
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología INFORME FINAL



1. Datos generales

Clave del proyecto de investigación:

00 – 01 – 012 – V

Título del proyecto de investigación

Evaluación del valor nutricional de leguminosas tropicales para bovinos de doble propósito

Director del proyecto

MC. Jorge L. Contreras Jácome

Institución

Universidad Veracruzana

Dependencia

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

2. Resumen del proyecto

El presente trabajo determinó el valor nutricional de leguminosas tropicales para bovinos de doble propósito en el Estado de Veracruz, mediante el análisis químico de sus fracciones nutritivas, y utilización de un modelo computacional de simulación para predecir los valores de energía y proteína metabolizables para producir leche. Siete leguminosas tropicales: *Arachys pintoi* (Cacahuatillo), *Pueraria phaseoloides* (Kudzu), *Flemigia* (Flemigia), *Cratylia argentea* (Cratylia), *Zornia* (Zornia), *Gliricidia sepium* (Cocoite), *Leucaena leucocephala* (Leucaena); a cuatro edades de corte (44, 61, 101 y 162 días), en la zona centro del Estado de Veracruz fueron evaluadas. El estudio se condujo en la Posta Zootécnica "Torreón del Molino" de la Universidad Veracruzana, con la colaboración del Laboratorio de Nutrición Animal del C.E. La Posta-INIFAP y del C.E. Playa Vicente-INIFAP, y del apoyo financiero parcial de CONACYT-SIGOLFO. Las leguminosas fueron cultivadas en parcelas de 2x5 m; al inicio del experimento todas fueron uniformizadas con un corte. A los 44, 61, 101 y 162 días de edad al rebrote, las hojas de las leguminosas fueron cortadas para la toma de muestras para los análisis de laboratorio y determinación de rendimiento. Después de finalizado el periodo de corte, las parcelas se uniformizaron nuevamente, con lo cual se repitió el muestreo con la misma frecuencia de corte. Se hicieron determinaciones de materia verde (MV/kg/ha), materia seca (MS/kg/ha), cenizas, Extracto etéreo, fracciones de Nitrógeno (N total, N no protéico, N soluble, N en FDN y N en FDA), fracciones de fibra (Fibra detergente neutro, Fibra detergente ácido y Lignina), y estimación de Energía y Proteína Metabolizables para vacas de doble propósito. Además se hicieron determinaciones de digestibilidad *in vitro*. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial 7x4x2 para determinar los efectos de especie, edad al corte y réplica. Los contrastes entre los factores fueron estimados usando la prueba de Tukey.

Resultados. Las variedades de *Cratylia* y *Zornia* destacan por rendimientos de más de 3,000 kg/ha de Materia Seca. Los porcentajes de proteína cruda van de 14.5% para *Zornia* hasta 21.0% para *Leucaena*, los demás promedian 16.8%. El contenido de FDN, agrupa a las leguminosas en altas y bajas en FDN. *Arachys*, *Gliricidia* y *Leucaena* tienen 40%, y *Cratylia*, *Flemigia*, *Kudzu* y *Zornia* contienen 50%. La cantidad de FDN no cambia con la edad. No obstante, la FDA sufre un dramático incremento asociado a una lignificación de la misma. Así mismo, la DIVMO disminuye 11.2 puntos porcentuales de los 44 a los 101 días al corte. *Leucaena* destaca por contener más de 20% de proteína cruda y *Zornia* no llegó al 15%. En general, se encontró que la fracción A representa el 21%, la B₁+B₂ el 22%, la B₃ el 45%, y la fracción C el 12% de la proteína cruda. Cabe destacar que casi el 50% de la proteína está en la fracción de lenta solubilidad (B₃), y que existen marcadas diferencias en la distribución de las fracciones por especie. La edad al corte estadísticamente ($P < 0.05$) no modifica las fracciones proteicas. Las leguminosas pueden sustituir al pasto hasta en un 30 – 40% para cubrir el déficit de proteína. *Gliricidia*, *Leucaena*, *Kudzu* y *Arachys*, tienen potencial para producir más de 10 kg de leche/día. Sin embargo, las leguminosas de nueva introducción como *Cratylia*, *Flemigia* y *Zornia* nutricionalmente no tienen el potencial para superarlas. La edad al corte no influye sobre el valor nutricional de las leguminosas. Se concluye que el valor nutricional de las leguminosas evaluadas para vacas de doble propósito de mayor a menor va para *Gliricidia*, *Leucaena*, *Kudzu*, *Arachys*, *Cratylia*, *Zornia* y *Flemigia*.

3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

3.1 Metas y objetivos alcanzados

OBJETIVOS	METAS	LOGROS
Determinar las fracciones protéicas A, B1, B2, B3 y C de 10 leguminosas en 4 edades al corte	Contar con una publicación técnica para profesionistas (tesis de maestría) que describa las características protéico-nutricionales de las 10 leguminosas en estudio y recomendaciones de su uso en la alimentación del ganado de doble propósito.	Se logró conocer que las leguminosas estudiadas en general tienen 17% de Proteína y que de esa proteína, el 21% es A, el 22% es B1+B2, el 45% es B3, y el 12% es fracción C.
Determinar las fracciones de fibra de 10 leguminosas en 4 edades al corte		Se logro conocer que estas leguminosas en general tienen 46.3% de FDN, 30.0% de FDA, y 9.4% de Lignina.
Conocer el valor de Total de Nutrientes Digestibles (TND) de 10 leguminosas en 4 edades al corte. Asi como también los valores de energía y proteína metabolizables para producir leche		El contenido de TND resulto ser en promedio de 65.1%
Conocer el contenido de taninos de 10 leguminosas en 4 edades al corte		No se pudieron hacer las determinaciones de taninos por recorte en el presupuesto programado.

3.2 Contribución técnica del proyecto, la cual fue alcanzada según lo programado

- a) Se lograron montar satisfactoriamente las técnicas para medir fracciones de Nitrogeno; con este procedimiento de laboratorio se podran describir mejor el valor nutricional de las proteínas de las leguminosas tropicales. Dicha técnica se describe en el manual de laboratorio.
- b) Se tiene información de las fracciones de proteína de 7 leguminosas tropicales en 4 edades al corte, además de datos sobre composición química nutricional: Fracciones de Fibra, Cenizas, Extracto Etereo, TND y Potencial de producción de leche; con el objetivo de tener un mejor conocimiento de su valor nutritivo.
- c) No se pudo cumplir con el compromiso de determinar Taninos en las leguminosas por recorte en el presupuesto autorizado.

3.3 Productos de la investigación

PRODUCTOS DE INVESTIGACION	MEDIO DE TRANSFERENCIA
Grado de Maestro en Ciencias a obtener en Mayo del 2004	Tesis de Maestría
Conocimiento de las fracciones de proteína y valor nutricional de las leguminosas en estudio	1 Folleto Técnico (Junio 2004) 1 Manual de laboratorio (Junio 2004) 1 Resumen nacional (Por confirmar, 2004) 1 Trabajo en extenso (Veracruz, 2004) 1 Artículo científico (Diciembre, 2004)

3.4 Productos de la investigación comprometidos, los cuales fueron generados en su totalidad

- a) Una tesis de Maestría titulada “Evaluación del valor nutricional de leguminosas tropicales para bovinos de doble propósito”. Entrega Mayo del 2004.
- b) Un manual de laboratorio con la descripción de la técnica, titulado “Técnicas de Laboratorio para Medir Fracciones de Nitrogeno en Forrajes”. Entrega Junio del 2004
- c) Un folleto técnico que contiene las tablas de composición nutricional y las fracciones de proteína. Entrega Junio del 2004.
- d) Material audiovisual sobre evaluación del valor nutritivo de leguminosas tropicales el cual es utilizado en las cátedras de las materias de Bromatología Zootécnica y Nutrición Animal de la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UV.

3.5 Formación de recursos humanos

Con el producto generado por la investigación se titulara con grado de M en C el MVZ. Francisco Alpírez Mendoza.

3.6 Colaboración interinstitucional y multidisciplinaria

En la realización de este proyecto, participaron: El Consejo Nacional de Ciencia Tecnología (FOSIGOLFO), La Universidad Veracruzana, El C.E. La Posta – INIFAP y el C.E. Playa Vicente - INIFAP.

Aportaciones

CONACYT

Aportaciones económicas; por un monto total de \$92,828.00; para la compra de artículos y materiales utilizados en la realización y escritura del presente proyecto.

C.E. La Posta- INIFAP

Aportaciones

Recursos Humanos.

Para el asesoramiento del proyecto participó: Una M en C en alimentos, responsable del laboratorio de nutrición animal; Maribel Montero Lagunes.

Recursos en especie. Una vaca con fístula ruminal y su alimentación.

Utilización del laboratorio de nutrición animal

C.E. Playa Vicente – INIFAP

Aportaciones

Jardin de Leguminosas:

En dicho Campo Experimental se tiene establecido un jardin de introduccion de nuevas leguminosas del cual se colectaron las muestras para el experimento

Universidad Veracruzana

Recursos Humanos.

Un MVZ como director del proyecto de investigación. MVZ. Jorge L. Contreras Jácome.

Un Doctorado en Ciencia Animal, como colaborador del proyecto y asesor de tesis de Maestría: Francisco I. Juárez Lagunes.

Un estudiante de la Maestria en Ciencia Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Veracruzana: Francisco Alpirez Mendoza.

El Laboratorio de Nutricion Animal de la Facultad de medicina Veterinaria y Zootecnia ubicado en la posta zootecnica “Torreon del Molino”.

Recursos en especie

Equipo de cómputo, herramientas y accesorios, trabajador de campo, pasajes y viáticos.

4. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN EN LOS SECTORES USUARIOS

4.1 Productos de la investigación transferidos a los usuarios

A partir de Mayo de 2004 se iniciaría la transferencia de los productos de la investigación.

- a) Conocimiento del efecto de la especie y edad al corte sobre el valor nutritivo de 7 leguminosas tropicales del Estado de Veracruz.
- b) Técnicas de laboratorio para medir fracciones de Nitrogeno de forrajes tropicales.
- c) Tablas de composición nutricional de leguminosas tropicales para Veracruz.
- d) Material audiovisual sobre evaluación del valor nutritivo de leguminosas tropicales.

4.2 Mecanismos de transferencia utilizados

- a) Tesis de Maestría
- b) Manual de laboratorio
- c) Folleto técnico
- d) Cátedras de Bromatología y forrajes tropicales en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, U.V.
- e) Presentación del trabajo en la Reunión Científica-Tecnológica-Forestal y Agropecuaria en Veracruz, Ver., del 2004.
- f) Presentación del resumen en la Reunión Nacional de Investigación Pecuaria del 2004.
- g) Artículo científico en la revista Técnica Pecuaria en Mexico

4.3 Beneficio potencial del proyecto

Con la información generada en este proyecto es posible ajustar nuestros sistemas de alimentación utilizando como alternativa de suplementación las leguminosas que se evaluaron en este estudio, con lo cual se puede mejorar la aportación proteica en la dieta del ganado, al utilizar estos forrajes en su punto óptimo; con el consecuente ahorro de concentrados.

4.4 Compromisos asumidos por los usuarios

Utilización de la información generada por este proyecto de investigación tanto por la Institución de enseñanza (UV) como las Asociaciones de productores, para mejorar la alimentación animal en sus sistemas de producción.

Utilizar la metodología para determinar las fracciones de Nitrogeno, y ser montada en laboratorios de nutrición animal de otras Instituciones.

4.5 Observaciones a la evaluación de los usuarios

Se observa poco involucramiento de los usuarios; sin embargo se le atribuye a que aún falta darle la difusión correspondiente a los resultados del proyecto de investigación.

5. APLICACIÓN DE LOS RECURSOS FINANCIEROS

5.1 Resumen financiero

5.2 Resumen de aportaciones complementarias

6. RECOMENDACIONES

6.1 Para la implantación de las acciones derivadas de la investigación

La información generada por este proyecto de investigación es de gran importancia y será muy valiosa cuando se utilice en los sistemas de producción de rumiantes, con la cual se dirigirán los programas de alimentación de una forma más eficiente. Es necesario que el productor pecuario de la rama bovina, dirija su explotación bajo conceptos empresariales adaptados a sus recursos, con una proyección a corto y mediano plazo. Reconocer también que para la correcta aplicación de los resultados aquí obtenidos, es necesario un proceso de educación dirigido hacia el correcto manejo de los pastos (sistemas de pastoreo, fertilización, control de malezas) y del ganado (lotificación por etapa productiva, función Zootécnica), para que se pueda recomendar el uso de las leguminosas de manera satisfactoria.

6.2 Para la difusión de los resultados.

Se les hará llegar a las siguientes Instituciones y organizaciones la información generada.

1. Las organizaciones ganaderas locales del estado de Veracruz, conglomeradas en las Uniones Regionales Ganaderas de La Zona Norte, Centro y Sur del mismo estado.
2. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootécnica de Tuxtla, Ver., UV.
3. Facultad de Agronomía de la región de Córdoba, Ver., UV.
4. Instituto Tecnológico Agropecuario de Úrsulo Galván, Ver.
5. Facultad de Sistemas Agropecuarios UV.
6. INIFAP.

7. Anexos

ANEXO 1	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
ANEXO 2	TECNICAS DE LAB. PARA FRACCIONES DE NITROGENO
ANEXO 3	RESUMENES FINANCIEROS
ANEXO 4	EVALUACION DE LOS USUARIOS

Anexo 1

Presentación detallada de la información complementaria o de soporte que se consideró necesaria incluir para cumplir con el objeto del informe

Sitio experimental, clima y suelo

El estudio se condujo en la Posta Zootécnica “El Torreón del Molino” de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia- U.V.; con la colaboración del Laboratorio de Nutrición Animal del Campo Experimental “La Posta” del INIFAP, y del jardín de introducción de nuevas leguminosas del Campo Experimental Playa Vicente del INIFAP.

La región tiene un clima tropical subhúmedo tipo Aw₁ (García, 1973). De acuerdo a los registros del Centro de previsión del Golfo Veracruz, la precipitación promedio anual fue de 1728 mm con una estación lluviosa de Junio a Noviembre. La temperatura promedio anual fue de 25°C con un máximo de 35°C y un mínimo de 15°C y una fluctuación estacional de 3°C. La humedad relativa fue de 81%. El principal fenómeno meteorológico son los vientos huracanados del norte durante los meses de Octubre a Marzo, con rachas de hasta 100 km/h. El suelo está clasificado como Arenosol, predominantemente arenoso con más de 15 % de arcilla. El pH del suelo está entre 5.4 y 5.6 con el 1.15 % de materia orgánica (Castillo, 2000) y el contenido de NO₃ en promedio es de 9.5 ppm.

7.1.3 Parcelas experimentales y método de muestreo

Las especies de leguminosas, *Arachys pintoi* (Cacahuatillo), *Pueraria phaseoloides* (Kudzú), *Flemigia* (Flemigia), *Cratylia argentae* (Cratylia), *Zornia* (Zornia), *Gliricidia sepium* (Cocoite), y *Leucaena leucocephala* (Leucaena), fueron seleccionadas debido a que ellas están siendo actualmente introducidas al campo veracruzano y se desconocen sus características nutritivas bajo nuestras condiciones. Las leguminosas fueron establecidas en parcelas con dimensiones de 2 x 5 m. Al inicio del experimento todas las parcelas fueron uniformizadas. Después de 44, 61, 101 y 162 días al rebrote, las hojas de las leguminosas fueron cortadas. El primer periodo muestreo comprendió de Junio a Diciembre del 2002, y el segundo de Agosto del 2002 a Febrero del 2003. Al momento del corte se determinó materia verde (ton/ ha) utilizando una regla de 1.0 m de largo y cortando las hojas contenidas en un área de un metro cuadrado. Se tomó una muestra de 250 g para secar a 100°C durante 24 h para determinar Materia Seca, y se tomaron además muestras de 500 g las que se secaron a 55°C durante 48 h para posterior análisis de laboratorio.

7.1.4 Análisis de Laboratorio

Todas las muestras fueron molidas en un molino Wiley utilizando una malla de 1 mm (Arthur H. Thomas Co. Philadelphia, PA. Modelo 4). Procedimientos estándar del AOAC (1990) fueron usados para medir Materia Seca, Cenizas, y Extracto Etereo. Proteína Cruda y fracciones de Nitrogeno utilizando el macrokjeldahl. Las fracciones de fibra por el sistema detergente de Van Soest, la digestibilidad *in vitro* se llevo a cabo mediante la técnica descrita por Pell y Schofield (1993).

7.1.5 Fracciones de Nitrogeno. (Consultar ANEXO 2 para mayor descripción de la técnica)

Para las digestiones *in vitro* se utilizó el amortiguador fosfato-bicarbonato de Goering y Van Soest (1970). El medio de cultivo fue hervido para remover gases en disolución, se dejó enfriar a 39°C, se le agregó cisteína (0.625 mg/ml), y el pH se ajustó a 6.8 en caso de que fuera necesario. El sulfato de sodio fue reemplazado por una cantidad igual de cloruro de cisteína. El líquido ruminal se colectó aproximadamente 6 h después de haber alimentado a una vaca no lactante Suizo Pardo mantenida en pastoreo consumiendo pasto Estrella de Africa (*Cynodon plectostachyus*) y suplementada con concentrado comercial para ganado lechero. Al inicio de la fermentación, cada frasco de 120 ml, contenía 2 ml de agua destilada, 14 ml de medio de cultivo, 4 ml de líquido ruminal y 200 mg de muestra de la leguminosa en estudio.

El tiempo de incubación para determinar la desaparición de materia seca o paredes celulares fue a las 48 h. La FDN residual (Pell y Schofield, 1993) fue determinada en ese punto con el cual se estimó la digestibilidad *in vitro* en porcentaje para cada una de las leguminosas en cada corte. La digestibilidad verdadera de la materia organica se considero como equivalente a TND (total de nutrientes digestibles)

7.1.6 Análisis Estadísticos

Para el análisis estadístico de la información se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con un arreglo factorial 7X4X2, para determinar los efectos de especie, edad al corte y réplica. Los contrastes entre los factores estimados se determinaron usando el procedimiento de Tukey.

El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ij} = M + E_i + C_j + R_k + EC_{ij} + E_{ijk}$$

En donde:

M = Es la media poblacional

E_i = Efecto de iésima especie

C_j = Efecto del jésimo corte

R_k = Efecto de la késima réplica

EC_{ij} = Efecto de la interacción de la iésima especie en el iésimo corte

E_{ijk} = El error experimental

Por otro lado, el rendimiento de las leguminosas se estimó utilizando los valores de produccion de materia verde, materia seca y materia orgánica en cada corte. Los análisis estadísticos fueron obtenidos usando el programa Minitab, Versión 12 (Minitab Inc., State College, Pa. USA)

8. RESULTADOS Y DISCUSION

8.1. Rendimiento en produccion de hoja de las leguminosas en estudio, por especie.

Los resultados de rendimiento (kg/ha) se muestran por especie en el cuadro 1. Las variedades de *Cratylia* y *Zornia* presentan los valores mas altos de producción de materia verde, materia seca y materia organica. Destacan particularmente por rendimientos de mas de 3,000 kg/ha de Materia Seca. La leguminosa que mostro los rendimientos mas bajos fue el kudzu con producciones de materia seca tan solo de 827 kg/ha. Cabe reiterar que solo se cosecharon las hojas. Las demas leguminosas lograron producciones intermedias alrededor de los 1753 kg/ha.

Cuadro 1. Producción de forraje verde, seco, y orgánico por leguminosa

Leguminosa	MV, kg/ha	MS, kg/ha	MO, kg/ha
<i>Arachys</i>	7976.3 ^{ab}	1748.4 ^{ab}	1615.7 ^{ab}
<i>Gliricidia</i>	5190.3 ^{ab}	1702.3 ^{ab}	1541.5 ^{ab}
<i>Cratilya</i>	12203.7 ^a	3423.2 ^a	3114.5 ^a
<i>Flemigia</i>	5771.9 ^{ab}	1691.2 ^{ab}	1606.8 ^{ab}
<i>Kudzú</i>	3905.5 ^b	827 ^b	785.7 ^b
<i>Leucaena</i>	6623.2 ^{ab}	1870.2 ^{ab}	1724.1 ^{ab}
<i>Zornia</i>	12506.5 ^a	3272.3 ^a	3147 ^a
Dev Std	967.09	524.89	483.05

8 observaciones x leguminosa. Distinta literal por renglón muestra diferencia estadística ($P<0.05$)

¹MV=Materia verde; MS=Materia seca; MO=Materia orgánica; Dev Std=Desviacion Estandar

8.2. Rendimiento de las leguminosas en estudio por edad al corte.

El rendimiento de un forraje está relacionado directamente con el crecimiento de la planta. En el cuadro 2, se aprecia como se incrementa en forma sostenida la producción de materia seca, de 1,023 a 3,086 kg/ha por corte de los 44 a los 162 días. La tendencia es similar para materia organica ya que el contenido de cenizas no cambia con la edad al corte. Sin embargo, la magnitud del incremento es diferente para materia verde debido a que el contenido de materia seca (%) cambia con la edad (ver cuadro 4).

Cuadro 2. Producción de forraje verde, seco, y organico de las leguminosas por edad al corte

Edad,d	MV, kg/ha	MS, kg/ha	MO, kg/ha
44	4,020.9 ^b	1,023.6 ^b	950.5 ^a
61	8,116.4 ^{ab}	1,788.4 ^{ab}	1,662.7 ^{ab}
101	8,579.7 ^{ab}	2,407.3 ^{ab}	2,239.3 ^{ab}
162	10,241.4 ^a	3,086.3 ^a	2,881.8 ^b
Dev Std	1,486.98	396.78	365.15

14 observaciones x edad. Distinta literal por renglón muestra diferencia estadística ($P<0.05$)

¹MV=Materia verde; MS=Materia seca; MO=Materia orgánica; Dev Std=Desviacion Estandar

Los contenidos de materia seca (%) de las leguminosas son diferentes (Cuadro 3) esto quiere decir que una son mas suculentas que otras. Las leguminosas rastreras Arachys y Kudzu tienen menor contenido de MS (alrededor de 21%) mientras que las arbustivas Gliricidia y Leucaena tienen los valores mas altos (aproximadamente 30% MS). Gliricidia y Cratylia contienen la mayor cantidad de cenizas (9.5%), y Kudzu y zornia tienen las menor cantidad (4%). El contenido de cenizas repercute en las cantidades de materia organica.

Los porcentajes de proteína cruda estan en los rangos reportados por la literatura y van de 14.5% para Zornia hasta 21.0% para Leucaena, los demas promedian 16.8%. El contenido de pared celular representada por la FDN, agrupa a las leguminosas aquí estudiadas en dos grupos: altas y bajas en FDN. Arachys, Gliricidia y Leucaena tienen 40% de FDN, y Cratylia, Flemigia, Kudzu y Zornia contienen 50% de FDN.

Cuadro 3. Composicion quimica nutricional por leguminosa

LEGUMINOSA	MS, %	PC, %	Cenizas, %	EE, %	FDN, %
<i>ARACHYS</i>	21.8 ^a	15.8 ^{bc}	7.9 ^{bc}	2.6 ^{bc}	40.4 ^a
<i>GLIRICIDIA</i>	33.4 ^c	17.8 ^b	9.5 ^c	5.2 ^a	40.4 ^a
<i>CRATYLIA</i>	25.8 ^{ab}	18.4 ^a	9.4 ^c	3.1 ^{bc}	47.6 ^b
<i>FLEMIGIA</i>	28.8 ^{bc}	15.8 ^{bc}	5.1 ^a	4.7 ^{ab}	54.7 ^c
<i>KUDZU</i>	20.8 ^a	16.1 ^{ab}	4.9 ^a	4.5 ^a	48.9 ^b
<i>LEUCAENA</i>	29.0 ^{bc}	21.2 ^a	7.5 ^b	3.7 ^{ab}	40.3 ^a
<i>ZORNIA</i>	27.5 ^{abc}	14.5 ^c	3.8 ^a	1.7 ^c	51.6 ^{bc}
Dev Std	1.2	0.59	0.4	0.4	1.041

La proporción de Materia Seca se incrementa debido a la edad asociado a un proceso de madurez que se refleja en un menor contenido de agua en la hoja. El cambio va de 22.5 a 30.3% de MS. La PC tiene un patrón de comportamiento inverso al crecimiento de la planta, es decir, disminuye con la edad, de 18.6% a los 44 días a 15.2% a los 162 días; causado esto por una menor actividad metabólica de la planta y por menor proporción de contenido celular que es donde se encuentra la mayor parte de la proteína de la planta. Aunque el contenido de FDN va asociado al crecimiento del forraje en el caso de las gramíneas, en leguminosas este efecto no es muy manifiesto, por lo tanto la FDN no cambia con la edad. Cenizas y Extracto Etereo tampoco cambian.

Cuadro 4. Composicion quimica nutricional por edad al corte

EDAD	MS, %	PC, %	FDN, %	Cenizas, %	EE, %
44	22.5 ^a	18.6 ^a	45.2 ^a	7.0 ^a	3.3 ^a
61	25.3 ^{ab}	17.5 ^a	45.6 ^a	7.2 ^a	3.5 ^a
101	28.8 ^{bc}	17.0 ^{ab}	46.9 ^a	6.8 ^a	3.9 ^a
162	30.3 ^c	15.2 ^b	47.3 ^a	6.5 ^a	4.0 ^a
Dev Std	1.2	0.45	0.79	0.29 ^a	0.3

En el Cuadro 5 se presenta la informacion correspondiente a las fracciones de fibra mas importantes desde el punto de vista nutricional, como se habia comentado en la discusion del Cuadro 3, hay leguminosas bajas y altas en FDN. La FDA no tiene tan marcada esta diferencia. Destacan la Leucaena y la Gliricidia por tener los valores mas bajos (17.8 y 24.3 respectivamente). Esta caracteristica debera impactar positivamente en el valor nutricional de estas leguminosas. El resto tienen en promedio 33.6%. Lignina es un factor de indigestibilidad de los forrajes, las nuevas variedades como Flemigia y Zornia presentan cantidades altas de lignina seguidas por Cratylia y Kudzu las mejores parecen ser las ya conocidas Arachys, Gliricidia y Leucaena. Esto se demuestra al observar los resultados de la digestibilidad in vitro de la materia organica (Cuadro 5) que reflejan la calidad de la fibra de las leguminosas, siendo la de mayor calidad el Arachys y la mas pobre la Flemigia. Zornia es un caso a observar ya que a pesar de mostrar alto contenido de fibra y lignina, su DIVMO resulto ser la mas alta. Mucho influye su bajo contenido de cenizas (Cuadro 3).

Cuadro 5. fracciones de fibra por especie de leguminosa

LEGUMINOSA	FDN,%MS	FDA,%MS	LIGNINA,% MS	DIVMO, %
<i>ARACHYS</i>	40.4 ^a	30.1 ^c	8.8 ^{ab}	75.3 ^{ab}
<i>GLIRICIDIA</i>	40.4 ^a	24.3 ^b	7.7 ^{ab}	69.7 ^b
<i>CRATYLIA</i>	47.6 ^b	31.1 ^c	9.8 ^b	54.0 ^c
<i>FLEMIGIA</i>	54.7 ^c	33.6 ^c	14.1 ^c	33.5 ^d
<i>KUDZU</i>	48.9 ^b	33.4 ^c	9.5 ^b	66.1 ^{bc}
<i>LEUCAENA</i>	40.3 ^a	17.8 ^a	6.0 ^a	72.5 ^{ab}
<i>ZORNIA</i>	51.6 ^{bc}	39.6 ^d	10.1 ^b	84.1 ^a
StDev	1.04	1.21	0.66	2.78

Al evaluar las fracciones de fibra por edad al corte (Cuadro 6), la cantidad de FDN no cambia como suele suceder en gramíneas en las que esta fraccion se incrementa con la edad. No obstante, la FDA sufre un dramático incremento conforme la leguminosa madura en parte asociado a una lignificación de la misma. Es decir, la cantidad de la fibra es la

misma pero su calidad disminuye. Como se demuestra con la DIVMO que disminuye 11.2 puntos porcentuales de los 44 a los 101 días al corte.

Cuadro 6. Fracciones de fibra por edad al corte

EDAD,d	FDN, %MS	FDA, %MS	LIGNINA, % MS	DIVMO, %
44	45.2 ^a	24.3 ^a	7.3 ^a	71.4 ^a
61	45.6 ^a	28.6 ^b	8.1 ^a	68.1 ^{ab}
101	46.9 ^a	32.1 ^c	11.3 ^b	60.2 ^b
162	47.3 ^a	34.9 ^c	11.1 ^b	60.6 ^b
Dev Std	0.97	0.91	0.50	2.1

La fracción nutricional más importante en las leguminosas son las proteínas, su contenido es alto pero se desconoce mucho acerca de su calidad como alimento para bovinos. Para ahondar más en el conocimiento de las proteínas de las leguminosas, estas se fraccionaron dependiendo de su solubilidad en 5 fracciones nutricionales diferentes (A, B₁, B₂, B₃ y C). El Cuadro 7 presenta los resultados de las fracciones nitrogenadas expresadas como porcentaje de la materia seca. Leucaena destaca por contener más de 20% de proteína cruda y Zornia no llegó al 15%. La fracción A se mantiene muy constante en 3.5%. Nuevamente leucaena sobresale con la fracción B₁+ B₂, y es la segunda más alta en la fracción B₃. Zornia y Kudzu mantienen los niveles más bajos de fracción C. La edad al corte estadísticamente ($P < 0.05$) no modifica las fracciones proteicas.

CUADRO 7. Fracciones de proteína (N x 6.25) de las leguminosas expresadas como porcentaje de la materia seca.

LEGUMINOSA	PC	A	B ₁ +B ₂	B ₃	C
ARACHYS	15.8 ^{bc}	3.9 ^a	3.4 ^{ab}	5.6 ^{bc}	2.9 ^a
GLIRICIDIA	17.8 ^b	3.4 ^a	4.4 ^{ab}	7.3 ^{abc}	2.7 ^a
CRATYLIA	18.4 ^{ab}	3.6 ^a	4.7 ^{ab}	8.0 ^{ab}	2.0 ^{ab}
FLEMIGIA	15.8 ^{bc}	2.3 ^a	2.1 ^b	8.9 ^a	2.5 ^{ab}
KUDZU	16.1 ^{bc}	2.1 ^a	2.9 ^{ab}	10.3 ^a	0.9 ^b
LEUCAENA	21.2 ^a	3.4 ^a	5.9 ^a	9.6 ^a	2.3 ^{ab}
ZORNIA	14.5 ^c	5.5 ^a	3.5 ^{ab}	4.6 ^c	0.8 ^b
Dev Std	0.59	0.71	0.78	0.65	0.37

Una forma muy conveniente de expresar las fracciones nitrogenadas es como porcentaje de la proteína cruda (Cuadro 8). En general, se encontró que la fracción A representa el 21%, la B₁+B₂ el 22%, la B₃ el 45%, y la fracción C el 12% de la proteína cruda. Cabe destacar que casi el 50% de la proteína está en la fracción de lenta solubilidad (B₃), y que existen marcadas diferencias en la distribución de las fracciones por especie (Cuadro 8).

CUADRO 8. Fracciones de proteína (N x 6.25) de las leguminosas expresadas como porcentaje de la proteína cruda.

LEGUMINOSA	PC	A	B₁+B₂	B₃	C
ARACHYS	15.8 ^{bc}	25.3 ^{ab}	21.2 ^a	35.3 ^c	18.1 ^a
GLIRICIDIA	17.8 ^b	20.2 ^{ab}	23.9 ^a	40.2 ^{bc}	15.8 ^{ab}
CRATYLIA	18.4 ^{ab}	19.0 ^{ab}	25.7 ^a	44.1 ^{bc}	11.1 ^{ab}
FLEMIGIA	15.8 ^{bc}	15.4 ^b	12.6 ^a	56.0 ^{ab}	16.0 ^{ab}
KUDZU	16.1 ^{bc}	12.6 ^b	17.0 ^a	64.9 ^a	5.5 ^b
LEUCAENA	21.2 ^a	16.4 ^{ab}	27.2 ^a	45.7 ^{bc}	10.6 ^{ab}
ZORNIA	14.5 ^c	36.2 ^a	25.5 ^a	32.0 ^c	6.3 ^b
Dev Std	0.59	4.23	4.73	3.79	2.31

Para determinar el valor nutritivo de un forraje se requiere conjuntar características agronómicas (ej: rendimiento de MS); químicas (ej: contenido de PC y FDN); y biológicas (tasas de digestión, consumo voluntario). Al describir el valor nutritivo considerando solo algunas de estas variables en forma aislada sería un error.

Para integrar toda la información se requiere de procesos computacionales complejos, los cuales consideran las características del animal y su función productiva, la composición química-nutricional del alimento, las tasas de digestión de sus fracciones de carbohidratos y proteína, y además también las condiciones ambientales y de manejo.

En los últimos años, nuevos métodos que integran dicha información han sido desarrollados para evaluar el valor nutricional de los alimentos (nivel 2 del NRC de ganado de carne, 1996; y el sistema de Cornell de Carbohidratos y Proteínas Netas (CNCPS), Sniffen y col. ,1992; Fox y col. ,1992; Russell y col. ,1992. En estos modelos la disponibilidad de los nutrientes está calculada basándose en una competencia entre la tasa de digestión y la tasa de pasaje. En este experimento se utilizó el modelo CNCPS versión 5.034 para predecir el valor nutricional de las siete leguminosas en estudio midiendo el potencial de producción de leche en vacas de doble propósito. La producción de leche se fijó en 10 kg/vaca/día. La dieta base fue pasto Pangola y se suplemento con cada leguminosa para cubrir las deficiencias de proteína del pasto. En el Cuadro 9 se muestra la capacidad de consumo de forraje en base seca, y la cantidad correspondiente de pasto y de leguminosa. La última columna del cuadro 9 enumera la cantidad de FDN que estuvieron consumiendo las vacas en % del peso corporal.

CUADRO 9. Capacidad de consumo total, de pasto, leguminosa y FDN de las vacas en el modelo de simulación CNCPS v 5.034

LEGUMINOSA	MS/Kg/d	Pasto kg/d	Leguminosa Kg/d	FDN,% bw
<i>Arachys</i>	13.1	8.0	5.1	1.5
<i>Gliricidia</i>	13.1	7.1	6.0	1.5
<i>Cratilya</i>	13.0	8.6	4.4	1.6
<i>Flemigia</i>	12.7	8.4	4.3	1.7
<i>Kudzú</i>	13.1	9.1	4.0	1.7
<i>Leucaena</i>	13.1	9.5	3.6	1.6
<i>Zornia</i>	13.0	6.0	7.0	1.6

EDAD, d	MS/Kg/d	Pasto kg/d	Leguminosa Kg/d	FDN,% bw
44	13.1	9.2	3.8	1.7
61	13.1	8.1	5.0	1.6
101	13.0	8.3	4.7	1.6
162	13.0	8.3	4.7	1.6

Las características nutritivas del pasto suplementado con leguminosas se presentan en el Cuadro 10. Las variaciones en los contenidos de TND, EM, PC y FDN son debidas a la composición química nutricional de cada una de las leguminosas en estudio

CUADRO 10. Características nutritivas del pasto suplementado con leguminosas

LEGUMINOSA	TND, %	EM Kcal/ kg ms	PC, %	FDN,% MS
<i>Arachys</i>	54	1.97	11.6	58.2
<i>Gliricidia</i>	57	2.07	13.2	56.2
<i>Cratilya</i>	53	1.90	12.0	62.2
<i>Flemigia</i>	49	1.74	9.8	67.8
<i>Kudzú</i>	55	2.02	11.1	63.1
<i>Leucaena</i>	56	2.05	12.3	61.5
<i>Zornia</i>	53	1.90	12.0	59.4

EDAD	TND, %	EM Kcal/ kg ms	PC, %	FDN,% MS
44	55	2.01	11.7	62.4
61	55	1.98	12.1	60.5
101	53	1.92	11.8	61.3
162	53	1.93	11.2	61.4

Se aprecia (Cuadro 11) que las leguminosas *Gliricidia*, *Leucaena*, *Kudzú* y *Arachys*, tienen potencial para producir más de 10 kg de leche/día. Sin embargo, las leguminosas de nueva introducción como son la *Cratilya*, *Flemigia* y *Zornia* no tienen el potencial para superarlas.

La edad al corte no influye sobre el valor nutricional de las leguminosas.

CUADRO 11. Valor nutricional de la suplementacion con leguminosas para vacas de doble propósito de acuerdo al CNCPS v 5.034

LEGUMINOSA	EM _L /kg	PC _L / kg	Balance N en rumen,g/dia	Balance N peptidos, g/dia
<i>Arachys</i>	10.8	10.8	-3	11
<i>Gliricidia</i>	12.1	12.1	13	30
<i>Cratilya</i>	9.9	9.9	26	42
<i>Flemigia</i>	7.5	7.5	5	31
<i>Kudzú</i>	11.5	11.5	6	37
<i>Leucaena</i>	11.8	11.8	18	47
<i>Zornia</i>	9.9	9.9	25	3
EDAD				
44	11.3	11.3	18	38
61	11.0	11.0	12	30
101	10.2	10.2	15	32
162	10.2	10.2	6	18

CONCLUSIONES

Con base en las características químicas y de modelos de simulación nutricionales como el Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) v. 5.034, El valor nutricional de las leguminosas evaluadas en este estudio para ganado bovino de doble propósito en Veracruz, resultó ser de mayor a menor para Gliricidia, Leucaena, Kudzu, Arachys, Cratylia, Zornia y Flemigia.

LITERATURA CONSULTADA

Castellanos, R. A., Llamas, L. G. y Shimada A. 1990. Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología. México 1990. pp. 29-34

Castillo T. R., 2000. Características de los Suelos de “La Posta Zootécnica Torreón del Molino” y sus Factores Limitantes Agroproductivos para los Pastos : Un caso de estudio; Tesis de Maestría p. 45

Deinum, B., and , Van Soest, P. J. 1969. Prediction of forage digestibility from some laboratory procedures. Neth. J. Agric. Sci. 17:119-127

Enríquez Q. J. ; Meléndez N. ; Bolaños A. E. 1999
Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México.
INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm. 7.
Veracruz, México. 262 p.

Fox, D. G., Sniffen C. J., O'Connor J.D., Russell J. B. and Van Soest P. J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. III. Cattle requirements and diet adequacy. J. Anim. Sci. 70:3578-3596.

Goering, H. K., and Van Soest P. J. 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications), Agric. Handbook No. 379. Ars-USDA. Washington, DC.

Menke, K. H., Raab L., Salewski A., Steingass H., Fritz D. and Schneider W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. J. Agric. Sci. (Camb.). 93:217-222

Mertens, D. R., and Loften J. R. 1980. The effect of starch on forage fiber digestion Kinetics *in vitro*. J. Dairy Sci. 63:1437 - 1446

Montero, L. M., Juárez, L. F., Contreras, J. J. 1998. Importancia de los Análisis de Digestibilidad en la Determinación del Valor Nutritivo de los Forrajes tropicales. Memoria Técnica, Día del Ganadero C. E. La Posta, “Paso del Toro”- INIFAP, pp. 21 - 29

Moore, J. E. 1981. Principles of forage quality evaluation. In: King Visiting Scholar Lectures, Ark. Agric. Exp. Sta. Special Rept. 93, pp. 66-87

Moore, J. E. 1987. A system for quantifying forage quality and predicting animal performance. Presented at VII National Near Infrared Reflectance Spectroscopy Network Workshop, Madison, WI, February 23-25, 1987. pp 9.

Mott, G. O. 1959. Symposium on forage evaluation. IV. Animal variation and measurement of forage quality. Agron. J. 51:223-226

NRC. National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle (6th Ed.). National Academic Press, Washington, D.C.

NRC. National Research Council. 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.

Pell, A. N., and Schofield P. 1993. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. J. Dairy Sci. 76:1063-1073

Russell, J. B., O'Connor J. D., Fox D. G., Van Soest P. J. and Sniffen C. J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets. I. Ruminant fermentation. J. Animal. Sci. 70:3551-3561

SAGARPA 2000. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN. CENTRO DE ESTADÍSTICA AGROPECUARIA. ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS 1999. Octubre, 2000. pp.19, 33. México.

Sniffen, C. J., O'Connor J. D., Van Soest P. J., Fox D. G. and Russell J. B. 1992. A net carbohydrate and protein availability (CNCPS). J. Animal. Sci. 70:3562-3577

Tilley, J. M. A., and Terry R. A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Br. Grassland Soc. 18:104-111

Van Soest P. J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. J. Anim. Sci. 26:119-128

Van Soest P. J., Wine, R. H. y Moore, L. A. 1966. Estimation of the true digestibility of forages by *in vitro* digestion of cell walls. Proc. 10 th Int. Grassland Congress. Helsingy. P 438-441

ANEXO 2

TECNICAS DE LABORATORIO PARA FRACCIONES DE NITROGENO

DETERMINACION DE NITROGENO TOTAL

Principio:

El nitrógeno es oxidado a $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ por digestión con H_2SO_4 concentrado. Lo digerido se alcaliniza con NaOH concentrado y el NH_3 es destilado y colectado en una solución de ácido bórico al 4%. El borato de amonio producido es titulado con HCl estándar. La cantidad de nitrógeno obtenido es multiplicada por el factor 6.25 para llegar al contenido de proteína cruda de la muestra.

Reactivos:

Acido sulfúrico concentrado 93-96%

Mezcla digestora: 141g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a 3kg de Na_2SO_4 anhidro

Perlas de vidrio

Hidróxido de sodio al 50%: 3kg de NaOH en 2.9L de agua destilada

Acido bórico: 720g en 18L de agua destilada + 120mL de mezcla indicadora

Mezcla indicadora: 0.625g de rojo de metilo y 0.480g de azul de metileno en 500 ml de alcohol metílico al 95%.

Acido clorhídrico: 147 mL de HCl concentrado en 18L de H_2O da una solución 0.1N. Estandarizar con NaOH estándar.

Procedimiento:

1. Pesar 1-2g de muestra y colocar en un matraz de digestión de 800mL. Prepare un blanco.
2. Agregue una cucharada cafetera de mezcla digestora y adicione 25mL de H_2SO_4 concentrado.
3. En las parrillas de digestión, digiera a calor bajo hasta que el humo cese. Gire los matraces para evitar espuma (¡¡ use guantes!!!).
4. Gire la perilla a calor alto y hierva por $\frac{3}{4}$ de hora después de que el color del contenido halla girado a verde.

5. Deje enfriar por alrededor de 20 minutos y agregue cuidadosamente 450mL de agua.
6. Cuando el contenido del matraz esté completamente frío, y todo el material en solución, empiece el proceso de destilación.
7. Encienda las parrillas de destilación a calor alto, deje que se calienten, abra el agua del condensador y espere hasta que el termómetro marque menos de 70°C.
8. Llene los matraces de titulación con la solución de ácido bórico (50mL) y colóquelos en su lugar.
9. Agregue una cucharada cafetera copeteada de perlas de vidrio a cada matraz.
10. Agregue 50mL de solución de NaOH al 50% al matraz Kjeldahl.
11. Conecte el tapón de destilación al matraz y agite el contenido hasta que vire a azul. Si el contenido no vira a azul o café no continúe y agregue más NaOH.
12. Gire la perilla a calor medio o bajo cuando el hervor empiece.
13. Destile aproximadamente hasta la marca de 150mL en el matraz de titulación.
14. Para parar la destilación, primero baje el matraz de titulación de tal manera que la manguera no esté dentro del destilado. Entonces apague la parrilla de destilación.
15. No deje el cuarto del Kjeldahl durante la destilación. Vigile el brinco de las perlas de vidrio.

Cálculos:

Un equivalente de HCl reacciona cuantitativamente con un equivalente de N como borato de amonio.

Por lo tanto:

La normalidad del ácido * 0.014 = g de N equivalente a 1mL de ácido.

Como la proteína contiene cerca de 16% de N; g N/mL de ácido * 6.25 = g proteína/mL.

Por consiguiente:

% proteína = (((mL HCl – mL blanco) * 6.25)/peso de la muestra) * 100

g de N = (mL HCl – mL blanco) * equivalente de N

Nota: El punto final de la titulación está entre verde y púrpura. El color resultante es gris.

DETERMINACION DE NITRÓGENO NO PROTEICO (NNP) USANDO ÁCIDO TÚNGSTICO

REACTIVOS: 1) Tungstato de sodio ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) al 10%, solución en agua, 0.30M.
2) Ácido Sulfúrico 1N (H_2SO_4). 27.2 ml/L = 1N

PROCEDIMIENTO: 1) Pesar 0.5 g de muestra en matraz de 125 ml.
2) Adicionar 50 ml de agua destilada fría.
3) Adicionar 8 ml de solución de $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ al 10% ².
4) Reposar a 20-25 °C por 30 min
5) Llevar a **pH 2** adicionando 10 ml de H_2SO_4 1N ² (chechar pH con pHmetro).
6) Reposar toda la noche a temperatura ambiente.
7) Filtrar con papel filtro No. 54 o 541 (humedecer el papel filtro con agua destilada antes de adicionar la muestra), por gravedad o con vacío. **Sí el primer filtrado es turbio, refiltrar.** Sí se usa vacío, debe usarse un matraz que permita que cualquier filtrado turbio pueda ser reciclado al embudo.
8) Lavar dos veces con agua destilada fría.
9) Transferir el papel filtro a matraz Kjeldahl y determinar nitrógeno residual.
10) Calcular NNP restando el nitrógeno residual al nitrógeno total.

² Muestras con bajo contenido de proteína (< 20 %PC) pueden ser tratadas con 5 ml de solución de tungstato de sodio y 6 –7 ml de ácido sulfúrico 1N.

DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA SOLUBLE
(NITRÓGENO SOLUBLE EN BUFFER)

REACTIVOS: Solución Buffer Borato – Fosfato, pH 6.8

Fosfato monosódico ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	12.20 g / L
Tetraborato de sodio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	8.91 g / L
Alcohol butyl terciario	100 ml/ L
Azida de sodio (Solución al 10% preparada el mismo día)	

- PROCEDIMIENTO:
- 1) Pesar 0.5 g de muestra seca en Matraz de 125 ml.
 - 2) Adicionar 50 ml de Sol. Buffer borato-fosfato.
 - 3) Adicionar 1 ml de Sol. Azida de sodio.
 - 4) Reposar por 3 horas a temperatura ambiente.
 - 5) Filtrar a través de papel filtro Whatman # 541 usando vacío suave.
 - 6) Lavar el residuo con 250 ml de agua destilada fría.
 - 7) Estimar el N en el residuo por Kjeldahl. Esto representa la fracción de proteína insoluble. La proteína soluble es calculada como la diferencia con la proteína verdadera (determinada por la técnica de NNP) y la proteína insoluble.

NOTA. Si es usada la técnica del ácido tungstico, la proteína soluble incluirá péptidos más cortos.