre estos dos cortes y el corte efectuado a las 6 semanas (Cuadro 10) que fue el que registró la mayor cantidad. Este comportamiento es similar al que reportaron Juárez *et al.* (2007) indicando que los resultados deben tomarse en cuenta para dar importancia a la edad a la cual deben cosecharse las leguminosas para la nutrición de los rumiantes. Debido a que a las 9 y 12 semanas de rebrote la cantidad de contenido de proteína B1 es 69 % menor a la cantidad registrada a las 6 semanas de rebrote, es esencial señalar que la fracción B1 corresponde a la proteína verdadera soluble rápidamente fermentable por los microorganismos del rumen, la cual es mayor cuando la leguminosa es más joven y participa en el

aprovechamiento de los carbohidratos solubles de rápida fermentación, permitiendo que estos se aprovechen eficientemente.

3.4 Fracción B2

Sobre el contenido de la fracción B2 de la proteína en leguminosas introducidas a Veracruz se manifestó efecto ($P < 0.05$) de la triple interacción **especie*época*edad** (Cuadro 11). El valor más alto ($P < 0.05$) obtenido fue para Cratylia en la época de nortes en el corte efectuado a las 12 semanas de rebrote (12.67%). Mientras que la concentración más baja ($P < 0.05$) fue igualmente para Cratylia pero en la época de lluvias a las 6 semanas de edad (1.98%).

El análisis de los efectos principales (especie, época o edad) sobre el contenido de la fracción B2 de la proteína en las leguminosas del presente estudio (Cuadro 12), con relación a la **especie**, indica que el contenido de esta fracción de la proteína es similar en Cocuite y Leucaena ($P > 0.05$), especies que registraron una cantidad mayor ($P < 0.05$) a la que manifestó Cratylia. Probablemente el bajo nivel de fracción B2 en Cratylia es debido a la menor cantidad de proteína soluble que los investigadores Castillo et al. (2013) reportaron sobre todo en una de las accesiones de esta leguminosa evaluada en el CEIEGT, Martínez de la Torre, Veracruz. Además, el resultado también puede estar influenciado, como se mencionó anteriormente, por la mayor proporción de peciolo en los tejidos de la hoja de Cratylia, que al presentar mayor contenido de fibra (FDN) esta atrapa o bloquea mayor cantidad de fracción B2 entre las láminas que integran la estructura de la pared celular de la leguminosa, particularmente en el tejido que proporciona sostén a las hojas (Juárez et al., 2007).

En cuanto al efecto de la **época** sobre la fracción B2 de la proteína de las leguminosas del presente estudio (Cuadro 12), a diferencia de las dos fracciones anteriores se observó una marcada diferencia correspondiente a la época ($P < 0.05$). En el tiempo de nortes se obtuvo mayor concentración de esta fracción, seguida de la época de secas y por último la época de lluvias ($P < 0.05$). Este comportamiento es similar al que Chamorro (2002) obtuvo al estudiar 29

diferentes arbóreas en Colombia, en cuanto a que existe una concentración distinta de la fracción B2 durante el año y que Cocuite presentó mayor concentración de B2 comparado con otras arbóreas que aquel investigador analizó. Por otra parte Juárez *et al.* (2013) en leguminosas similares a las del presente estudio cosechadas en el mismo Campo Experimental pero a menor edad de rebrote, indicaron también la presencia de mayor nivel de fracción B2 comparativamente al nivel de fracción B1, bajo condiciones similares a las del presente estudio, e indicaron que el mayor contenido de fracción B2 en la época de nortes puede ser resultado de una estrategia de almacenamiento de reservas que la planta efectúa capacitándose para resistir las condiciones adversas que se manifiestan durante la época seca.

En cuanto al efecto de la **edad** sobre la fracción B2 de la proteína en las leguminosas del presente estudio (Cuadro 12), se obtuvo que el **efecto fue cuadrático ($P < 0.05$)** primero se registró mayor cantidad (5,73 %) a las 6 semanas, este porcentaje disminuyó a 5.08 % a las 9 semanas y posteriormente aumento el valor a 7.87 %, a las 12 semanas. Lo anterior confirma la aseveración realizada por Juárez *et al.* (2007), de que al aumentar la edad de las leguminosas mayor cantidad de proteína verdadera lentamente fermentable probablemente queda blindada por la estructura y grosor de la pared celular en las células de los tejidos de sostén, otra explicación puede ser dada por el aumento en la cantidad de taninos condensados en ese tipo de células. Al respecto, Montero *et al.* (2014) indicaron que en las células de *Cratilia* la cantidad de taninos condensados es mucho menor y probablemente por esa razón en esa leguminosa la proporción de B2 es mayor y esa proporción aumenta, con el incremento en la edad de esa leguminosa al corte.

Cuadro 11. Efecto de la interacción especie*época*edad sobre la Fracción B2 de la proteína en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz.

EPOCA	LLUVIAS			NORTES			SECAS		
EDAD	6	9	12	6	9	12	6	9	12
COCUITE	4.02 ^{fg hijk}	3.63 ^{hijk}	9.15 ^{bc}	7.46 ^{cde}	7.73 ^{cde}	9.11 ^{bc}	6.81 ^{cdefgh}	5.32 ^{defghij}	6.52 ^{cdefghi}
LEUCAENA	2.82 ^{jk}	3.18 ^{jk}	3.73 ^{ghijk}	11.07 ^{ab}	6.51 ^{cdefghi}	7.82 ^{bcde}	6.95 ^{cdefg}	8.31 ^{bcd}	7.93 ^{bcde}
CRATILIA	1.98^k	3.21 ^{ijk}	7.16 ^{cdef}	6.51 ^{cdefghi}	3.02 ^{jk}	12.67^a	3.96 ^{fg hijk}	4.78 ^{efghijk}	6.72 ^{cdefgh}

Interacción especie*época*edad (P < 0.05)

^{a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k} Literal distinta por hilera y columna indica diferencia (P < 0.05)

Cuadro 12. Resultados de los efectos principales: especie, época y edad sobre la Fracción B2 de la proteína en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz.

ESPECIES	% FRACCION B2	EPOCA	% FRACCION B2	EDAD	%FRACCION B2 ¹
COCUITE	6.64 ^a	LLUVIAS	4.32 ^c	6 SEM	5.73
LEUCAENA	6.48 ^a	NORTES	7.99 ^a	9 SEM	5.08
CRATILIA	5.55 ^b	SECAS	6.37 ^b	12 SEM	7.87

^{a,b,c} Literal distinta por columna indica diferencia (P < 0.05)

¹ Efecto cuadrático (P < 0.05)

3.5 Fracción B3

En esta fracción se manifestó efecto especie*edad ($P=0.0443$) y época*edad ($P=0.0006$), (Cuadro 13).

Con respecto a la **especie** (Cuadro 14), no existió diferencia ($P>0.05$) entre las distintas leguminosas. Este resultado es similar al reportado por Flores *et al.* (2013) los cuales en hojas de las mismas especies de leguminosas provenientes de un experimento realizado en época de lluvias en el C.E. “Las Margaritas”, Hueytamalco, Pue., obtuvieron una concentración similar de B2 y B3 en un nivel de PC similar también al de la presente investigación. No obstante, Chamorro (2002) en un estudio desarrollado en Colombia sobre 29 arbóreas forrajeras, obtuvo mayor concentración de B3 en comparación al nivel de B2 en un cultivar de Cocuite, pero otros cultivares de esta y otras leguminosas se comportaron distinto.

En cuanto al efecto de **época** sobre la concentración de la Fracción B3 en las leguminosas del estudio (Cuadro 14), se obtuvo mayor ($P<0.05$) concentración en la época seca (5.10 %). En cambio el contenido de B3 correspondiente a la época de lluvias y nortes fue similar ($P>0.05$). Ese comportamiento de distinta cantidad de fracción B3 durante el año es similar al resultado que Chamorro (2002) obtuvo al estudiar 29 arbóreas forrajeras que se utilizan en Colombia. Por otra parte, el mayor contenido de B3 en la época seca probablemente es resultado del mayor crecimiento de hojas en la planta y mayor proporción de peciolo, por tanto mayor proporción de FDN en los tejidos de las leguminosas, y como la fracción B3 es proteína protegida (blindada) o asociada a los carbohidratos estructurales, por esa razón se registra mayor cantidad de esa fracción de proteína en la época seca.

Cuadro 13. Efecto de la interacción especie*edad y época*edad sobre la Fracción B3 de la proteína en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz

EPOCA	LLUVIAS			NORTES			SECAS		
	6	9	12	6	9	12	6	9	12
COCUITE	5.21	7.34	3.41	5.63	4.35	3.41	6.63	5.45	3.78
LEUCAENA	4.37	4.84	4.81	4.11	5.01	4.44	6.82	4.73	3.22
CRATILIA	3.95	5.98	2.97	4.93	5.29	0.96	7.18	4.62	3.49

No hubo interacción especie*época*edad (P>0.05)

Cuadro 14. Resultados de los efectos principales: especie, época y edad sobre la Fracción B3 de la proteína en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz.

ESPECIES	% FRACCION B3	EPOCA	% FRACCION B3	EDAD	%FRACCION B3 ¹
COCUITE	5.0 ^a	LLUVIAS	4.76 ^{ab}	6 SEM	5.43 ^a
LEUCAENA	4.7 ^a	NORTES	4.21 ^b	9 SEM	5.29 ^a
CRATILIA	4.4 ^a	SECAS	5.10 ^a	12 SEM	3.36 ^b

^{a,b,c} Valores con distinta literal en la misma columna difieren estadísticamente (P < 0.05)

¹ Efecto lineal (P < 0.0001)

En cuanto al efecto de la **edad** de la leguminosa al corte sobre el contenido de la fracción B3 (Cuadro 14) el análisis de contrastes ortogonales presentó **un efecto lineal (P < 0.0001)** de disminución al aumentar la edad de las leguminosas. No hubo diferencia (P>0.05) en la cantidad de B3 a las 6 semanas y 9 semanas, sin embargo, la concentración disminuyó (P<0.05) cuando el corte se realizó a las 12 semanas de rebrote. Este comportamiento es distinto al que Flores et al (2013) obtuvieron con similares especies de leguminosas en una réplica del estudio que se llevó a cabo en “Las Margaritas” Hueytamalco, Pue., en el que no se manifestó efecto de la edad de las leguminosas sobre la fracción B3, en lluvias, probablemente debido a que en aquel campo experimental la precipitación pluvial es tres veces mayor a la que se registra en Paso del Toro, Ver., lo que ocasiona menor disponibilidad de agua para las leguminosas que al aumentar la edad disminuyen la cantidad de hojas y en consecuencia la cantidad de fracción B3 en sus tejidos.

3.6 Fracción C

La fracción C de la proteína corresponde a la proteína indigestible y afortunadamente no representa la mayor proporción en la proteína de las leguminosas en estudio, sin embargo, manifiesta alguna diferencia entre una especie y otra que es importante señalar. Para esta fracción hubo efecto de especie*época (P= 0.003) y efecto de época*edad (P=< 0.0001), (Cuadro 15).

Luego el análisis de los efectos principales (especie, época o edad) sobre el contenido de Fracción C de la proteína en las leguminosas del presente estudio (Cuadro 16) indica con respecto a la **especie** que no hubo diferencia (P>0.05) entre estas. Este resultado difiere del reportado por Flores *et al.* (2013) en las mismas leguminosas establecidas en el Campo Experimental INIFAP “Las Margaritas”, Hueytamalco, Pue., en aquel estudio el mayor contenido de fracción C lo registró Cratilia, el menor contenido lo presentó Cocuite y Leucaena manifestó un contenido similar (P>0.05) a esas dos leguminosas; lo anterior pone de manifiesto que las condiciones de la interacción suelo- clima en cada región, son

definitivas sobre los cambios en el crecimiento y por tanto en fracción C de la proteína de las leguminosas. En cuanto a la cantidad de fracción C contenida en las leguminosas del presente estudio (3.08 – 3.17 %), esta fue similar a la reportada Flores et al (2013) y similar también a la registrada por Chamorro (2002) en leguminosas del mismo género utilizadas en Colombia.

En cuanto al efecto de la **época** sobre la concentración de la fracción C de la proteína, hubo mayor concentración ($P < 0.05$) en la época de lluvias, mientras que en la época de nortes y secas el contenido de fracción C fue similar ($P > 0.05$). La diferencia entre épocas en la fracción C de leguminosas arbóreas durante el año también fue reportada por Chamorro (2002) en el estudio que realizó en Colombia sobre el análisis de 29 arbóreas utilizadas para la producción animal. La cantidad en época de lluvias fue casi el doble de la que se registró en las otras dos épocas, probablemente como resultado del crecimiento que presentan las leguminosas el cual es sostenido por una mayor cantidad de carbohidratos estructurales que se rodean de la matriz lignificada, sin embargo, la mayor cantidad de lignina representa también mayor cantidad de N ligado a su estructura, por tanto mayor cantidad de la fracción C correspondiente a proteína no digestible por los microorganismos del rumen.

Cuadro 15. Efecto de la interacción especie*época y época * edad sobre la Fracción C de la proteína en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz.

EPOCA	LLUVIAS			NORTES			SECAS		
EDAD	6	9	12	6	9	12	6	9	12
COCUITE	6.67	3.29	2.66	2.0	3.29	2.61	2.68	2.51	2.02
LEUCAENA	7.77	4.21	3.48	2.11	2.64	2.0	2.51	2.02	1.78
CRATILIA	6.72	3.36	2.51	1.95	4.26	2.09	2.70	2.57	1.89

No hubo interacción especie*época*edad (P> 0.05)

Cuadro 16. Resultados de los efectos principales: especie, época y edad sobre la Fracción C de la proteína en leguminosas tropicales introducidas a Veracruz.

ESPECIES	% FRACCION C	EPOCA	% FRACCION C	EDAD	%FRACCION C ¹
COCUITE	3.08 ^a	LLUVIAS	4.52 ^a	6 SEM	3.90 ^a
LEUCAENA	3.17 ^a	NORTES	2.55 ^b	9 SEM	3.13 ^b
CRATILIA	3.08 ^a	SECAS	2.30 ^b	12 SEM	2.34 ^c

^{a,b,c} Valores con distinta literal en la misma columna difieren estadísticamente (P < 0.05)

¹ Efecto lineal (P<0.05)

En cuanto al efecto de la **edad** sobre la concentración de la fracción C de la proteína en las leguminosas del presente estudio (Cuadro 16), el efecto fue de disminución lineal ($P < 0.0001$) y este comportamiento fue distinto al que mostraron las mismas leguminosas en una repetición de las especies que se realizó en el Campo Experimental INIFAP “Las Margaritas”, Hueytamalco, Pue., en aquel estudio el efecto fue cuadrático ($P > 0.001$) se presentó mayor cantidad de fracción C a las 9 semanas, una cantidad inferior ($P < 0.05$) a las 6 semanas y todavía mayor disminución a las 12 semanas de rebrote (Flores et al., 2013). La disminución en la fracción C de la proteína al aumentar la edad de las leguminosas probablemente se debe a que estas especies requieren mayor tiempo para que el nitrógeno que queda atrapado entre las capas de pared celular y no se ha unido a la lignina, posteriormente pueda ser solubilizado de la FDA y por lo tanto sea utilizado por los microorganismos del rumen y pase a formar parte de proteína verdadera que no está ligada a la pared celular.

3.7 Fracciones de proteína como porcentaje de la proteína total

En el Cuadro 17 se presentan los resultados de las fracciones de la proteína por especie, expresados como porcentaje de la proteína total. Estos resultados son similares a los obtenidos por Chamorro (2002), en un estudio realizado en Colombia en el que evaluaron leguminosas arbóreas, encontraron especies que contenían de la **fracción A** hasta 36.37% seguida de un 34.75%, sin embargo el promedio fue 25.77%, similar al de la presente investigación.

En la **fracción B1**, se obtuvo una diferencia muy grande respecto a algunas de las arbóreas evaluadas por aquel investigador en Colombia, ya que en la especie *T. gigantea* la cantidad fue 35.56%, seguida de *Guazuma ulmifolia* presentando un 32.95%, y su intervalo estuvo entre 8.07% y 35.56%, esa concentración difiere de la obtenida en la presente investigación ya que las tres especies manifestaron un intervalo entre 1.544% y 1.854%. En un trabajo realizado por Aviles, (2011) en el que determinaron la composición química de heno de *Cenchrus ciliaris* solo y

asociado a heno de hojas de *Griricidia sepium*, obtuvieron un resultado similar en la fracción B1 (1.13%) al de la presente investigación.

La **fracción B2**, de la proteína correspondiente a proteína verdadera lentamente degradable se obtuvo un rango de 31.058% a 32.565% con un promedio de 31.81%. En el trabajo de Chamorro, el valor más alto de esta fracción fue para la especie *E. cyclocarpum* (41.60%) mientras que para *Gliricidia sepium* obtuvo 34.95% valor similar al obtenido en el presente estudio (32.56 %). Seguramente estos valores están asociados con niveles bajos de taninos, que le permite a la fracción proteica mayor permanencia en el rumen. La proteína que se degrada lentamente proporciona aminoácidos y péptidos para el crecimiento microbiano y actúa como fuente de nutrientes sobrepasantes.

Cuadro 17. Fracciones de proteína como porcentaje de la proteína total en tres leguminosas tropicales

Especie	%PC	A	B1	B2	B3	C
Cocuite	20.39	25.895	1.854	32.565	24.522	15.105
Leucaena	20.15	26.948	1.752	32.159	23.325	15.732
Cratylia	17.87	25.406	1.544	31.058	24.622	17.236

En cuanto a la concentración de la **fracción B3** o proteína de sobrepaso, en el presente estudio se obtuvo un rango de 23.32% a 24.622%. En cambio en el estudio de Chamorro (2002) el mayor valor de la fracción B3 lo presentó *Morus tinctoria* 62.47%, y los menores valores estuvieron alrededor del que manifestó *T. gigantea* con un 23.8%, estos últimos fueron similares a los obtenidos en la presente investigación.

La **fracción C** o fracción indigestible en el presente estudio presentó valores entre 15.10% a 17.23% de la PC. En forma similar la cantidad registrada en la investigación efectuada por Chamorro, reportó valores entre 3.55 a 15.9%. En otro estudio realizado por Aviles, (2011) se reportaron valores más altos que fluctuaron entre 35.57% en heno de *Cenchrus ciliaris* sólo y 48% en raciones con este heno

asociado a heno de hojas de *Gliricidia sepium*, respectivamente, la explicación es que la fracción de proteína unida covalentemente a la lignina es mayor en las gramíneas que en las hojas de las leguminosas.

4. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se desarrolló la presente investigación se comprobó que la proteína cruda y las fracciones: A, B2 y B3 de la proteína en las leguminosas introducidas a Paso del Toro, Veracruz, se modifican de acuerdo a la especie de la leguminosa, época del año y edad al corte.

En cuanto a especie *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala* presentaron mayores concentraciones de PC, Fracción A, B1, B2, y B3, con respecto a *Cratylia argétea*, mientras que para la Fracción C fue similar la concentración entre las tres especies.

La época del año produjo modificaciones en la concentración de PC y fracciones B2, B3 y C, pero este efecto no fue así en las fracciones A y B1 de la proteína principalmente por cambios en las características morfológicas manifestados durante la época de lluvia

El incremento de la edad de rebrote al corte produjo efecto lineal de disminución en el contenido de PC y las fracciones A, B3 y C; en la fracción B1 el efecto de disminución fue cuadrático; en cambio, la fracción B2 manifestó efecto lineal de aumento al incrementarse la edad de las leguminosas.

Recomendaciones.

Se reconoce que la edad y la época son algunos de los factores que influyen más sobre la calidad del forraje. Por tanto el registro y conocimiento de la variación en el contenido de proteína cruda y las fracciones de la proteína generada a través de la presente tesis, permite decidir el momento preciso en que han de ser cortadas esas leguminosas forrajeras. Lo anterior es un factor clave para la implantación de prácticas sostenibles de manejo en las leguminosas introducidas a las granjas pecuarias que son, por mucho, la principal fuente de nutrientes para los rumiantes en el trópico.

Utilizar los pastos y los forrajes en su momento adecuado es una de las tareas que deben cumplir con rigor los ganaderos actuales para obtener buenas producciones, tanto en los animales, como en sus áreas explotadas. Este conocimiento, como todos los demás que se puedan generar acerca de los forrajes, contribuirá a un uso más eficiente de este importante recurso de los sistemas de producción animal.

Las leguminosas arbóreas principalmente por su aporte de proteína ofrecen una solución a bajo costo para proporcionar proteína de sobrepaso (fracción B3), adicionalmente las especies evaluadas son altamente productivas y son recursos perennes. En la mayoría de las situaciones en nuestro país la ventaja de utilización de proteína protegida naturalmente se relacionan con la mayor eficiencia en la utilización de nutrientes absorbidos y fundamentalmente el incremento en el consumo voluntario de materia seca. Conocer la proporción de cada fracción ayuda a mejorar el manejo de la alimentación del ganado, a tener más fundamentos para convencer al productor de que estas alternativas dan buenos resultados.

Por lo tanto la utilización de las leguminosas forrajeras es una excelente alternativa para el productor, para el ganado y para el medio ambiente por todas las ventajas que ofrecen estas leguminosas, y que actualmente no son llevadas a cabo o es muy escaso el establecimiento de estos recursos naturales en los sistemas de pastoreo.

5. REFERENCIAS:

- Améndola et al. (2005). Perfiles por país del recurso pastura/forraje. FAO. Disponible en línea : http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/spanishtrad/Mexico_sp/Mexico_sp.htm (Consultado 22-06-2014)
- AOAC. Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists. (1990). 15th ed. Method 954.01. USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Araque C et al. (2006). Bromatología del mataratón (*Gliricidia sepium*) a diferentes edades de corte en Urachiche, estado Yaracuy, Venezuela . Zootecnia Tropical, pp. 393-399. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692006000400001&script=sci_arttext (Consultado 15-04-2014)
- Argel, J.P y Lascano, E.C. (1999). *Cratylia argentea*: Una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. FAO. Memorias de una conferencia electrónica. Disponible <http://www.fao.org/docrep/014/x1213s/x1213s.pdf> (Consultado 20-03-2014).
- Arreaza et al. (2002). Nutrición y alimentación de bovinos en el trópico bajo colombiano. Manual técnico. Corpoica. Disponible en: <https://books.google.com.mx/books> (Consultado 10-06-2014)
- Aviles, N.J.N. (2011). Estudio de la digestibilidad *in vivo* de *Cenchrus ciliaris* con tres porciones de *Gliricidia sepium* henificado. Tesis de licenciatura. México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barnes, F.R. (2007). Forages: The science of grassland agriculture. Vol II. 6a ed. USA : Blackwell publishing. pp.191-200
- Blanco et al. (2012). Introducción a la zootecnia. Capitulo 3: Zootecnia de bovinos productores de leche. FMVZ. UNAM. Segunda edición. D.F. pp: 88-94.
- Botero, R. y Russo, O.R. (1988). Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. Memorias electrónicas de la FAO “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica”. Disponible en: <http://www.fao.org/Ag/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/Botero8.htm> (Consultado 14-05-2014)

- Castañeda, M.O.G y Lagunes, L.J. (2000). “Sistema de producción de doble propósito”, en Memorias del Primer Congreso de Actualización de Prácticas Pecuarias del Trópico, Instituto Veracruzano para el Desarrollo Rural, Boca del Río, Veracruz, México, agosto de 2000, pp. 81-94.)
- Camero, R.A y Ibrahim, M. (1995). Bancos de proteína de poró (*Erythrina berteroana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*). Agroforestería de las Américas. No. 8. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-x6307s.pdf>
- Cardozo, V.J.V. (2013). El Matarraton (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de rumiantes. Monografía para obtener el grado de especialización. Bogotá. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Disponible en: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/1076/1/93117211.pdf> (Consultado 23-01-2015)
- Castillo et al. (2013). Rendimiento total de materia seca y calidad nutritiva de hojas y tallos jóvenes de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* en el trópico húmedo de Veracruz, México. Avances en investigación agropecuaria. Disponible en: www.redalyc.org/articulo.oa?id=83725698005 (Consultado 10-05-2014)
- CATIE. (1991). *Leucaena leucocephala* (Lam. De Wit) especie de árbol de uso múltiple en América central. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A4245E/A4245E.PDF> (Consultado 5-05-2014)
- Chamorro, V.D. (2002). Importancia de la proteína en la nutrición de rumiantes con énfasis en la utilización de proteínas de especies arbóreas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Colombia. Seminario-Taller Internacional sobre Manejo de la Proteína en Producción de Ganado Bovino. Disponible en: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201506/EXE%20NUTRICION/496d706f7274616e6369615f64655f6c615f70726f7465c3ad6e615f656e5f6c615f6e757472696369c3b36e5f64655f72756d69616e746573.pdf> (Consultado 15-01-2015)
- Church, D. C y Pond, W. G. (2006). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Limusa, Wiley. México. D.F. 41-50, 345- 346.
- Cochran, W.G y Cox, F.M. (1992). Experimental Designs. 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- CONABIO. (2010). Vegetación potencial y uso del suelo. Disponible: <http://www.maph49.galeon.com/biodiv1/t3.html>. (Consultado 13-03-2014)

- CATIE. (1991). *Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers, especie de árbol de uso múltiple en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico: 180. Turrialba, Costa Rica. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A4105e/A4105e.pdf> (Consultado 23-05-2015)
- Cruz, J. (2008). El establecimiento y manejo de leguminosas arbustivas en bancos de proteína y sistemas en callejones. CATIE. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A2693E/A2693E.PDF> (Consultado 29-04-2014)
- Delgado, H. y Ramírez, L. (2008). Capítulo XXXII. Desarrollo sostenible de la ganadería de doble propósito. Árboles y arbustos forrajeros como alternativa alimenticia para la ganadería bovina y su impacto sobre la productividad animal. Pp 385-396. Disponible en: http://www.avpa.ula.ve/libro_desarrollোসost/pdf/capitulo_32.pdf (Consultado 28-04-2014)
- Enríquez et al. (2003). Técnica Pecuaria México. Densidad de siembra y frecuencias de corte en el rendimiento de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en el sur de Veracruz.; Disponible en : <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200303285853.pdf> (22-02-2015)
- Financiera Rural. (2012). Monografía de carne de bovino. Disponible en : <http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaCarneBovino%28feb2012%29.pdf> (Consultado 15-04-2014)
- FIRA. (2010). Panorama Agroalimentario. Carne de Bovino. Disponible en: <http://www.corraldeengorda.com.mx/download/panorama-bovino-carne-2010.pdf> (Consultado 14-04-2014)
- Flores, L.Z. (2013). Evaluación nutricional de pastos tropicales según la estructura del CNCPS. Tesis de licenciatura. México, Veracruz. Universidad Veracruzana. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/33740/1/lazarinflores.pdf> (Consultado 06-02-2014)
- Francisco, G. ; Hernández, I. (1998). *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth. y Walp., árbol multipropósito para una ganadería sostenible.
- Franco, et al. (1998). Degradabilidad ruminal in situ y solubilidad de la proteína de rebrotes de *cratylia argentea* de diferentes edades. Disponible en: <http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6319S/X6319S00.HTM> (Consultado 14-03-2014)

- Gallardo, N.J I. (2006). Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México. Coordinación General de Ganadería. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg> (consultado 07-04-2014)
- Guada, J. A. (1996). Características del sistema de Cornell (CNCPS) como modelo de valoración proteica y energética para rumiantes. XII Curso de Especialización FEDNA, Madrid, 7. Disponible en línea: http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Sistema_Cornell.pdf (Consultado 20-05-2014)
- Harricharan, H y Morris, J. (1988). Mineral content of some tropical forage legumes. *Trop. Agric. (Trinidad)*. 65(2):32-136
- InfoAserca. (2010). Claridades Agropecuarias. No. 207. Disponible: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207.pdf> (Consultada 5-04-2014)
- InfoAserca. (2010). El mercado ganadero internacional. Ficha técnica 32. Disponible en línea: <http://www.infoaserca.gob.mx/fichas/ficha32-GanadoBovino201009.pdf> (Consultada 05-04-2014)
- Juárez, H.J.; Bolaños, A.E. (2007). Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. Vol. 23, núm. 1. INIFAP. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15423109> (Consultado 05-02-2015)
- Krishnamoorthy et al. (1982). Energy and protein evaluation of tropical feedstuffs for whole tract and ruminal digestion by chemical analyses and rumen inoculum studies in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 52(3), 177-188.
- Lagunes R. y Sergio, A. (2011). Evaluación productiva y de calidad de leguminosas tropicales en el estado de Puebla. Disponible en: <http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/539> (Consultado 06-02-2015)
- Licitra, G.; Hernandez, T. M.; Van Soest, P. J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57(4), 347-358.
- López, G. I. (2000). Producción, manejo y conservación de forrajes tropicales. Memorias del Primer Congreso de Actualización de Prácticas Pecuarias del Trópico, Instituto Veracruzano para el Desarrollo Rural, Boca del Río, Veracruz México, pp. 57-80.

- Montero, L.M.; Enríquez, Q.J.F. y Juárez, L.F. (2014). Fracciones de carbohidratos y proteínas en leguminosas arbustivas tropicales. INIFAP.
- Palma, J.M. (2005). Los árboles en la ganadería del trópico seco. Avances en investigación agropecuaria. Vol. 9, núm, 1. Universidad de Colima. Disponible en: http://bvirtual.ucol.mx/descargables/880_los_arboles_en_la_ganaderia_del_tropico_seca.pdf (Consultado 05-04-2014).
- Parrotta, J. A. (1992). *Leucaena Leucocephala* (Lam.) de Wit-Leucaena, Tantan. USDA, Servicio Forestal, Estación Experimental Forestal del Sur. Disponible en: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Leucaenaleucocephala.pdf> (Consultado 23-05-2015)
- Pizarro, E. A. (2005). Especies arbustivas, gramíneas y leguminosas para el trópico americano. Memorias del IX Seminario de pastos y forrajes. Disponible en línea: http://www.avpa.ula.ve/eventos/ix_seminario_pastosyforraje/TiraConferencias.htm (Consultado 21-04-2014)
- Rodríguez, I. (2011). Estrategia de alimentación para bovinos en el trópico. Mundo pecuario. Vol. 7. No. 3. Disponible en línea: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/33777/1/articulo6.pdf> (Consultado 03-04-2014)
- Roman, P.H. (1981). Potencial de producción de los bovinos en el trópico de México. Revista: Ciencia Veterinaria. Vol. 3. Disponible en línea: <http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol3/CVv3c12.pdf> (Consultado 06-05.2014)
- Romero, L.C.E. (2000). Efecto del pastoreo con ovinos sobre las concentración de taninos condensados en *Gliricidia sepium*(Jacq) Walp en el Trópico seco. Tesis de licenciatura. Colima, Col. Universidad de Colima. Disponible en línea: http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Claudia%20Elena%20Romero%20Lara.pdf (Consultado 06- 05-2015)
- SAGARPA. (2003). Sistemas productivos de carne. Disponible en : <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/ganaderito/sistprodres.htm> (Consultado 13-03-2014)
- Sánchez, A. (2005). Leguminosas como potencial forrajero en la alimentación bovina. Revista de difusión de tecnología agrícola y pesquera del

FONAIAP, Colección N.50. Disponible:
http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd50/leguminosas.htm (Consultado 5-03-2014).

- SEMARNAT. (2012). Zonas ecológicas. Disponible en: <http://www.inecc.gob.mx/con-eco-ch/387-hc-zonas-ecologicas> (Consultado 21-04-2014)
- Sosa et al. (2008). Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. Técnica Pecuaria en México, vol. 46, núm. 4. INIFAP. pp. 413-426 Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/613/61346406.pdf> (Consultado 04-04-2015)
- Corpoica. (2013). Leucaena, Acacias forrajera. Sistema de toma de Decisión para la selección de especies Forrajeras. Disponible en: http://www.corpoica.org.co/NetCorpoicaMVC/STDF/Content/fichas/pdf/Ficha_8.pdf (Consultado 20-01-2015)
- Torres, R.JA. (2008). Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles en la producción ovina. (memorias), II Congreso Rentabilidad de la ganadería Ovina, Queretaro, Qro. Disponible en http://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/AGRARIAS_7/AGROFORESTERIA/RENTABILIDAD.pdf (Consultado 23-05-2015)
- Valles-De la Mora, et al. (2014). *Cratylia argentea*: Un arbusto forrajero potencial en sistemas silvopastoriles, rendimiento y calidad de accesiones según las edades de rebrote y estaciones climáticas. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol.20, núm. 2, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.
- Vargas, S. J. E; Estrada, A.J.(2011). Evaluación de la producción y la calidad nutricional de cinco especies forrajeras (arbustivas y arbóreas) para corte en condiciones de bosque seco tropical. Colombia. *Vet Zootec*. 5(2):55-6. Disponible: http://200.21.104.25/vetzootec/downloads/MVZ5%282%29_5.pdf (Consultado 15-01-2015)
- Villanueva, A. (2004). Establecimiento y manejo de praderas irrigadas tropicales. Folleto técnico. COFUPRO. INIFAP. Disponible :

http://www.cofupro.org.mx/cofupro/proyectos_agricola.php (Consultado 5-03-2014)

- Vizcaino, et al. (2001). Asociación de *Gliricidia sepium* con gramíneas y leguminosas en el trópico seco de México. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 35, núm. 2, pp. 175-181, Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193018220014.pdf> (Consultado 04-04-2014)