

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA ASOCIACIÓN DE *ARACHIS PINTOI* CIAT 17434-GRAMA NATIVA
EN LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y EN LA CALIDAD DE LA DIETA
DE VACAS F1 (HOLSTEIN x CEBU) EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO PARA VETERINARIO DE ZOOTECNISTA
P R E S E N T A:

CARLOS ALFONSO SOSA MENDOZA

ASESOR:

ING. MSC. EPIGMENIO CASTILLO GALLEGOS



MÉXICO, D. F.,

2002



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.

PAGINACIÓN

DISCONTINUA

**EFFECTO DE LA ASOCIACIÓN DE *ARACHIS PINTOI* CIAT 17434-GRAMA NATIVA
EN LA COMPOSICIÓN BOTÁNICA Y EN LA CALIDAD DE LA DIETA
DE VACAS F1 (HOLSTEIN × CEBU) EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO.**

Tesis presentada ante la
División de estudios profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
de la
Universidad Nacional Autónoma de México
para la obtención del título de
Médico Veterinario Zootecnista

Por

Carlos Alfonso Sosa Mendoza

Asesor:

Ing. MSc. Epigmenio Castillo Gallegos

México, D. F.,

2002

**A la memoria de mis abuelos,
de quienes he heredado el amor por el campo.**

**Al todopoderoso por permitirme conocer todo lo que he conocido,
de vivir con quienes he vivido,
a hacer todo lo que he hecho y a encontrar algo más allá
en la basta vida, doy gracias.**

A mi adorada madre a quien agradezco el don de la vida y su incondicional ayuda para la realización de mi formación académica

A mi padre que siempre ha estado conmigo

A mi hermano eterno compañero por el camino de la vida

A todas esas estupendas personas que he conocido con el paso de los años y que han sido inspiración y fortaleza para mi formación personal y profesional.

- Mis amigos -

A mi *alma mater* que me ofreció la oportunidad de formar un criterio en un lugar libre de ideas y de acciones.

Dedico esta Tesis.

Agradecimientos

A mi asesor Epigmenio Castillo Gallegos por permitirme trabajar en la realización de esta Tesis, así como por su amistad y paciencia, gracias Inge.

Al Ing. MC Jesús Jarillo Rodríguez, por su ayuda brindada en mi estancia en el CEIEGT, así como por sus comentarios para esta Tesis

A mis maestros y jurados Dra. Silvia Buntinx, Dr. Francisco Castrejón, por su enseñanza y acotaciones para dar forma a este escrito; así como al Dr. Fernando Livas.

A Hilario por su auxilio en la parte referente a laboratorio, y a Natalio por su ayuda en el trabajo de campo.

Al Sistema de Investigación del Golfo de México (SIGOLFO) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haber otorgado una beca , además de haber financiado parte de los gastos para el establecimiento de este experimento.

A las autoridades del CEIEGT por permitir mi estancia dentro de las hermosas instalaciones de este centro, pertenecientes a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M.

Y a todas las personas que me ayudaron en las observaciones de "hábito de pastoreo", pues sin ellos no hubiera podido hacerlo.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Perspectivas de la ganadería basada en pasturas	7
2.2 Composición y valor nutritivo de los forrajes.....	8
2.2.1 Composición química de los forrajes	8
2.2.1.1 Carbohidratos del forraje	8
2.2.1.2 Proteína del forraje	9
2.2.1.3 Celulosa bruta y lignina	9
2.2.1.4 Otros componentes	9
2.2.2 Valor nutritivo de los forrajes	10
2.2.2.1 Energía digestible	10
2.2.2.2 Principios nutritivos digestibles totales (PNDT)	11
2.2.2.3 Proteína digestible	11
2.2.2.4 Energía metabolizable	11
2.2.2.5 Energía neta	11
2.3 Gramíneas tropicales	12
2.3.1 Producción estacional de forraje	12
2.4 Leguminosas	13
2.4.1 Utilización de leguminosas en sistemas agrícolas	14
2.4.2 Geminación y simbiosis	14
2.5 Generalidades sobre asociaciones gramínea – leguminosa	15

2.6 <i>Arachispintoi</i>	18
2.6.1 Tolerancia a la sombra	24
2.6.2 Limitaciones a la adopción de <i>A. pintoi</i>	25
2.6.3 Perspectivas futuras	25
2.7 La técnica de la fístula esofágica para muestreo del forraje consumido en pastoreo.....	26
2.8 Justificación del trabajo	27
2.8.1 Hipótesis	27
2.8.3 Objetivos	27
MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1 Localización, clima y suelos	29
3.2 Duración del experimento	29
3.3 Manejo del pastoreo	29
3.4 Estimación del forraje presente en la pastura	30
3.5 Composición botánica de las pasturas	31
3.6 Composición botánica del forraje ingerido	31
3.7 Calidad nutritiva del forraje ofrecido e ingerido	32
3.8 Comportamiento ingestivo	33
3.9. Diseño experimental	33
3.9.1. Variables de respuesta	34
3.9.1.1. En la pastura	34
3.9.1.2. En el forraje consumido	34
3.9.1.3. Comportamiento ingestivo del animal	34
3.9.1.4. En la pastura y en el forraje consumido	35
3.9.1.5. Comportamiento productivo del animal	35
3.9.2. Análisis estadístico	35
3.9.3. Análisis de varianza	35

3.10 Factores a considerar dentro del experimento	36
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1 Materia seca presente antes (MSPAP) y después del pastoreo (MSPDP)	37
4.2 Composición botánica de la pastura antes (CBA), y después (CBD) del pastoreo	38
4.3 Composición botánica de la extrusa esofágica	43
4.4. Comportamiento ingestivo del animal	46
4.5. Digestibilidad <i>in situ</i> (DISMS) y proteína cruda (PC) de la pastura y la extrusa	50
4.6. Comportamiento productivo del animal	54
5. Conclusiones	56
LITERATURA CITADA	57
CUADROS	63
ANEXOS	69

INDICE DE FIGURAS

- FIGURA 1. Disponibilidad de materia seca presente antes (MSPAP), y después del pastoreo (MSPDP), en las praderas con grama nativa (GN) y grama nativa asociada con *A. pintoii* CIAT 17434(GN + Ap) en la época de lluvias en una región de Veracruz con clima cálido y húmedo..... 37
- FIGURA 2. Composición botánica una pastura testigo de grama nativa (GN), antes del pastoreo por cinco vacas más por "put & take", en la época de lluvias en una región de Veracruz, México, con clima cálido y húmedo (Af(m)) 38
- FIGURA 3. Composición botánica de la pastura asociada de grama nativa con *Arachis pintoii* CIAT 17434 (GN + Ap), antes de pastoreo por cinco vacas y dos más por "put & take", en una zona del estado de Veracruz, México, con un clima cálido y húmedo (Af(m))..... 39
- FIGURA 4. Composición botánica de la pastura testigo de grama nativa (GN) después del pastoreo por cinco vacas más dos por "put & take" fistuladas al esófago, en la época de lluvias en una región de Veracruz, México, con clima cálido y húmedo (Af(m))..... 41
- FIGURA 5. Composición botánica de una pastura asociada de grama nativa con *Arachis pintoii* CIAT 17434 (GN + Ap) después del pastoreo por cinco vacas más dos por "put & take" fistuladas al esófago, en la época de lluvias, en una región del Veracruz, México, con clima cálido y húmedo (Af(m)) 41
- FIGURA 6. Composición botánica de la extrusa recolectada de acuerdo a la pastura testigo grama nativa (GN), por dos vacas fistuladas al esófago en la época de lluvias, en una región de Veracruz, México con clima cálido y húmedo (Af(m)) 43

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Disponibilidad de materia seca presente antes (MSPAP), y después del pastoreo (MSPDP), en las praderas con grama nativa (GN) y grama nativa asociada con <i>A. pintoi</i> CIAT 17434(GN + Ap) en la época de lluvias en una región de Veracruz con clima cálido y húmedo.....	37
FIGURA 2. Composición botánica una pastura testigo de grama nativa (GN), antes del pastoreo por cinco vacas más por "put & take", en la época de lluvias en una región de Veracruz, México, con clima cálido y húmedo (Af(m))	38
FIGURA 3. Composición botánica de la pastura asociada de grama nativa con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN + Ap), antes de pastoreo por cinco vacas y dos más por "put & take", en una zona del estado de Veracruz , México, con un clima cálido y himedo (Af(m)).....	39
FIGURA 4. Composición botánica de la pastura testigo de grama nativa (GN) después del pastoreo por cinco vacas más dos por "put & take" fistuladas al esófago, en la época de lluvias en una región de Veracruz, México, con clima cálido y húmedo (Af(m)).....	41
FIGURA 5. Composición botánica de una pastura asociada de grama nativa con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN + Ap) después del pastoreo por cinco vacas más dos por "put & take" fistuladas al esófago, en la época de lluvias, en una región del Veracruz, México, con clima cálido y húmedo (Af(m))	41
FIGURA 6. Composición botánica de la extrusa recolectada de acuerdo a la pastura testigo grama nativa (GN), por dos vacas fistuladas al esófago en la época de lluvias, en una región de Veracruz, México con clima cálido y húmedo (Af(m))	43

FIGURA 7. Composición botánica de la extrusa recolectada de acuerdo a la pastura asociada grama nativa con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), por dos vacas fistuladas al esófago en una región de Veracruz , México con clima cálido y húmedo A(Af(m)) 44

FIGURA 8. Composición botánica de la extrusa esofágica , recolectada por la vaca 37-8, en una pastura asociada de grama nativa más *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), en época de lluvias, en una región de Veracruz, México con un clima Cálido y húmedo (Af(m)) 45

FIGURA 9. Composición botánica de la extrusa esofágica , recolectada por la vaca 59-7, en una pastura asociada de grama nativa más *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), en época de lluvias, en una región de Veracruz, México con un clima Cálido y húmedo (Af(m)) 46

FIGURA 10. Hábito de pastoreo: minutos de pastoreo, de rumia y de otras actividades (heces, orina, descanso), en la pastura de grama nativa (GN) y asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), en época de lluvias, en una región de Veracruz, México con clima cálido y húmedo (Af(m)) 47

FIGURA 11. Número de bocados por minuto en la pastura de grama nativa (GN) y asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), en época de lluvias, en una región de Veracruz, México con clima cálido y húmedo (Af(m)) 49

FIGURA 12. Número de mordiscos totales para la pastura de grama nativa (GN) y asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), en época de lluvias, en una región de Veracruz, México con clima cálido y húmedo (Af(m)) 49

Figura 13. Materia seca degradada de extrusa esofágica de dos vacas fistuladas al esófago en ambas pasturas, grama nativa (GN) y grama nativa + *Arachis pintoi* CIAT 17434(GN + Ap), en época de lluvias, en una región de Veracruz, México con clima cálido y húmedo (Af(m)) 51

FIGURA 14. Efecto de la pastura (GN; GN + Ap), tiempo de muestreo (AM, PM) y vaca (37-8, 59-7) sobre la proteína cruda (PC) contenida en la extrusa esofágica de dos vacas fistuladas al esófago en ambas pasturas, grama nativa (GN) y grama nativa + *Arachis pintoi* CIAT 17434(GN + Ap), en época de lluvias, en una región de Veracruz, México con clima cálido y húmedo (Af(m)) 51

FIGURA 15. Efecto del tipo de pastura: (GN), grama nativa: (GN+Ap), GN asociada a *Arachis pintoi* CIAT 17434, sobre los contenidos de proteína cruda (PC, %) y digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS, %) de muestras obtenidas mediante la técnica del "hand plucking" 52

FIGURA 16. Relación funcional entre el contenido de proteína cruda (PC, %) y la digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS, %) de muestras obtenidas con la técnica del "hand plucking" provenientes de dos pasturas: una de grama nativa (GN) y otra de grama nativa asociada a la leguminosa *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), en época de lluvias, en una región de Veracruz México con clima cálido y húmedo (Af(m)), y suelos ultisoles 53

FIGURA 17. Producción de leche de vacas que pastaron en dos tratamientos, uno de grama nativa(GN) y en la asociación grama nativa más *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), en época de lluvias, en una región de Veracruz, México con clima cálido y húmedo (Af(m)) ... 55

INDICE DE CUADROS

CUADRO A. Comportamiento de los componentes botánicos de la pastura de sólo grama nativa (GN), antes y después del pastoreo, en época de lluvias, en una región de Veracruz, México con clima cálido y húmedo (Af(m)) 42

CUADRO B. Comportamiento de los componentes botánicos de la pastura de sólo grama nativa (GN), antes y después del pastoreo, en época de lluvias, en una región de Veracruz, México con clima cálido y húmedo (Af(m)) 42

Cuadro 1. Análisis de varianza de materia seca presente antes del pastoreo (MSPAP, kg/ha) y después del pastoreo (MSPDP, kg/ha) en pasturas de grama nativa (GN) y GN asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México..... 63

Cuadro 2. Análisis de varianza para los componentes botánicos antes del pastoreo, de dos pasturas, una de grama nativa (GN testigo) y otra de GN asociada a *Arachis pintoi* (GN + Ap), pastadas por vacas F1 (Holstein x Cebú) durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes, en el trópico húmedo del estado de Veracruz..... 63

Cuadro 3. Análisis de varianza para los componentes botánicos después del pastoreo, de dos pasturas, una de grama nativa (GN, testigo) y otra de GN asociada a *Arachis pintoi* (GN+Ap), pastadas por vacas F1 (Holstein x Cebú) durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes, en el trópico húmedo del estado de Veracruz 64

Cuadro 4. Análisis de varianza para los componentes botánicos de la extrusa esofágica de vacas fistuladas al esófago que pastaron en pasturas de grama nativa (GN, testigo) y de grama nativa asociada con *Arachis pintoi* (GN + Ap), durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes en el trópico húmedo del estado Veracruz, México..... 65

Cuadro 5. Análisis de varianza para los tiempos de pastoreo (TP, min/24 h) y de rumia (TR, min/24 h) de vacas F1 (Holstein x Cebú) que pastaron en dos pasturas, una de grama nativa (GN, testigo) y otra de grama nativa asociada a *Arachis pintoi* (GN + Ap), durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes, en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México..... 66

Cuadro 6. Análisis de varianza del número de bocados /min/24 h de dos vacas F1 (Holstein x Cebú) por tratamiento, que pastaron en grama nativa (GN, testigo) y grama nativa asociada a *Arachis pintoi* (GN + Ap), durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes, en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México..... 66

Cuadro 7. Análisis de varianza de la proteína cruda contenida en la extrusa de vacas fistuladas al esófago que pastaron en grama nativa (GN) y GN asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap) en el trópico húmedo de Veracruz, México..... 67

Cuadro 8. Análisis de varianza para los contenidos de proteína cruda (PC, % de la MS) y digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS, %), de muestras de forraje obtenidas mediante la técnica de "hand plucking", provenientes de dos pasturas, una de grama nativa (GN) y otra de GN asociada a la leguminosa *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), situadas en una región del estado de Veracruz, México, con clima cálido y húmedo (Af(m)) y suelos ultisoles..... 67

Cuadro 9. Análisis de varianza para peso vivo, condición corporal y producción de leche de las vacas que pastaron en grama nativa (GN, testigo) y GN asociada con *Arachis pintoi* (GN + Ap), durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes, en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México..... 68

RESUMEN

El *Arachis pintoi* CIAT 17434 es una leguminosa proveniente de Sudamérica, que se ha utilizado como una especie forrajera que ayuda a mejorar la calidad de los pastos en el trópico, especialmente para los trópicos lluviosos (> 1800 mm); ya sea en asociación con gramas nativas o especies introducidas. El objetivo del experimento fue establecer el consumo del *Arachis pintoi* por vacas en producción, dentro de una pastura asociada con gramas nativas (*Axonopus spp.*, *Paspalum spp.* principalmente), así como conocer la calidad de la dieta en base a la proteína (PC) y su digestibilidad (DISMS). El experimento se inició 22/ IX/ 99 y concluyó el XI /00, en el Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, con clima cálido- húmedo (Af (m) w (e)g(1991 \pm 351mm, 23.7 \pm 0.5 °C), y suelos ultisoles (pH 4.5 a 5.2, 2% de MO). El diseño experimental fue bloques aleatorios con un pastoreo rotacional 1-3, se contó con 14 potreros de 170 X 22m divididos en subpotreros de 55 X 22m de los cuales 21 subpotreros eran de grama nativa (GN) y 21 asociada al *Arachis pintoi* (GN+Ap), de ambos se obtuvo la composición botánica antes (CBA) y después (CBD) del pastoreo, así como la materia seca presente antes (MSPAP) y después (MSPDP). Se utilizó un grupo de cinco vacas para cada tratamiento, en las que incluían 2 vacas fistuladas al esófago (VFE) "volantes" (put & take) de las que se obtuvo la extrusa esofágica en ambas pasturas, GN y GN+Ap, alternando con el método de "hand plucking"; la extrusa fue analizada para conocer la composición botánica de la dieta en porcentaje, así como la digestibilidad (DISMS) y el contenido de proteína cruda (PC). Los resultados de MS antes (GN=6201Kg, GN+Ap=7230Kg) y después (GN=5495Kg, GN+Ap=6223Kg) del pastoreo fueron mayores en la pastura asociada a *A. pintoi*, resultando estadísticamente significativos ($P < 0.05$). Dentro de la pastura asociada con *A. pintoi* las vacas mostraron consumir en un porcentaje importante (22%) siendo este valor estadísticamente significativo ($P < 0.01$). En cuanto a la calidad y digestibilidad de la dieta, se vio mejorada con la inclusión de *Arachis pintoi* con valores de 13.5% de PC, siendo altamente significativa ($P < 0.01$) y 64.6% de DISMS a las 24 hrs resultando significativa ($P < 0.05$), contra los valores mostrados por la grama nativa sola.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de doble propósito es la base de la producción lechera en el trópico. Sin embargo, la baja aplicación de tecnología, en el manejo de las pasturas, induce a bajas producciones de leche y carne. Por eso, su contribución a cubrir la demanda nacional de tales productos es reducida

Durante muchas generaciones, los agricultores del trópico han obtenido sus ingresos de cultivos comerciales tales como el cacao, el café, la palma oleaginosa, etc., después de satisfacer las necesidades inmediatas de sus familias mediante la cosecha de cultivos básicos¹

El desarrollo de la ganadería implica el de los pastizales, puesto que los pastos son el alimento más barato para los rumiantes. El potencial productivo de los pastizales tropicales es enorme y si se desarrolla adecuadamente y se utiliza con eficiencia, puede proporcionar proteína de origen animal, para satisfacer las necesidades no sólo de la población del trópico, sino también de otros lugares. Es precisamente en el trópico donde puede esperarse el mayor aumento de la producción por hectárea. Más de la mitad del ganado en el mundo se cría en los trópicos, pero su nivel de nutrición es muy bajo¹.

El panorama de la producción animal en el trópico depende de ciertos factores que, al ser identificados, pueden llevar a un aumento en la producción, como son:

- 1) la modificación de los sistemas agropecuarios existentes
- 2) el mejoramiento de la calidad del ganado
- 3) el mejoramiento de la calidad de los pastos y el incremento de la cantidad producida, así como la prolongación de la temporada de pastoreo

- 4) la utilización más eficiente de los pastizales, incluyendo la conservación de los excedentes de los pastos disponibles en la estación de lluvias y la producción de cultivos forrajeros suplementarios
- 5) mejor manejo de los recursos ganaderos y de los pastizales¹.

En México, el pobre desempeño productivo del rumiante en el trópico se debe a la inadecuada nutrición que recibe. La principal limitante es la desigualdad en la alimentación debida a la producción estacional del forraje (90% de la materia seca se produce de julio a diciembre). Siete de cada diez ganaderos en el sistema de doble propósito alimentan a sus animales con pastizales nativos no mejorados, en tanto que el resto usa pastizales con zacates introducidos, como los Estrellas de África y Santo Domingo (*Cynodon plectostachyus* y *Cynodon nlemfuensis*, respectivamente). Casi todos los pastizales han presentado o presentan algún grado de infestación por malezas. En general, 5 a 9 ha de cada 10 presentan algún grado de infestación. Esto implica que exista una reducción en la fertilidad del suelo, lo que conduce al deterioro del pastizal. Las malezas se vuelven un problema constante si se eliminan por chapeos. Pueden ser exterminadas con herbicidas químicos, lo cual no es una medida ecológica adecuada, ya que se destruyen las leguminosas, además de contaminar al suelo².

Una alternativa de solución es la introducción de leguminosas en asociación con gramíneas nativas, o con gramíneas introducidas. Esta asociación representa una solución en cuanto al control de malezas se refiere (control biológico), además de mejorar la calidad de la dieta del ganado en pastoreo e incrementar la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno, lo cual puede conducir a un aumento en la producción de biomasa³.

Las leguminosas son de las pocas plantas que se utilizan como forraje. Son esenciales en la fijación de N al suelo y proporcionan un forraje nutritivo, que permite la alimentación económica del rumiante. Al usarlas como cobertera previenen la erosión, aumentan la productividad del suelo y, en su regeneración continua, le proporcionan fertilidad, mejorando la actividad biológica del suelo. La proteína que contienen las leguminosas se puede consumir directamente por el animal.

La ventaja de una asociación gramínea/leguminosa es que se mejora el valor nutritivo de la gramínea y no se necesita fertilización nitrogenada. Los animales en pastoreo seleccionan preferentemente a la gramínea, lo que favorece que la leguminosa predomine, aunque tal

preferencia es inversa durante la sequía. En la asociación gramínea/leguminosa, la primera forma la mayor proporción del forraje, pero la leguminosa incrementa la calidad nutricia. Las asociaciones bajo irrigación pueden producir en varios cortes entre 12 y 15 t MS/ha/año y el forraje obtenido puede ser usado para pastoreo o ser ensilado.

El *Arachis pinto* es una leguminosa originaria de Sudamérica y está considerado como un "ideotipo" de planta forrajera de pastoreo, dado que: 1) soporta altas cargas animales debido a sus entrenudos cortos; 2) posee rutas de sobrevivencia que le garantizan su permanencia en el pastizal, pues produce plantas a partir de la corona, estolones y semillas; 3) posee un alto valor nutricional (16-25% de PC); 4) el ganado lo consume con avidez una vez que se acostumbra a él y 5) incrementa los contenidos de materia orgánica y nitrógeno del suelo. Además, es una planta multipropósito, que sirve para recuperar praderas degradadas, pues se asocia bien con las gramíneas, mejorando a la vez la calidad nutritiva de la pastura. Aunque inicialmente su establecimiento es lento, su agresividad lleva a mediano plazo a una buena cobertura que evita la invasión por malezas y la erosión del suelo.

En México existe la accesión *Arachis pinto* CIAT 17434, cuya capacidad para producir forraje nutritivo ha sido estudiada con detalle, más no así su potencial para incrementar la producción y la productividad animal en los sistemas de doble propósito.

II. Revisión de literatura.

En general, los sistemas de producción ganadera del trópico dependen en gran medida de los recursos forrajeros, dado que en la mayoría de ellos, al menos un 90% de los nutrientes requeridos por los animales se derivan de las pasturas². La producción de leche en áreas marginales del trópico es, en promedio, de 3 a 4 lt/vaca, lo cual está asociado a una deficiente nutrición animal, particularmente en la época seca³. Los pastos tropicales están caracterizados por su baja concentración de proteína y por un alto contenido de fibra detergente neutro (FDN); esto tiene efectos secundarios en la cantidad de materia seca (MS) consumida y en la digestibilidad de ésta⁵. Aunado a lo anterior, se suma el problema de la estacionalidad en la producción de forraje, que ocasiona cambios en la productividad de los animales como consecuencia de la reducción en la producción de MS durante el estaje sobre todo de las pasturas nativas⁶. Para contrarrestar esta problemática se ha buscado la manera de mejorar la calidad de la pastura ofrecida al ganado, por medio de la asociación con leguminosas.

Las leguminosas tienen un papel importante en muchos sistemas agrícolas en los trópicos y subtropicos porque contribuyen a mejorar el valor nutritivo de la dieta del animal, fomentan la adición de nitrógeno (N) al agroecosistema mediante su fijación biológica, y mantienen la estabilidad en los potreros, dando una mejor apariencia en cuanto a disponibilidad de materia verde se refiere, existiendo así un reestablecimiento en el paisaje⁷.

La agricultura con base en la producción de forrajes es un sistema que considera tanto a las gramíneas como a las leguminosas. Definida en la forma más simple, consiste en hacer un uso adecuado de los pastos en la explotación. Cuando se practica intensamente la producción agrícola de los forrajes, se renueva la matena orgánica en el suelo, se evita la erosión, se impide la formación de cárcavas o barrancas, se mejora la estructura del suelo y la conservación de los suelos resulta una oportunidad en lugar de un problema⁸. Sin embargo, las leguminosas forrajeras tropicales tienen un problema básico: deben asociarse con gramíneas, que generalmente tienen tasas de crecimiento más altas, para formar pasturas estables a largo plazo. En consecuencia, la leguminosa asociada está en gran desventaja, a menos que tenga alguna otra condición favorable⁹.

Tradicionalmente en México, cuando se habla de leguminosas forrajeras, la referencia obligada es citar a la alfalfa como la especie forrajera por excelencia para zonas templadas o áridas, semiáridas bajo riego. Sin embargo, en áreas tropicales, el empleo de leguminosas es incipiente, a pesar de que ya ha sido demostrado su papel como fuente de proteína para el ganado, así como su calidad indiscutible como recurso para enriquecer el suelo a través del aporte de nitrógeno, materia orgánica y fósforo¹⁰. Existe la falsa idea de que las pasturas de gramíneas y leguminosas de clima templado son una historia de éxito total: los estudios indican que son contados los casos de pasturas de leguminosas y gramíneas estables y persistentes en las regiones templadas⁴. Las pasturas de trébol blanco con ballico (*Lolium perenne*) en Nueva Zelanda son un ejemplo sobresaliente¹¹. Las investigaciones más recientes sugieren que en el trópico, la leguminosa tropical *Arachis pintoi* podría cumplir con las expectativas más ambiciosas⁹.

El género *Arachis* es originario de América del Sur y está restringido naturalmente a Brasil, Paraguay, Argentina y Uruguay¹². La especie *A. pintoi* se atribuye su clasificación a Krapovickas y Gregory. Esta leguminosa, conocida comúnmente como cacahuate o maní forrajero, fue recolectada originalmente en Bahía, Brasil, por G. C. Pinto en 1954. Actualmente, es una especie promisoría en varios países de América Latina, desde Costa Rica hasta Bolivia. *Arachis pintoi* CIAT 17434 se asocia bien con varias especies de *Brachiaria*¹⁴, presenta, asimismo, altos niveles de proteína cruda (13% a 21%) y una digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) superior a 60%¹². Esta leguminosa, sola o asociada en el pastizal representa un recurso valioso para los sistemas de producción animal (carne o leche) basados en el pastoreo directo. Las experiencias iniciales se han obtenido en Colombia y Costa Rica, principalmente¹⁰.

En el trópico mexicano la producción de leche se basa en el empleo de los pastizales nativos, que, en comparación con aquéllos de especies introducidas, producen menos MS. Sin embargo, es posible mejorar esta productividad sin necesidad de cambiar el recurso por nuevos zacates, cuyo establecimiento resulta caro y de alto riesgo¹⁰. Diversas experiencias en el uso del *Arachis pintoi* llevan a proponer a ésta como una especie con gran potencial, que ofrece también varias alternativas de uso y no sólo el pastoreo, además de poder usarse como cobertera en

plantaciones de café, cítricos y árboles maderables, añadiendo a lo anterior que es una buena alternativa para el control de malezas¹⁴.

2.1 Perspectivas de la ganadería basada en pasturas

La ganadería basada en la producción de forrajes es un sistema que da la debida importancia tanto a gramíneas como a leguminosas para hacer productiva a la tierra y al ganado. La principal característica de este tipo de agricultura es que depende de estas plantas para mejorar los suelos y a la vez desarrollar a los animales. En tal sistema es primordial disponer de forrajes de alta calidad para la producción, ya que los granos y los subproductos agroindustriales son considerados complementos y no elementos dominantes de la dieta.

Cada vez es mayor el número de personas que se ha convencido de que hay que lograr "una agricultura más segura", "una agricultura más equilibrada", "una agricultura más permanente". Esto significa adquirir la seguridad de que año tras año y generación tras generación se podrá seguir utilizando la tierra eficazmente para producir cosechas y al mismo tiempo, conservar su fertilidad. "La permanencia de la agricultura es una meta que siempre debe perseguirse en cualquier parte que se considere"⁸.

En la actualidad, se acepta de modo general que el principal instrumento para la formación, mejoramiento y conservación del suelo son las gramíneas y leguminosas adaptadas a los mismos. El beneficio directo que proporcionan las cubiertas de plantas pratenses en la rotación de cultivos ha sido valorado y comprobado durante muchos años, bajo las más diversas condiciones del medio. Existen muchas evidencias sobre el grado en que dicho tipo de cubierta vegetal, incluida en la rotación, aumenta la permeabilidad y la capacidad de retención del agua del suelo. Se ha aprendido mucho sobre el efecto de las raíces de las plantas forrajeras en la granulación del suelo y sobre la relación de esta característica con la resistencia a la erosión destructora⁹.

2.2 Composición y valor nutritivo de los forrajes

Como los forrajes se producen para la alimentación del ganado, es importante conocer los factores que determinan su valor nutritivo⁸.

Los ruminantes, debido al carácter fibroso de su dieta, requieren más alimento que otras especies para satisfacer las necesidades energéticas. Si esta necesidad queda satisfecha es muy probable que todos los demás requisitos esenciales también sean cubiertos. Por lo tanto, la energía es una medida altamente significativa del valor nutritivo de los alimentos y se considera como la mejor base para planear raciones para el hombre y los animales. Sin embargo, esto no implica que la proteína sea secundaria, ni que no haya que considerar otros nutrimentos⁸.

Desde el punto de vista de la aplicación práctica, el valor nutritivo de un forraje depende, principalmente, de su contenido de proteína y de hidratos de carbono, así como del grado en que éstos estén disponibles como principios nutritivos digestibles⁸.

2.2.1 Composición química de los forrajes

Las plantas forrajeras son los primeros usuarios de la energía solar, del hidrógeno y el oxígeno del agua, y del anhídrido carbónico del aire, a partir de los cuales sintetizan los principios nutritivos que pueden proporcionar energía, que a su vez ponen a disposición del rumiante que consume la hierba⁸.

2.2.1.1 Carbohidratos del forraje

Conforme al análisis químico proximal, los carbohidratos se dividen en dos: la fibra bruta (FB) y los elementos libres de nitrógeno (ELN). La primera contiene hidratos de carbono relativamente insolubles, como la celulosa, cuya digestibilidad varía entre 35% y 75%. Los ELN comprenden las partes solubles de los carbohidratos, como son los almidones y los azúcares⁸.

2.2.1.2 Proteína del forraje

Aproximadamente, entre 85% y 90% del nitrógeno celular de las plantas forrajeras es proteína bruta o cruda (PC), sintetizada a partir de los aminoácidos. El nitrógeno de la proteína de los forrajes proviene del nitrógeno del suelo y del nitrógeno simbiótico fijado en los nódulos de las leguminosas⁸.

2.2.1.3 Celulosa bruta y lignina

El proceso de maduración de las plantas afecta el valor nutritivo de los forrajes de un modo más significativo que cualquier otro factor. La hierba que aún no ha madurado y continua su crecimiento activo, tiene un alto valor nutritivo. Durante la maduración se acumulan concentraciones crecientes de fibra lignificada en la pared celular de las plantas forrajeras. La maduración final, después del alargamiento del tallo y de la floración, va acompañada de una mayor lignificación de la celulosa y de menores valores de la proteína e hidratos de carbono digestibles. Los forrajes contienen de un 3 a un 20% de lignina, según la fase de maduración y ésta está relacionada con una baja digestibilidad de los principios nutritivos de los alimentos⁸.

2.2.1.4 Otros componentes

Factores de crecimiento: Las plantas forrajeras contienen vitaminas, hormonas y enzimas, que son esenciales tanto para la vida de la planta como para la vida del animal. De estos factores, los más importantes, desde el punto de vista de la nutrición animal, son las vitaminas, pues algunas son componentes de los sistemas enzimáticos que catalizan las reacciones metabólicas. Las vitaminas del complejo B, las vitaminas C, E, K, y el caroteno o provitamina A, rara vez se encuentran deficientes en las raciones, especialmente en el caso de los pastos para los rumiantes⁸, y estas no representan un problema de carencia pues son sintetizadas, por los microorganismos del rumen.

Elementos minerales: La fertilidad del suelo afecta el contenido de elementos minerales y el desarrollo de los tejidos de las plantas y, por tanto, el vigor de los animales que consumen el forraje. En general, los forrajes producidos en condiciones adecuadas de fertilización del suelo

contienen los elementos principales - fósforo , potasio, calcio y magnesio - para satisfacer las necesidades del ganado⁸, aunque no siempre cubren los requerimientos del animal en su totalidad. Este es el caso de las gramíneas tropicales, que son deficientes en fósforo para el rumiante, aún aplicando niveles de fertilizante fosforado para una máxima producción forrajera.

Agua: El agua es el constituyente más abundante de las plantas forrajeras. El porcentaje varía con la fase de maduración y el contenido de humedad del suelo. La hierba suculenta contiene un 80%, aproximadamente, de agua. La calidad de un pasto con alto contenido de humedad depende de que sea alto el valor nutritivo por kilogramo de MS⁸.

2.2.2 Valor nutritivo de los forrajes

Para expresar el valor nutritivo de los forrajes se emplean términos muy diferentes. Entre ellos figuran PNDT (principios nutritivos digeribles totales), la energía digerible, la proteína digerible, la energía metabolizable, la energía neta y la eficiencia en la utilización de los alimentos⁸.

2.2.2.1 Energía digerible

La energía digerible es la diferencia entre la energía de los alimentos que ingiere el animal y la energía que contienen las heces. Esta diferencia es la digestibilidad aparente, pues algunos de los constituyentes de las heces son de origen metabólico. Sin embargo, en los rumiantes (en contraste con los no rumiantes), una gran parte de las heces están formadas por alimentos no digeridos, especialmente celulosa bruta⁸.

Los compuestos no digeribles del forraje no penetran en el organismo y no tienen valor alimenticio. La energía digerible representa la cantidad total de la energía de los alimentos que no aparece en las heces, indistintamente de que se le haya proporcionado al animal vía hidratos de carbono, grasa o proteína⁸.

2.2.2.2 Principios nutritivos digestibles totales (PNDT)

Son equivalentes a la energía digestible y se calculan multiplicando cada componente proximal (proteína cruda, fibra cruda, grasa, y extracto libre de nitrógeno) por su correspondiente coeficiente de digestibilidad y sumando las cantidades resultantes; en el caso de la grasa, se multiplica también por 2.25. Se expresan en g/kg MS y no en valores de energía (Mcal)⁸.

2.2.2.3 Proteína digestible

La energía que aporta la proteína digestible forma parte de la energía digestible, de la energía metabolizable, de la energía neta, así como de los principios nutritivos digestibles totales. Como el papel de la proteína en la nutrición es tan especial e importante, es esencial una determinación independiente adicional de la digestibilidad de las proteínas. Esta se obtiene mediante la diferencia del contenido de proteína (nitrógeno \times 6.25) entre los alimentos y las heces.

2.2.2.4 Energía metabolizable

La energía metabolizable es igual a la energía digestible menos la energía excretada en orina y el metano producido en el rumen. Es una medida más discriminadora del valor nutritivo real. Es la parte de la energía de los alimentos utilizada realmente por el animal para su sostenimiento y producción^{11,15}.

2.2.2.5 Energía neta

La energía neta es un término que se usa para indicar el residuo neto de la energía de los alimentos después de deducir todos los "gastos" de utilización. Estos gastos comprenden el total inaprovechable e incluyen la energía existente en las heces, la orina, el metano y la producción de calor. La mayor producción de calor comprende la porción representada por el metabolismo basal, el calor de la fermentación, el efecto dinámico específico de los alimentos en el organismo y la actividad del animal. La producción de calor de un animal aumenta con un mayor consumo de alimentos⁸.

2.3 Gramíneas tropicales

Las plantas fijan menos de uno por ciento de la energía solar para transformarla en energía química en forma de hidratos de carbono. Menos del 50% de ésta se convierte en forraje disponible para el pastoreo de las vacas. El forraje que la vaca ingiere tiene niveles variables de digestibilidad; la media de las gramíneas tropicales es alrededor de 55%, comparado con 75% de las gramíneas de clima templado¹⁵. En los trópicos hay mayor posibilidad de producir materia seca, pues la cantidad y calidad de la energía solar es mayor. Asimismo, las gramíneas tropicales poseen la ruta metabólica C₄, que les permite ser más eficientes para captar tal energía. Por tanto, las leguminosas forrajeras tropicales tienen un problema básico: como especies C₃ deben de asociarse con gramíneas C₄, que generalmente, tienen tasas de crecimiento más altas, para formar pasturas estables a más largo plazo. La leguminosa asociada está, en consecuencia, en gran desventaja, a menos que tenga alguna otra condición favorable. No obstante, los que trabajan con pasturas tropicales esperan que las leguminosas tropicales imiten las pasturas exitosas de leguminosas y gramíneas, donde ambas son especies C₃⁹.

2.3.1 Producción estacional de forraje

Las pasturas de gramíneas tropicales no presentan una producción uniforme durante el año. De hecho, presentan fluctuaciones muy fuertes en la producción de biomasa. Producen exceso de forraje durante la temporada de lluvias, en relación a la demanda generada por la carga animal, y, por otra parte, falta forraje en los meses de sequía y en los meses con temperaturas bajas, que son los primeros del año. La digestibilidad de la materia seca, el valor proteínico y la producción de materia seca disminuyen en este periodo crítico, lo cual da lugar a una disponibilidad reducida de forraje. Esta falta de homogeneidad en el suministro de los nutrientes induce a disminuciones drásticas de la producción de carne y es más notorio en la producción de leche, porque los requerimientos de energía y proteína son más elevados¹⁵.

2.4 Leguminosas

En la búsqueda por mejorar la calidad de la dieta que los forrajes tropicales pueden proporcionar para la producción de carne y leche y buscando, al mismo tiempo, mantener los niveles de nutrientes en el suelo, particularmente nitrógeno, que es el principal promotor del crecimiento de las plantas prateras, se visualizaron las leguminosas tropicales como una posibilidad práctica¹⁵.

Las leguminosas tienen un papel importante en muchos sistemas agrícolas en los trópicos y subtropicales a través de sus contribuciones, como son:

- Aumentar el valor nutritivo de la dieta del animal, pues contienen más proteína cruda que las gramíneas.
- Fijar el nitrógeno: la simbiosis leguminosa - *Rhizobium* toma el N atmosférico de modo que este pueda ser utilizado por las plantas
- Estabilizar el paisaje: las cubiertas vegetales que contienen leguminosas reducen la erosión del suelo y las pérdidas de agua y nutrientes. Esto se ha logrado con la inclusión de *Arachis pintoi* en pasturas perennes^{16, 17}

Una de las ventajas más importantes en el trópico es la cantidad de agua disponible para el crecimiento vegetal. Esta ventaja es al mismo tiempo desfavorable para el suelo, porque el exceso de agua extrae todos los elementos solubles y se acumulan en el perfil del suelo los insolubles, como el hierro y el aluminio, ambos tóxicos para las plantas y promotores de barreras químicas para la absorción de nutrientes

Las pasturas de gramíneas tropicales van disminuyendo su productividad a medida que se agotan los nutrientes originales del suelo. Esto hace necesario introducir al sistema fertilizantes químicos u otras fuentes de nutrientes, si se quiere lograr incrementos o al menos mantener la producción¹⁸.

Las leguminosas difieren de otros vegetales en que, merced a las bacterias simbióticas de sus nódulos radiculares, tienen la propiedad de obtener el nitrógeno de la atmósfera e incorporarlo al suelo. Esta característica independiza a las leguminosas de los abonos nitrogenados y puede

decirse que las convierte en una especie de fábrica de nitrógeno para el sistema suelo-planta-animal¹⁶.

2.4.1 Utilización de leguminosas en sistemas agrícolas

En las últimas décadas han ocurrido avances notables en el uso de las leguminosas. Esto ha revolucionado las perspectivas de la base genética de las leguminosas disponibles para los agricultores, para ser usadas como: granos básicos para el hombre, forrajeras herbáceas para el pastoreo por el ganado, y árboles y arbustos multipropósito. Consecuentemente, en las técnicas para establecer leguminosas se ha incorporado el conocimiento sobre las limitaciones impuestas a su crecimiento y a la fijación de nitrógeno, que son causadas por deficiencias en los nutrientes del suelo o toxicidades causadas por minerales contenidos en éste, así como por el sistema en que van a ser usadas, al igual que las respuestas esperadas a nuevas plagas y enfermedades, y su control por métodos biológicos y agroquímicos¹⁷.

La producción de nitrógeno suele mantenerse durante el crecimiento de la planta hospedante, pero aun cuando esta deja de crecer, el nitrógeno ya fijado puede tener un valor considerable. La leguminosa se puede enterrar, la puede comer el animal o bien se puede cosechar. Una parte del nitrógeno asimilado de la atmósfera es transformado en proteína para el consumo animal y humano, mientras que el resto se incorpora al suelo, enriqueciéndolo. Por regla general, cuando las leguminosas se consumen por pastoreo directo, el suelo recibe de la mitad a las dos terceras partes del nitrógeno fijado por las leguminosas herbáceas¹⁸.

2.4.2 Germinación y simbiosis

Al empezar la vida de la planta, con frecuencia a las pocas semanas de la germinación, las bacterias del género *Rhizobium* entran en la raíz, a través de los pelos absorbentes, y la infectan. Estas bacterias formadoras de nódulos son arrastradas a distancias considerables con el polvo, flotan libremente en el aire, o se encuentran en la superficie de las semillas o en el agua que pasa por el suelo. La infección de las raíces puede producirse en unas horas y sólo se necesitan pocos puntos de infestación. La presencia de las bacterias estimula el rápido crecimiento del tejido radical contiguo, formándose así los nódulos, que pronto se distinguen a simple vista¹⁸.

Los rizobios, o bacterias de los nódulos, derivan su energía de la planta hospedante, la cual, a su vez, recibe el nitrógeno que las bacterias han fijado. En esa simbiosis, las bacterias combinan el nitrógeno con el hidrógeno para formar aminoácidos y, consiguientemente, proteína vegetal. El elevado contenido proteínico y su independencia con respecto al nitrógeno del suelo, siempre y cuando la nodulación sea efectiva y no existan deficiencias de otros nutrimentos en el suelo, explican la importancia vital que tienen las leguminosas para la agricultura¹⁸.

En las praderas tropicales de México, por lo menos se encuentran 22 géneros de leguminosas que han sido fuente de forraje alto en proteína para el ganado, particularmente en la época crítica, y son la fuente de nitrógeno fijado biológicamente para el suelo. Las leguminosas nativas, aún cuando son abundantes, no logran resolver el problema nutritivo, porque, generalmente, desaparecen de las pasturas al aumentar la presión del pastoreo. También es cierto que aún se tiene un gran desconocimiento de las leguminosas nativas, pues la mayoría de los estudios no han pasado de la etapa de recolección e identificación y son contadas las que se han estudiado para propósitos forrajeros¹⁵.

2.5 Generalidades sobre asociaciones gramínea – leguminosa

La asociación de gramíneas con leguminosas ofrece muchas ventajas. El contenido de nitrógeno de los suelos pobres puede enriquecerse al utilizar las leguminosas herbáceas como abono verde. Sin embargo, son mejores los ingresos económicos que se obtienen si se deja al animal consumirlos como parte de su dieta. Por sí solas, las leguminosas no dan la cantidad de nutrientes que el animal requiere, ni tampoco pueden subsistir en la práctica como rodales puros, pues el enriquecimiento del suelo con nitrógeno favorece a gramíneas y malezas, ambas capaces de desplazar y reemplazar a las leguminosas. Por tanto, es mejor asociar gramíneas y leguminosas, para de esta manera poder lograr una pastura equilibrada en calidad nutricia para el rumiante, que al mismo tiempo asegure la fertilidad del suelo.

Según las condiciones de nitrógeno disponible en el suelo, se pueden obtener una gran cantidad de combinaciones porcentuales entre gramínea y leguminosa, aunque se ha recomendado que la leguminosa no rebase el 30%. Por su utilidad, desde la antigüedad se han

utilizado este tipo de asociaciones, particularmente en Europa, donde algunas, como la asociación de trébol rojo con ballico anual, aún se utilizan, particularmente en Italia¹⁸.

Hay que considerar que si sólo se siembran gramíneas en la pastura, la producción de pasto acaba por disminuir, debido a que el nitrógeno del suelo se agota¹⁸. Esto sucede, a pesar de que los animales retornan al suelo una gran parte del nitrógeno con sus deyecciones. Otra parte, tomada también del suelo, se pierde en la atmósfera como amoníaco. Por tal motivo, es necesaria la introducción de leguminosas en las pasturas donde predominan las gramíneas.

Por otra parte, si se siembran las leguminosas solas, el animal consume más nitrógeno del que necesita, excretando el exceso, que se acumula en el suelo al no ser necesario para el crecimiento de la leguminosa. Este nitrógeno "extra" lo pueden aprovechar gramíneas y malezas, que espontáneamente invaden la plantación. Por esto, lo más recomendable es planificar el tipo de asociación que se usará, con el fin de que sea la más conveniente para la gramínea y se aproveche el nitrógeno a medida que se incorpora al sistema, para impedir, sobre todo, la aparición de plantas nocivas¹⁹.

Si desde un principio se cuenta con un buen contenido de nitrógeno en el suelo, se puede establecer una mezcla de gramíneas que estén adaptadas al clima y suelo prevalecientes en el sitio en cuestión. Si por el contrario, el suelo carece de un buen contenido de nitrógeno, las gramíneas elegidas para sembrarse deberán tolerar la escasa fertilidad del suelo y ser capaces de establecerse. De cualquier forma, la gramínea necesitará un aporte de nitrógeno, ya sea de una leguminosa o del fertilizante, para no desaparecer de la pastura¹⁸.

La transferencia inmediata del nitrógeno fijado por las leguminosas a las gramíneas asociadas se realiza a través de la orina que excretan los animales directamente sobre la pastura, la orina contiene urea y otros productos de la descomposición de compuestos nitrogenados, fácilmente asimilables por las demás plantas de la pastura. La contribución de las deyecciones sólidas del ganado es menor debido a su bajo contenido de nitrógeno. Por su parte, las raíces de las leguminosas no transfieren directamente el nitrógeno: primero deben morir y, luego, las bacterias del suelo se encargan de mineralizar el nitrógeno, lo cual puede llevar varios meses. Lo mismo sucede con la hojarasca producida por la leguminosa¹⁸.

Se deben considerar factores que puedan afectar a las leguminosas dentro de la asociación, como puede ser la sombra proyectada por las gramíneas o por las malezas, que disminuye la intensidad de luz, lo cual reduce el crecimiento y lleva a un déficit de hidratos de carbono asimilables para los nódulos radicales; en consecuencia, se reduce la tasa de fijación simbiótica de nitrógeno, así como los niveles de nitrógeno en el sistema suelo-planta-animal¹⁸.

En la práctica, suele agregarse fertilizantes nitrogenados a las pasturas para estimular la producción de materia seca y mantener el nivel de fertilidad del suelo. Sin embargo, en algunos casos esto puede ocasionar la desaparición de las leguminosas.

Además de la luz, las gramíneas pueden competir ventajosamente con las leguminosas por nutrimentos del suelo. Por ejemplo, las raíces de las gramíneas pueden extraer del suelo más humedad, oxígeno y nutrientes que las leguminosas. Así, el crecimiento mayor de las gramíneas puede suprimir a las leguminosas. Por esto, el manejo del corte y el pastoreo que promueva la disminución de la producción de biomasa aérea de la gramínea, aminorando la actividad de sus raíces, disminuirá la competencia que la gramínea pueda presentar por los recursos del suelo¹⁸.

En situaciones donde la gramínea se ha vuelto muy competitiva, el corte puede ayudar a reducir la competencia, porque de este modo se remueve del suelo el nitrógeno que ha tomado la gramínea, mientras que con el pastoreo las deyecciones regresan al suelo las dos terceras partes de ese elemento. El corte sin embargo, no debe ser muy frecuente, pues puede agotar el nitrógeno en el suelo, causando un efecto contrario, pues el corte frecuente y bajo reduce el crecimiento y la persistencia de la leguminosa¹⁸.

En el trópico, las leguminosas asociadas con gramíneas mejoran la calidad de la dieta del ganado e incrementan la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica del nitrógeno. Sin embargo, estas ventajas se ven contrarrestadas por la poca persistencia de algunas leguminosas bajo condiciones de pastoreo²⁰.

La baja persistencia puede asociarse a varios factores. Uno es la capacidad para prosperar en suelos poco fértiles, ya sea porque requieran pocos nutrimentos o porque las raicillas superficiales proliferan para aprovechar un mayor volumen de suelo. Independientemente del mecanismo, los requerimientos de los macrominerales P, K y S deben ser bajos para que su persistencia no se vea amenazada²¹.

A través de los años se han probado un buen número de asociaciones de gramíneas y leguminosas. Sin embargo, para implementar una asociación hay que considerar los factores ambientales que pueden llevar al éxito de una asociación en particular. Esto implica que casi siempre las asociaciones que maximizan la productividad cambian de un sitio a otro¹⁰.

Las especies de leguminosas se deben elegir considerando el uso de la pastura, pastoreo o corte y acarreo, así como el hábito de crecimiento de la gramínea acompañante. En el trópico, las gramíneas pueden ser de cualquier tipo, desde la grama que es un pasto corto y casi siempre decumbente (rastrero) hasta uno alto y erecto, como el guinea (*Panicum maximum*). Las leguminosas presentan los hábitos de crecimiento procumbente, erecto y bajo, erecto y alto o bien una combinación de éstos. Para gramíneas de hábito rastrero, se deben preferir leguminosas procumbentes, que sean también rizomatosas, estoloníferas o que posean ambas características¹⁸.

Las mezclas de semillas de leguminosas y gramíneas antes de la siembra son características de las tierras húmedas y templadas, más que de los trópicos. Hasta ahora ha sido difícil encontrar una leguminosa tropical que posea el vigor suficiente para crecer y competir con éxito con las gramíneas de los trópicos.

2.6 *Arachis pinto*.

Uno de los grandes problemas de la ganadería en el trópico es la baja producción de leche y carne, ya que la demanda de estos productos rebasa por mucho a la producción que actualmente se obtiene¹. Las pasturas del trópico húmedo de México están compuestas principalmente por gramíneas de los géneros *Paspalum*, *Axonopus* y, en menor proporción, por especies introducidas de los géneros *Cynodon*, *Digitaria*, *Brachiaria* y *Panicum*. Estas gramíneas no tienen un alto valor nutricional a causa de su inherente baja calidad, así como al manejo deficiente que reciben las pasturas. Quizá el aspecto de mayor importancia es el originado por la estacionalidad de la disponibilidad forrajera, que causa periodos alternos de abundancia forrajera en la época lluviosa y de escasez en el periodo crítico de sequía o "nortes". Asimismo, la penuria nutricional del ganado no es aliviada porque la complementación alimenticia no se aplica por su alto costo^{22,23}. Dentro de las alternativas ofrecidas para mejorar esa situación se encuentra el mejoramiento de las pasturas

mediante la asociación de gramíneas con leguminosas, las cuales mejoran la calidad de la dieta y aumentan o mantienen la fertilidad del suelo.

Es así que en la búsqueda de una leguminosa que se adaptara a las condiciones de clima y suelo del trópico, así como a las condiciones de manejo prevalientes, el Programa de Pasturas Tropicales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Cali, Colombia identificó como leguminosa promisoría a *Arachis pintoi* CIAT 17434, debido a su persistencia bajo pastoreo y superior calidad nutricia.

Arachis pintoi Krap. et Greg. se conoce comúnmente como mani forrajero. Fue recolectado originalmente en Bahía, Brasil, por Geraldo C. Pinto en 1954. Actualmente es una especie promisoría en varios países de América Latina, desde Costa Rica hasta Bolivia¹³. Se adapta a suelos arenosos con materia orgánica mayor al 3% y a climas cálidos, con precipitación pluvial anual de 2000 a 3500 mm y altitudes de 0 a 1800 msnm^{24,25}.

Tiene un alto potencial para ser utilizado en muchas regiones, principalmente en el ecosistema de bosque húmedo tropical, donde la humedad para el crecimiento vegetal no es una limitante; este ecosistema representa el 35% del área de Costa Rica, el 48% en Panamá, el 29% en Honduras y el 14% en México. Además, se adapta bien a un rango de suelos, incluyendo a los ácidos e infértiles ultisoles²⁶.

Sus estolones procumbentes le ayudan a resistir el pastoreo y también le permiten invadir fácilmente cualquier suelo descubierto. Los estolones forman raíces libremente; a diferencia de lo que ocurre con otras plantas rastreras, el daño o la fractura por la pezuña del animal es insignificante⁹.

El valor nutritivo del *Arachis pintoi* es más alto que el de la mayoría de las leguminosas tropicales de importancia comercial. Las especies forrajeras de *Arachis* tienen niveles altos de energía digestible (60% a 70% de digestibilidad de materia seca), así como de proteína cruda (13% a 25%)^{27,13}.

Esta leguminosa se ha tornado en una opción viable en suelos de regiones tropicales cálido-húmedas, como una leguminosa capaz de constituir pasturas monoespecíficas o asociada a gramíneas, que producen forraje de alta calidad nutricional, además de recuperar suelos

degradados²⁶. Por su hábito de crecimiento se asocia bien con gramíneas rastreras de los géneros *Bracharia* y *Cynodon*^{26,27}.

La producción de forraje en la vertiente del Golfo de México, que comprende los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán, se caracteriza por una alta estacionalidad, ocasionada por las variaciones en la precipitación y en la temperatura. Las estaciones climáticas que se presentan en esa región son: 1) "nortes" o invierno, que va desde mediados de noviembre hasta finales de febrero, y tiene una temperatura media de 16°C y 100 mm de precipitación promedio mensual; es una época crítica para la producción de biomasa debido a la alta nubosidad; 2) sequía o "seca", de principios de marzo hasta mediados de junio, que se caracteriza por las altas temperaturas (>25°C) y por una precipitación promedio mensual de 124 mm, y 3) lluvias o verano, durante la cual la temperatura media es de 26±1.5°C y la precipitación promedio mensual de 233 mm. Dicha estacionalidad en la producción de forraje ocasiona también cambios estacionales en la productividad de los animales²³.

La época del año puede afectar significativamente los contenidos de proteína, fibra y materia seca digestible. Sin embargo, en regiones con estaciones bien definidas, el contenido de paredes celulares y la digestibilidad de las hojas y los tallos de *Arachis pintoi* CIAT 17434 no cambia significativamente²⁷.

El *Arachis pintoi*, es una especie geocárpica, es decir, produce las semillas dentro del suelo. La floración se presenta varias veces al año, iniciándose ésta de tres a cuatro semanas después de emerger. La producción de semilla es mayor en suelos fértiles, de textura liviana y un buen contenido de materia orgánica. Aproximadamente el 90% de las semillas se encuentra en los primeros 10 cm del suelo y sus vainas maduras se desprenden al momento de la cosecha, pues no están adheridas a la semilla, como el cacahuate comercial (*A. hypogea*)¹³. Esta característica dificulta cosechar la semilla, por lo cual, a nivel comercial es escasa. Aunque la especie tiene potencial para dar altos rendimientos de semilla, la ausencia de tecnología para producir semilla verificada y un mercado todavía emergente han limitado las iniciativas de producción comercial²⁶. Sin embargo, algunos informes muestran buen augurio en este rubro, pues afirman que *A. pintoi* CIAT 17434 tiene un potencial de 5 t/ha y que se pueden cosechar de 1 a 2 t/ha entre los 14 y 18 meses post-siembra¹³.

Si se tiene en cuenta que para establecer un semillero se requieren 20 kg/ha, la tasa de multiplicación de esta leguminosa sería de 50 a 100, muy superior a la de otras leguminosas tropicales, como el kudzú (*Pueraria phaseloides*), capica (*Stylosantes capitata*) y vichada (*Centrosema acutifolium*)¹¹. En Colombia se han reportado cosechas en un rango de 1500 a 2000 kg/ha; mientras que en Costa Rica el rango fue más amplio, de los 53 a 1500 kg/ha¹⁰.

Es importante enfatizar que *A. pintoi*, por ser una especie geocárpica, presenta limitaciones para la cosecha de semilla. Sin embargo, existen varias opciones para su cosecha comercial, que varían de acuerdo con la infraestructura disponible y la situación socioeconómica de cada país. Las opciones posibles son las siguientes: 1) cosecha manual: es importante en pequeñas áreas (< 0.5ha) en regiones en que la mano de obra sea abundante; 2) cosecha parcialmente mecanizada, es importante en áreas mayores a 0.5 ha y con limitaciones de mano de obra; hay que enfatizar el uso de maquinaria disponible en cada región como palas y arados con el fin de facilitar el arranque; 3) cosecha mecánica: actualmente, en los suelos arenosos de Queensland, Australia, se utiliza una cosechadora que recoge el suelo y semillas, separando simultáneamente ambas partes¹³.

Es difícil cosechar la semilla; sin embargo, existen otras alternativas para su propagación. Por este motivo, se emplea frecuentemente el material vegetativo para establecer nuevas pasturas. Se ha informado que su establecimiento es lento cuando se trata de este medio de propagación¹².

Algunos informes muestran que la propagación vegetativa es una buena opción si se carece de semilla botánica. En este caso, la capacidad de cobertura del suelo depende de la época del año. En un estudio realizado en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, se sembró *A. pintoi* en las épocas de nortes, seca y verano, siendo en verano la mejor época para el establecimiento, tanto por el número de plantas que se desarrollaron como por el suelo que cubrieron²⁶. En Colombia, se ha encontrado que sembrando de esta manera con *Brachiana dictyoneura*, a las 20 semanas post-siembra ésta cubría el 40% del suelo²⁷.

Para la siembra de *A. pintoi* se deben preferir estolones de aproximadamente 20 cm de longitud. Este material se debe sembrar el mismo día de su cosecha; de lo contrario se debe almacenar a la sombra y humedecerse para evitar la deshidratación y la muerte²². La distancia

entre surcos y la cantidad de tallos varía según se requiera un monocultivo o la asociación, pero de cualquier forma, la propagación vegetativa resulta una buena alternativa para su establecimiento.

En las pasturas de *Arachis pintoï*, los animales en pastoreo, que han estado expuestos con anterioridad a la leguminosa, se vuelven más selectivos y en su consumo (digesta) se observa un porcentaje ligeramente mayor de *A. pintoï*, que el resto del forraje en oferta. Las ganancias anuales de peso vivo en las pasturas con *A. pintoï* han variado de 160 a 200 kg/animal/año y de 250 a 600 kg/ha/año, dependiendo de la especie de gramínea acompañante y el estrés ocasionado por la época crítica de la localidad ²⁴.

En Costa Rica, en asociación con *Cynodon nlemfuensis*, mejoró la producción diaria de leche en vacas doble propósito en 14%. En Guápiles, Costa Rica, produjo una ganancia media de peso vivo de 500 g/animal/día con una carga animal de 3.0 novillos/ha en asociación con *Bracharia brizantha* ^{23,24}.

En un estudio realizado en el CEIEGT se obtuvieron ganancias de peso de 319 g/animal/día en becerros recién destetados (150 días de edad) que pastaron una asociación de *A. pintoï* con pasto estrella Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*), donde la leguminosa ocupó el 80% de la composición botánica ²⁵.

Aún en las pasturas con alta presión de pastoreo y en la época seca, las ganancias de peso son mayores en los potreros que contienen *A. pintoï* comparados con aquellos que tienen sólo gramínea. Se puede asociar con gramíneas competitivas. Esta leguminosa persiste bajo una amplia variedad de sistemas de manejo del pastoreo, incluyendo el continuo. La presión de pastoreo alta parece favorecer un mayor contenido de la leguminosa, especialmente en áreas en las que el estrés hídrico durante la sequía no es muy fuerte ²⁴.

Cuando se examina el valor nutritivo de especies forrajeras, es importante buscar factores antinutricionales, como los taninos. Los pocos resultados obtenidos a la fecha indican que *A. pintoï* tiene bajos niveles de taninos condensados, que permiten tasas relativamente lentas de degradación *in situ* de la proteína, en comparación con especies como *Centrosema* que tiene un alto contenido de proteína soluble. Por otra parte, la tasa de degradación *in situ* de las proteínas en especies de *Arachis* es más rápida que en *Desmodium ovalifolium*, que tiene altos niveles de taninos. Esto indica que los taninos condensados en las especies forrajeras de *Arachis* pudieran

proteger parcialmente la proteína de la degradación en el rumen, pero al mismo tiempo, es una fuente adecuada de nitrógeno fermentable (amoniaco del rumen)²⁴.

Arachis pintoi es una especie nueva aún en proceso de evaluación, principalmente en lo referente a su utilidad como forraje: ha mostrado un alto potencial como cultivo de cobertura en cafeto, plátano, palma de aceite y palmito^{11,13}. Las investigaciones preliminares demuestran la capacidad que tiene esta especie para controlar malezas y nemátodos en tomate y café^{29,30}. El empleo de esta leguminosa como cobertura en cultivos perennes es recomendable para la conservación y mejoramiento de los suelos, así como para controlar malezas, ya que tolera la sombra y, por su crecimiento bajo y denso, representa una mejor opción que otras leguminosas tradicionales usadas para este propósito, tales como kudzú (*Pueraria phaseoloides*).

Tiene la ventaja de no poseer hábito de crecimiento voluble (enredadera), lo que ayuda a reducir el costo de mantenimiento³⁰. En la región del norte de Veracruz, *Arachis pintoi* se está convirtiendo en una opción muy atractiva para los citricultores y cafeticultores, quienes han reconocido en esta especie una posibilidad de ahorro por concepto de agroquímicos, principalmente. Las múltiples experiencias en cultivos perennes indican la capacidad de esta planta para suprimir malezas, debido a su denso tejido de estolones (tallos superficiales), que se convierten en una barrera para el crecimiento de especies como el coquillo (*Cyperus rotundus*) y ciertas gramíneas de tipo rastroero¹³.

Los resultados de las investigaciones indican que *Arachis pintoi* es un cultivo de cobertura múltiple, con alto potencial para colaborar con los sistemas de explotación agrícola sostenibles. Esto se debe a su contribución al mejoramiento físico-químico y protección del suelo, reciclaje de nutrimentos, producción de forraje y materia orgánica y manejo integrado de plagas³⁰.

Arachis pintoi es poco resistente a la sequía y sólo soporta periodos hasta de cuatro meses sin lluvia. Sin embargo, posee características que le dan cierta tolerancia, tales como el doblamiento de los folículos, el grosor de las hojas, el largo periodo de fructificación y el enraizamiento profundo³¹.

Existen datos que demuestran que las hojas de *A. pintoi* se caen en respuesta tanto a la sequía como a la inundación. Sin embargo, después de los efectos iniciales de la escasez de agua, la planta mantiene su producción foliar. Mucha de su parte aérea se mantiene a pesar de la sequía,

pero a expensas de las raíces en los estratos superiores del suelo. Un enraizamiento profundo es una característica que puede conferir tolerancia a la sequía al permitir el acceso al agua presente a mayor profundidad ¹².

2.6.1 Tolerancia a la sombra

La capacidad de *A. pintoi* de competir y crecer en asociaciones con gramíneas agresivas, como las especies de *Brachiaria*, se puede explicar en parte por su tolerancia a la sombra ³¹. Muchas gramíneas tropicales son de porte alto y, por tanto, la leguminosa asociada frecuentemente crece en la sombra. Los efectos fisiológicos de la sombra en las plantas que tienen vías contrastantes de fotosíntesis están bien documentados, pero las respuestas diferenciales pueden ser ventajosas para las leguminosas, por ejemplo, durante periodos prolongados de tiempo nublado, como ocurre en el trópico húmedo ^{12,31}. Por ser tolerante a la sombra, esta leguminosa tiene usos alternativos, como cobertura del suelo para mejoramiento del mismo. Las coberturas del suelo constituyen un método efectivo, en términos de costos, para reducir la pérdida de la valiosa capa arable, la subsiguiente degradación en la fertilidad y estructura del suelo y, por ende, la productividad de las huertas de plantación ³¹.

Arachis pintoi tolera la sombra y crece mejor en estas condiciones que a pleno sol. Esto lo confirma un experimento donde la leguminosa fue sometida a diferentes intensidades de luz solar de 70%, 50% y 30% (con una tela de diferentes densidades se daba la sombra); las plantas bajo sombra presentaron una mayor biomasa aérea ¹². Esta característica la hace apropiada para sistemas silvopastoriles de la región tropical-húmeda ²³.

Además, los cultivos de cobertura de esta leguminosa reducen la invasión por malezas y el uso de plaguicidas y contribuyen con nitrógeno a los cultivos de plantación. Dos factores importantes hacen que *Arachis pintoi* sea idónea como cultivo de cobertura y para ayudar a conservar el suelo: su capacidad de crecer en condiciones de sombra y el denso conjunto de estolones enraizados que protegen al suelo de la precipitación de gran intensidad ³¹.

2.6.2 Limitaciones a la adopción de *A. pintoi*

En general, hay una baja adopción de leguminosas forrajeras por parte de los agricultores de la región tropical húmeda. Los productores y los agentes de extensión no están concientes o no están totalmente convencidos del beneficio de la leguminosa²³. Algunos investigadores creen que la principal limitación es el desconocimiento del producto por parte de los agricultores. Pero ciertamente ésta no es la única limitación. En términos de costos de siembra y tiempo que debe transcurrir antes de que el *Arachis* haga una contribución significativa en asociaciones de gramínea y leguminosa (1-2 años), es una tecnología relativamente costosa para que un agricultor la introduzca³².

Otros dos factores limitan también su adopción. En primer lugar faltan demostraciones a nivel del productor que documenten los beneficios de la leguminosa en términos de producción animal y mejoramiento del suelo. En segundo lugar, la semilla es escasa. La especie tiene potencial para dar altos rendimientos de semilla, pero la ausencia de una tecnología de producción de semilla ha limitado las iniciativas de producción comercial de la misma²³.

2.6.3 Perspectivas futuras

No se cuestiona el valor nutritivo de las especies de *Arachis* como forraje, como heno y como cultivo de cobertura. Se ha demostrado su potencial como especie forrajera a nivel de finca en Australia, Colombia y Costa Rica: como cultivo productor de heno, en Florida, y como cultivo de cobertura, en Colombia y Costa Rica. Pero la realidad es que aún no se han sembrado grandes áreas a escala comercial. No obstante, la mayoría de los científicos y productores que han trabajado con esta especie, son entusiastas de la leguminosa³².

Los agricultores están dispuestos a adoptar las nuevas variedades de gramíneas, pero no aceptan a las leguminosas, a menos que estén convencidos de las ventajas de esa nueva tecnología²³. La estabilidad de las asociaciones de *Arachis pintoi* y gramíneas, o sea, la alta persistencia con gramíneas vigorosas bajo pastoreo intensivo durante periodos superiores a 10 años, junto con el aumento en la productividad de la asociación en comparación con la gramínea

sola, es razón suficiente para dedicar esfuerzos para lograr una mayor adopción. La investigación futura sólo se justificará en la medida en que los agricultores adopten el *Arachis pintoi*³².

2.7 La técnica de la fistula esofágica para muestreo del forraje consumido en pastoreo

El mayor problema de la investigación en pastoreo es conocer y determinar qué plantas o qué partes de la planta son consumidas por el animal. Sin embargo, el análisis directo de las pasturas no es un método seguro para estimar la composición botánica y la composición química de la dieta seleccionada por los animales, debido a las dificultades para obtener muestras representativas de las plantas que éstos consumen. Por esta razón, los animales fistulados en el rumen y en el esófago se utilizan con frecuencia como recolectores de forraje. La recolección de muestras con animales fistulados en el esófago es sencilla, no altera la fisiología del animal y, en muchos casos, asegura una mayor precisión que las muestras tomadas en el rumen^{33,34}. A través de los años se han usado varios métodos para estimar la cantidad, calidad y composición botánica de la dieta de animales domésticos y fauna silvestre. Ferrel et al. en 1953³⁵ usaron una estimación visual del contenido del estómago para determinar los hábitos alimenticios del coyote. Talbot y Talbot³⁶, en 1962, analizaron el contenido del rumen de ungulados en África Oriental para determinar las plantas y las partes de la planta consumidas. Con la utilización de la técnica de la fistula esofágica, Torrel, en 1954³⁵, encontró que era posible obtener y recolectar muestras representativas del material consumido por los rumiantes³⁷.

Desde su primer uso por Torrel³⁵, la técnica ha sido utilizada con mayor frecuencia. Los problemas que inicialmente se presentaron para establecer y mantener la fistula han disminuido al mejorar los procedimientos quirúrgicos, el manejo y cuidado post-operatorio y disminuir el tiempo de cicatrización³³.

Se han descrito cirugías en borregos y ganado por diversos autores y se han usado procedimientos similares en otras especies, incluyendo renos en el Institute of Arctic Biology en Fairbanks en Alaska. La cirugía debe realizarse en no más de 30 min. Sólo las ovejas requieren una anestesia con barbitúricos de corta duración; para el ganado, una anestesia local y una sedación con Rompun[®] es satisfactoria. Es recomendable esperar 2 ó 3 meses para la

recuperación completa del animal antes de someterlo a una rutina de muestreo. La pérdida de líquido puede ser rápida si el tapón de la cánula es removido o llega a perderse, lo que puede causar pérdida de sodio en el animal. Por esto se recomienda proveer al animal de bloques de sal o sal mineralizada. La vigilancia de la fistula y la cánula debe ser rutinaria. Debe procurarse que el tapón de la cánula siempre esté en su lugar y bien colocado³³.

2.8 Justificación del trabajo.

La asociación gramínea/leguminosa resulta una alternativa para mejorar la calidad de los pastos del trópico y aumentar los niveles de producción, el uso de *Arachis pintoi* es muy promisorio, para lograr esa mejora en el trópico húmedo de México, por lo cual, es de suma importancia conocer si en realidad es consumido por el ganado, y saber en qué proporción se ve mejorada la dieta de los animales, en cuanto a su contribución de PC, digestibilidad y composición botánica.

2.8.1 Hipótesis.

La asociación de *Arachis pintoi* CIAT 17434 a la grama nativa de pastizales tropicales, altera la composición botánica, la digestibilidad y el aporte de la PC de la dieta y la selección que realizan vacas lecheras en condiciones de pastoreo, en el trópico húmedo de México.

2.8.3 Objetivos.

- Conocer si el *Arachis pintoi* CIAT 17434 es consumido por las vacas en pastoreo y en que porcentaje, por medio de dos vacas fistuladas al esófago.
- Conocer la composición botánica de la pastura asociada y si esta se ve mejorada por el *A. pintoi*, así como el rendimiento de materia (MS) , en comparación con la pastura de sólo grama nativa.
- Saber si la calidad de la dieta obtenida de la extrusa consumida por las vacas fistuladas en pastoreo: proteína cruda (PC) y digestibilidad (DISMS), se ve mejorada por la implementación del *A. pintoi*, en comparación con la pastura de sólo grama nativa. Así como en el forraje de ambas pasturas, obtenido mediante la técnica de "hand picking".

- Observar el comportamiento en pastoreo de las vacas lecheras, en la pastura de solo grama nativa (GN), como en la pastura asociada, grama nativa *A.pinto* (GN + *Ap*); así como medir la producción láctea, en ambas pasturas para conocer la cantidad de leche vendible, y si se ve mejorada por el *A. pinto*.
- La publicación en la Revista Veterinaria México, así como en las revistas destinadas a los forrajes.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización, clima y suelos

El presente estudio se efectuó en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México. Ubicado en el km 5.5 de la carretera federal Martínez de la Torre – Tlapacoyan. Su situación geográfica es 97° 03' de longitud oeste, 20° 04' de latitud norte y 105 msnm. El clima es cálido y húmedo sin una estación seca definida; se clasifica como Af(m)w'(e) ³⁰ y presenta 23.5 ± 0.5 °C y 1981 ± 392 mm de temperatura y precipitación medias anuales, respectivamente. El suelo es un Ultisol ácido (pH 4.5-5.2), con bajo contenido de fósforo asimilable (1-2 ppm) y contenido medio de materia orgánica (2%-3%); la capa superior de suelo (horizonte A) es delgada, no mayor de 20 cm, y presenta afloraciones de "tepetate", material endurecido que impide la infiltración del agua, por lo cual los terrenos presentan áreas aisladas con drenaje deficiente ³¹

3.2 Duración del experimento

El experimento en su fase de campo se llevó a cabo del 22 de Septiembre de 1999 al 25 de Noviembre del mismo año. La parte correspondiente a la DISMS y la obtención de PC se realizó en los meses de Octubre y Noviembre del 2000.

3.3 Manejo del pastoreo

El experimento se realizó en el módulo de doble propósito del CEIEGT. Se usaron dos potreros de 2.5 ha cada uno. De éstos, uno se encontraba establecido con sólo grama nativa (GN), el cual fue el tratamiento testigo, y en el otro se asoció a la grama nativa con la leguminosa *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), que fue el tratamiento experimental. Cada potrero contó con 7 divisiones, cada una dividida a su vez en tres subdivisiones de 55 m x 22 m, lo que dio un total de

21 divisiones por tratamiento. El ciclo de pastoreo fue de 21 días, con un día de pastoreo y veinte de recuperación.

Para ambos tratamientos, la carga animal fue de 3.2 vacas/ha en el periodo lluvioso. Permanecieron fijos 5 animales durante el año; sólo durante las lluvias se agregaron tres animales "volantes" (put & take). Se contó con tres vacas fistuladas al esófago, las cuales fueron usadas como animales "volantes" durante los periodos de medición.

3.4 Estimación del forraje presente en la pastura

La materia seca presente antes (MSPAP, kg/ha) y después (MSPDP, kg/ha) del pastoreo se estimó en cada una de las 21 subdivisiones. El método utilizado fue el del rendimiento comparativo, desarrollado por Jones y Haydock (1975)⁴⁰. Este consiste en seleccionar cinco puntos de referencia, los cuales presentan niveles crecientes de forraje. Primero se seleccionan dos puntos que representen el nivel más bajo y el nivel más alto de disponibilidad, a los cuales se les asigna los valores de 1 y 5, respectivamente; luego, se selecciona el punto intermedio entre estos dos valores, al cual se le asigna el valor de 3. Ya definidos los puntos anteriores, se seleccionan los que representen las disponibilidades de 2 y 4, valores intermedios entre el 1 y el 2, y entre el 3 y el 5, respectivamente⁴⁰. Estos puntos se marcan con estacas para localizarlos con facilidad si es necesario. Antes de realizar la evaluación visual, el observador debe observar detenidamente y memorizar el forraje en cada punto de la escala. Se evalúan visualmente al menos ochenta puntos distribuidos por todo el potrero. Para la evaluación visual, se utiliza un marco de 0.25 m² (0.5 m x 0.5 m) y a cada punto se le da un valor que depende de la similitud que guarde el forraje contenido en el cuadro con aquél de la escala de referencia. Al finalizar la evaluación visual, se corta el forraje contenido en cada uno de los cinco puntos utilizados como escala y se pesa tanto en fresco como en seco, después de la deshidratación en estufa de aire forzado a 65° C hasta peso constante.

El método del rendimiento comparativo constituye una alternativa a la medición directa de la disponibilidad forrajera, que además de costosa, es destructiva. Su uso es particularmente recomendable cuando la población a evaluar es altamente variable. Así, es preferible tomar muchas muestras con una precisión no muy alta, pero aceptable, en lugar de pocas muestras con

una precisión poco aceptable. El método del rendimiento comparativo no es destructivo y permite tener un gran número de estimados en rendimiento en corto tiempo, por lo que es particularmente valioso en los experimentos que incluyen pastoreo y, por lo tanto, en potreros relativamente grandes.

3.5 Composición botánica de las pasturas

Simultáneamente a la determinación del forraje presente, se estimó su composición botánica por medio del método de rangos de peso seco desarrollado por t' Mannetje y Haydock (1963) ⁴¹. Se utilizó un cuadrante de 0.25 m² (0.5 m × 0.5 m). Dentro de éste se definió visualmente qué especie o grupo de especies constituía la mayor parte de la materia seca contenida en el cuadrante, y se le dio el lugar o rango 1; luego, a la especie o grupo de especies que le seguía se le dio el rango 2 y, finalmente, a la especie o grupo de especies que ocupaba el último lugar, se le dio el rango 3. En caso de empate, se asignó simultáneamente a las especies o grupos de especies empatados el primero y segundo lugar o el segundo y tercer lugar. Cuando sólo hubo una especie o grupo de especies en el marco, a ésta se le dieron los tres lugares ⁴². Se consideraron los componentes botánicos siguientes: gramínea introducida (GI), grama nativa (GN), leguminosa nativa (LN), *Arachis pintoi* (AP), malezas de hoja ancha (ANC) y malezas de hoja angosta (ANG). Como en el caso de la estimación del forraje presente, en este caso se tomaron también ochenta muestras visuales en cada subdivisión. En el apartado de anexos, se muestra un ejemplo de cómo calcular la contribución de cada especie o grupo de especies a la composición botánica.

3.6 Composición botánica del forraje ingerido

Se dispuso de tres vacas fistuladas al esófago (VFE) que pastaron en cada tratamiento. Se colectó un kilogramo de extrusa esofágica por vaca, dejándolas pastar de 6:00 a 8:00 hrs y de 18:00 a 20:00 hrs, el cual se homogenizó y, mediante presión suave contra una "manta de cielo", se eliminó el líquido presente. Medio kilogramo fue congelado para determinar su composición botánica (CBO) mediante la técnica del cuadrante de punto adaptada a mediciones microscópicas

⁴³

Se utilizaron 400 g de la muestra previamente homogenizada y se colocaron en una bandeja de acrílico; ésta se desplazó de izquierda a derecha a intervalos de 1 cm hasta llegar a visualizar 40 puntos; se hizo avanzar la bandeja 1 cm en sentido contrario y se contaron 40 puntos; el procedimiento se repitió cinco veces hasta sumar 200 puntos de un lado de la bandeja. Después, se giró la bandeja 180° y se contaron otros 200 puntos, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, para dar un total de 400 puntos. Cada punto se registró en un contador mecánico con indicadores individuales para los componentes: *Arachis pintoi*, leguminosas nativas, gramíneas y otras especies. El porcentaje de cada componente (X) se calculó con la fórmula:

$$X = (\text{número de puntos de pasto} / \text{número total de puntos identificados}) \times 100$$

El método del cuadrante de punto adaptado a mediciones microscópicas para el análisis botánico da una estimación satisfactoria de la composición de las especies en porcentaje en base a peso seco para muestras obtenidas a partir de animales con fístula esofágica⁴³.

3.7 Calidad nutritiva del forraje ofrecido e ingerido

Las muestras de planta completa, producto del corte a ras de suelo, no son representativas del forraje que el animal consume en pastoreo. Por tal motivo, en este estudio se emplearon dos técnicas que pueden dar valores más apegados a la realidad porque se considera que se obtienen muestras representativas de las plantas que éstos consumen al pastar. Estas fueron el muestreo manual del forraje imitando al pastoreo, conocido en inglés como "hand plucking", y la obtención de extrusa esofágica a partir de las VFE. En esta última técnica, la recolección de muestras es sencilla, no altera la fisiología del animal y asegura una mayor precisión que las muestras tomadas en el rumen³⁴.

En cada subdivisión se tomaron ochenta muestras manuales simulando el pastoreo ("hand plucking"), las cuales se mezclaron en una sola muestra compuesta. Esta se secó en una estufa de aire forzado a 65°C por 72 h para determinar el contenido de materia seca (MS); ya seca se molió en un molino Willey con una criba de 1 mm y en ese material se determinó el contenido de

proteína cruda (PC, %) por el método de Kjeldahl y la digestibilidad *in situ* a 48 h, de acuerdo al método de Orskov y McDonald⁴⁴. En ambos casos, las determinaciones fueron por triplicado.

El procedimiento para colectar la extrusa esofágica ya se describió anteriormente. Medio kilogramo de ésta se mantuvo en refrigeración a 5° C hasta que se determinaron el contenido de PC (Kjeldahl) y la digestibilidad *in situ*. Para el caso de la PC, la muestra se extrajo del refrigerador, se secó y molió siguiendo los procedimientos descritos arriba. Para el caso de la digestibilidad *in situ*, se permitió que el material frío alcanzara la temperatura ambiente, se pesó y luego se introdujo al rumen de un toro con fistula ruminal y cánula permanente, que se mantenía en pastoreo normal antes y después de ser requerido, en un potrero distinto al del experimento, establecido con grama nativa. Se incubaron las muestras por triplicado, usando los tiempos de digestión de 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 horas; con esos datos se calcularon la digestión total y la tasa de digestión (Orskov y McDonald)⁴⁴.

3.8 Comportamiento ingestivo

Se realizaron observaciones de los "hábitos de pastoreo" por 24 h continuas, un día sí y dos días no durante el ciclo de pastoreo de 21 días, lo cual resultó en siete días de observaciones. Utilizando un muestreo directo de barrido, cada 15 minutos se registraron las actividades que realizaban las cinco vacas fijas y las tres volantes.

Se usaron dos vacas, una por observador, para estimar el número de bocados diarios. Esto se estimó contando el número de bocados que dio el animal durante los últimos 10 minutos de cada hora, dentro del mismo periodo de 24 h de "hábitos de pastoreo".

3.9. Diseño experimental

Los animales fijos se escogieron de aquéllos del hato general que presentaron un número igual de lactancias y una producción previa similar a las vacas que están en el Centro. Una vez

seleccionados, se asignaron aleatoriamente a los dos tratamientos. En ningún momento se utilizó la producción de leche o el número de partos paridad formar bloques.

De esta forma se obtuvo un "diseño experimental" completamente aleatorizado porque la asignación de las unidades experimentales (los animales) a los tratamientos fue aleatoria. Por otra parte, el "diseño de tratamientos" fue similar al de parcelas divididas, considerando al tratamiento como parcela mayor y al día de medición (tiempo), como la subparcela.

Con el fin de remover del error experimental la variación concomitante producida por el nivel productivo de la vaca en la lactancia previa o por partos, estas características fueron utilizadas como covariables.

3.9.1. Variables de respuesta

Las variables de respuesta que se generaron son de tipo cuantitativo, pero algunas se expresaron en porcentaje. En tal caso, los porcentajes se convirtieron a medidas angulares con la fórmula $\arcsenov\%/100$.

Las variables de respuesta fueron las siguientes:

3.9.1.1. En la pastura

- a. Materia seca presente antes (MSPAP) y después (MSPDP) del pastoreo, en kg/ha.
- b. Composición botánica de la pastura antes (CBA) y composición botánica después del pastoreo (CBD), en porcentaje.

3.9.1.2. En el forraje consumido

- a. Composición botánica de la extrusa esofágica (CBX), en porcentaje

3.9.1.3. Comportamiento ingestivo del animal

- a. Tiempos de pastoreo (TP) y rumia (TR), en minutos por día.
- b. Número de bocados por minuto.

3.9.1.4. En la pastura y en el forraje consumido

- a. Digestibilidad *in situ* de materia orgánica (DISMS) y proteína cruda (PC) del forraje en oferta, en porcentaje.
- b. Digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMS) y proteína cruda (PC) del forraje consumido, en porcentaje.

3.9.1.5. Comportamiento productivo del animal

- a. Producción diaria de leche vendible (PLV), en kg/vaca/día.

3.9.2. Análisis estadístico

Los animales se usaron como unidades experimentales y fueron asignados aleatoriamente a los dos tratamientos, lo que constituyó un diseño experimental completamente al azar. En el animal se efectuaron mediciones que se repitieron en el tiempo, al transcurrir el ciclo de pastoreo. Se conoce que los partos y la producción en la lactancia previa afectan el nivel productivo de la lactancia que se está midiendo. Sin embargo, en un análisis previo no fueron significativos ($P > 0.05$) por lo que no se incluyeron en el análisis.

3.9.3. Análisis de varianza

Considerando lo anterior, el modelo lineal aditivo que se usó para analizar la varianza de las variables de respuesta fue el siguiente:

$$Y = M + P_j + A(P)_j + T_k + (P \cdot T)_{jk} + E_{jk}$$

Donde:

Y: Es cualquiera de las variables de respuesta

M: Es la media general

P_j : Es el efecto de la j -ésima pastura (j = grama nativa (GN), grama nativa más *Arachis pinto* (GN + A_p)

$A(P)_j$: Variación entre animales dentro de pasturas, usado como error para probar el efecto de pasturas

T_k : Es el efecto del k -ésimo día de medición ($t= 1,2,3,4,5,6$)

$(P \cdot T)_{jk}$: Efecto combinado (interacción de la j -ésima pastura por el k -ésimo tiempo de medición).

E_{jk} : Variación residual, usada como error para probar el efecto principal de tiempo y la interacción Pastura - Tiempo

3.10 Factores a considerar dentro del experimento

Dentro del experimento intervinieron muchos factores, que al momento de realizar el protocolo no fueron tomados en cuenta, pues fueron ajenos a la idea planteada originalmente. Sin embargo, esta serie de eventualidades fueron solucionándose y se procuró en todo momento no afectar las variables que serían medidas. Así, el número de vacas fistuladas al esófago disminuyó de tres a dos; tomando en cuenta la cantidad de muestra que se requería para realizar las observaciones visuales de la dieta, ambas vacas proporcionaron la cantidad suficiente de muestra.

La digestibilidad *in situ*, tan sólo pudo ser desarrollada en un animal, pero diversos estudios demuestran que no existe gran variación en las tasas de digestibilidad entre animales, por lo que no fue necesario el uso de más animales para evaluar la digestibilidad de la MS y de la proteína cruda contenida en la dieta, para este experimento; aún así, la cantidad de repeticiones elaboradas para la obtención de la digestibilidad y la proteína cruda de cada potrero fueron relevantes.

Por un déficit de catalizador para determinar proteína cruda por el método de Kjendahl, las muestras no se analizaron sino hasta después de un año de haberse obtenido en el campo. No obstante, estas se conservaron en buenas condiciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Materia seca presente antes (MSPAP) y después del pastoreo

La cantidad de MS presente antes del pastoreo en la pastura de GN + Ap fue mayor a la de la pastura GN (Figura 1), y tal diferencia resultó ser significativa ($P < 0.05$, Cuadro 1), lo cual indicó que la asociación con la leguminosa favoreció al rendimiento de la pradera. Los valores antes del pastoreo fueron de 7203 kg MS/ha en la pradera asociada, contra 6201 kg MS/ha de la pastura testigo. Después del pastoreo se siguió manifestando la diferencia, y fue significativa ($P < 0.05$, cuadro A), con valores de 6223 kg/ha para la pastura asociada y de 5494 kg/ha para la pastura de GN. Cabe destacar que la cantidad de MS seca en la pastura de GN + Ap después del pastoreo (6223kg/ha) fue mayor que la cantidad de MS de la GN antes del pastoreo (6201 kg/h). Esto se debió a que los componentes botánicos de la pradera asociada aumentaron al incluir el *Arachis pintoi*, las contribuciones de otros componentes como leguminosas nativas y malezas de hoja ancha y angosta aumentaron con respecto a los de la pastura de GN. Ambas situaciones influyeron en la mayor materia seca presente de las pasturas asociadas.

Un estudio realizado en el CEIEGT mostró que *Arachis pintoi* CIAT 17434 tuvo una alta producción de MS, sobre todo cuando el corte se realizó a las 12 semanas de rebrote¹⁰.

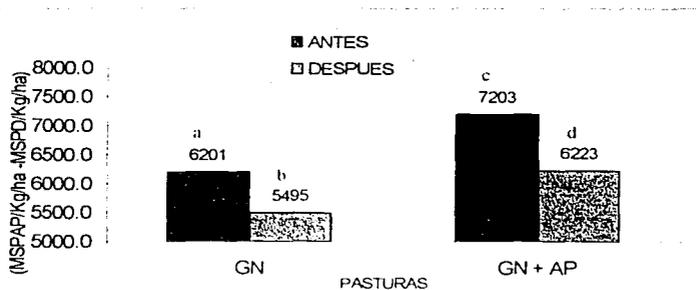
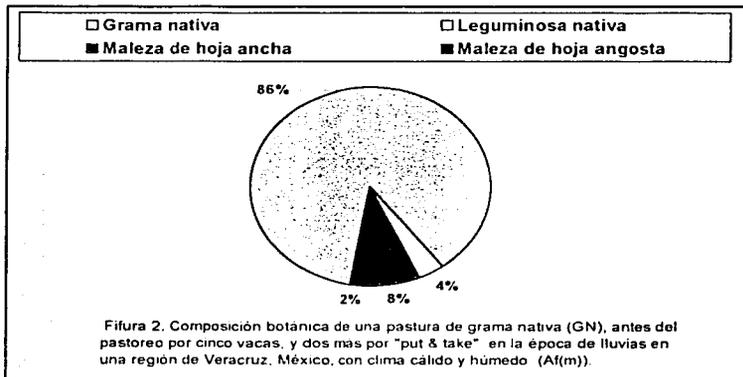
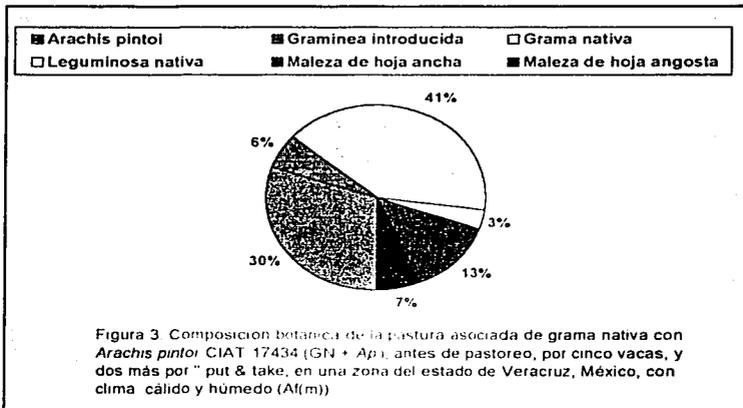


Figura 1. Disponibilidad de materia seca presente antes (MSPAP), y después del pastoreo (MSPDP), en las praderas con grama nativa (GN) y grama nativa asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), en la época de lluvias en el trópico húmedo de Veracruz, México a, b, c, d

4.2 Composición botánica de la pastura antes (CBA), y después (CBD) del pastoreo

Antes del pastoreo pudo observarse el predominio de la grama nativa, que contribuyó con 86% a la composición botánica (Figura 2), en tanto que la contribución de las demás especies fue muy baja. En la composición botánica de la pastura asociada (Figura 3), la leguminosa en estudio, *Arachis pintoi*, fue altamente significativa ($P < 0.01$, Cuadro 2), se encontró en un 30%, nivel considerado como óptimo para obtener el mayor beneficio de las leguminosas⁷. El N que proporcionan dichas plantas incrementa tanto la cantidad como la calidad de la proteína (Figura 14), además de que mejora la calidad nutricia de la gramínea acompañante²⁴. Aparentemente, también se beneficiaron las demás especies de la pastura, ya que aumentaron sus porcentajes de presentación con respecto a la GN, resultando también altamente significativas ($P < 0.01$, Cuadro 2) con excepción de la leguminosa nativa, la cual disminuyó y no fue significativa ($P > 0.05$, Cuadro 2). Esto puede explicarse por el mayor consumo de esta especie por los animales o por la competencia con los demás componentes.

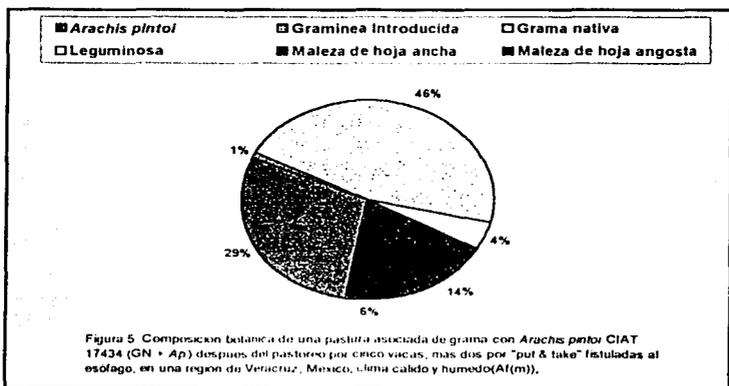
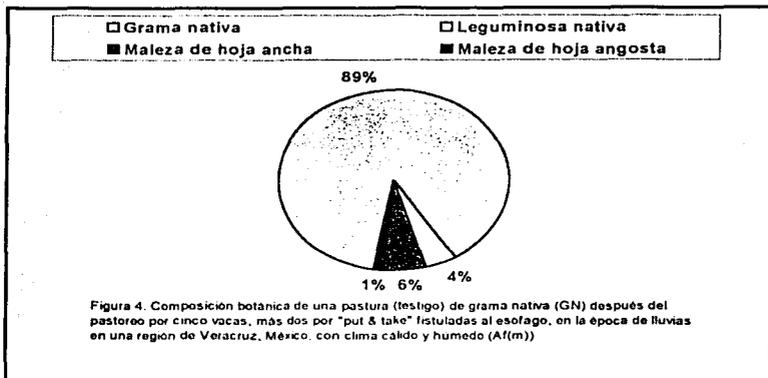




El comportamiento de la composición botánica de las pasturas después del pastoreo con respecto a antes del pastoreo mostró una relación interesante en cuanto a las contribuciones de los componentes en ambos potreros. Se observó que en los potreros de grama nativa (Figura 4) aumentó el porcentaje de GN en tres puntos porcentuales (del 86% al 89%), siendo altamente significativa ($P < 0.01$, Cuadro 3), mismos que disminuyeron, en conjunto, las malezas de hoja angosta (de 2% a 1%) y de hoja ancha (de 8% a 6%). No existió un cambio en el porcentaje de la leguminosa nativa (4%), lo cual pudo deberse a que estas especies estuvieron localizadas en los linderos de las divisiones, bajo el alambre del cerco eléctrico, por lo que no alcanzaron a ser consumidas en una alta proporción. Aún así, la complementariedad entre la especie que aumentó y las que disminuyeron fue evidente. Este mismo patrón se presentó también en la pastura asociada

(Figura 5), donde los puntos porcentuales en que los componentes botánicos disminuyeron (*Arachis pintoi* de 30% a 29%, maleza de hoja angosta de 7% a 6% y gramínea introducida de 6% a 1%) fueron equivalentes a los puntos porcentuales de las especies que aumentaron (grama nativa de 41% a 46%, leguminosa nativa 3% a 4% y maleza de hoja ancha 13% a 14%), ($P < 0.01$, Cuadro 3). Estos cambios en los componentes botánicos dentro de las pasturas se aprecian mejor en los Cuadros A y B, y más que nada se deben al efecto del pastoreo selectivo de los animales sobre los componentes más gustosas (*gramínea introducida* y *Arachis pintoi*) , así como al efecto diferente que el pisoteo tuvo sobre cada componente.

El número de divisiones y, por lo tanto, los tiempos de estancia y recuperación que se utilizaron en cada división, tuvieron un efecto marcado sobre la composición botánica y productividad de las pasturas. El nivel de modificación se dió en los componentes botánicos mayores de la pastura ⁴⁵. En Queensland, Australia, se observaron tendencias negativas del pastoreo, pues las especies más apetecibles disminuyeron y las menos gustosas y los pastos perennes postrados aumentaron ⁴⁶, lo que hizo que la calidad nutricia de la pradera disminuyera. Existen estudios que sugieren que aunque disminuyan los componentes botánicos menos palatables, la calidad de la hierba puede no declinar, particularmente cuando se logran altos niveles de utilización de la pastura ⁴⁷. En el presente experimento, las tendencias en los porcentajes, muestran una disminución de el *Arachis pintoi* y la gramínea introducida, que serían los componentes con mayor gustosidad de la pradera, por eso la calidad de la dieta de la pastura asociada, es mejor que la de las pasturas de grama nativa, donde las especies que disminuyen, son las malezas en conjunto.



CUADRO A. Comportamiento de los componentes botánicos de la pastura de sólo grama nativa (GN), antes y después del pastoreo, en la época de lluvias, en una región de Veracruz, México con un clima cálido y húmedo (Al(m)).

COMPONENTE *			ANTES PASTOREO	DESPUÉS PASTOREO
Grama	Nativa	(GN)	86%	89%
↑				
Leguminosa	Nativa	(LN)	4%	4%
=				
Maleza de Hoja Angosta		(MN)	2%	1%
↓				
Maleza de Hoja Ancha		(MA)	8%	6%
↓				
TOTAL			100%	100%

* La flecha indica el sentido del cambio: ↑, aumentó; ↓, disminuyó; =, no cambió.

CUADRO B. Comportamiento de los componentes botánicos de la pastura de grama nativa (GN) y asociada con *Arachis pintoii* CIAT 17434 (GN + Ap), antes y después del pastoreo, en una región de Veracruz, México con un clima cálido y húmedo (Al(m)).

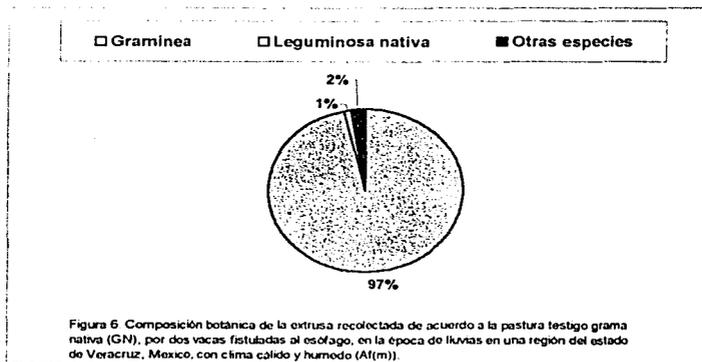
COMPONENTE *			ANTES PASTOREO	DESPUÉS PASTOREO
<i>Arachis</i>	<i>pintoii</i>		30%	29%
↓				
Grama	Nativa	(GN)	41%	46%
↑				
Grama	Introducida	(GI)	6%	1%
↓				
Leguminosa	Nativa	(LN)	3%	4%
↑				
Maleza de Hoja Angosta		(MN)	7%	6%
↓				
Maleza de Hoja Ancha		(MA)	13%	14%
↑				
TOTAL			100%	100%

* La flecha indica el sentido del cambio: ↑, aumentó; ↓, disminuyó; =, no cambió.

4.3 Composición botánica de la extrusa esofágica

La extrusa recolectada de la pastura de GN mostró que la mayoría del forraje seleccionado (97%) correspondió a las gramíneas presentes en el potrero, resultando significativas ($P < 0.01$, Cuadro 4) y un porcentaje muy bajo correspondió a la leguminosa nativa (1%) y a otras especies (2%), en las que se incluyeron las malezas de hoja ancha y angosta (Figura 6).

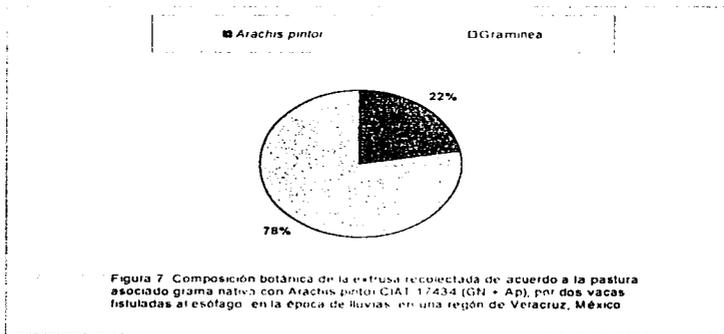
La experiencia que el ganado fistulado al esófago tiene antes de introducirse a la pradera bajo prueba puede influir en la dieta seleccionada y esto puede sesgar la estimación de los valores nutritivos de la hierba consumida por el ganado residente, aquél que pasta continuamente en la pradera. Sin embargo, la influencia de la experiencia previa en los valores de la muestra extraída de la fistula esofágica en el ganado no está plenamente dilucidada⁴⁹. En este estudio, al existir en los potreros de sólo grama nativa un porcentaje elevado de una sola especie, la extrusa recolectada se presentó en un elevado porcentaje (97%), lo cual pudo deberse a que en los valores consumidos de una especie no influye la experiencia previa en el pastoreo, pues el animal consume lo que existe en mayor oferta y que le es más agradable.



En el presente experimento, la extrusa de la pastura asociada (GN + Ap) presentó un porcentaje de *Arachis pintoi* de 22% (Figura 7), valor inferior al ofrecido en la pastura, que fue de 30 %, lo que indicó que el ganado consumió *A. pintoi* en proporción menor a la de la pastura. Sin embargo, ese valor (22%), fue significativo ($P < 0.01$, Cuadro 4), y no fue muy distinto del informado en el experimento de Costa Rica para *B. Brizantha* + *A. pintoi* con carga alta, donde la leguminosa fue consumida en un 23.6%⁴⁹.

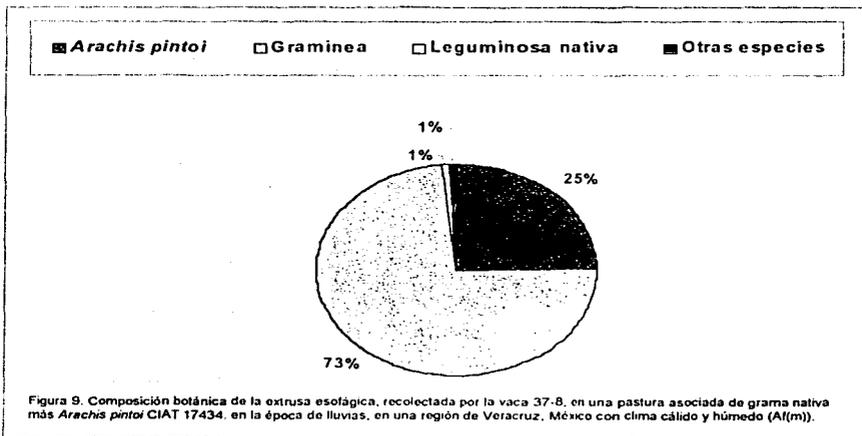
Este resultado (22%) difiere de un estudio realizado en Carimagua, Colombia, en pasturas de *A. pintoi* CIAT 17434 asociados a *Brachiaría spp.*, donde la pastura presentó 28% de la leguminosa en la época de seca y de 58% en la época húmeda. Los valores de *A. pintoi* en la dieta seleccionada por los novillos fistulados al esófago fueron de 37% y 60%, respectivamente, lo que indicó que los animales seleccionaron la leguminosa en un mayor porcentaje en la época de seca y en casi el mismo porcentaje que la gramínea en la época húmeda⁴⁹.

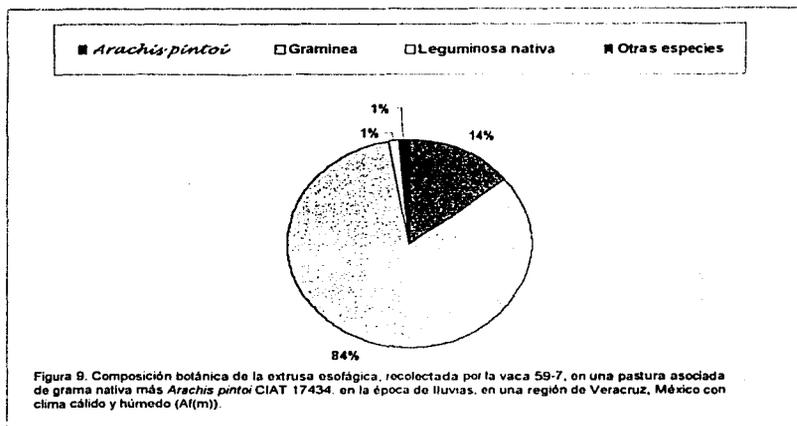
En un experimento realizado en la zona atlántica de Costa Rica, se usaron seis novillos fistulados al esófago y se permitió que se adaptaran a una pastura de *Brachiaría brizantha* (*Bb*) y *Brachiaría humicicola* (*Bh*) asociadas con *A. pintoi* (*Ap*), a las cuales se les aplicaron dos cargas animal: una alta (3.00 UA/ha) y otra baja (1.75 UA/ha) . En la asociación de *Bh* + *Ap* la pastura contenía 24.7% y 49.6% de la leguminosa para las cargas baja y alta, en tanto que la dieta presentó 29.5% y 53.0% de leguminosa respectivamente. En la asociación *Bb* + *Ap* los valores de la pastura fueron 9.7% y 19.0% y de la dieta, 12% y 23.6%, para las mismas cargas animal⁴⁹.



La composición botánica de la extrusa obtenida de cada una de las dos vacas utilizadas en el experimento mostró diferencias en cuanto a los porcentajes de leguminosa consumidos, pues seleccionaron *A. pintoi* a razón de 25% la vaca 37-8 (Figura 8) y 14% la vaca 59-7 (Figura 9). Ambas vacas tenían experiencia en el consumo de la leguminosa, por lo cual la diferencia sólo puede explicarse como un efecto de la variación individual en la preferencia por la leguminosa. En un estudio efectuado también en Carimagua, Colombia, se introdujeron dos grupos de novillos, uno adaptado a consumir *A. pintoi* (grupo 1) y otro sin experiencia (grupo 2) a una asociación de *Brachiaria dictyoneura* + *A. pintoi*; los novillos del grupo 1 seleccionaron 47% y los del grupo 2 seleccionaron un 37% de *A. pintoi*⁵⁰.

Los resultados de los estudios mencionados y los del presente experimento confirman que el *A. pintoi* es una leguminosa que es ingerida por vacas y novillos con experiencia previa en el consumo de la misma⁵⁰. Por tanto en el estudio, esta diferencia en la ingesta, se debe a la selección de cada animal.





4.4. Comportamiento ingestivo del animal

Los animales en GN + Ap emplearon significativamente menos tiempo pastoreo ($P < 0.05$, Cuadro 5) y rumiando ($P > 0.01$, Cuadro 5) y más tiempo en otras actividades que los animales en la GN. Para la asociación GN + Ap el tiempo de rumia fue de 435 min, el de pastoreo fue de 281 min y 734 min se destinaron para otras actividades (Figura 10). Los valores para la GN fueron: 542 min para el pastoreo, 372 min para la rumia y 526 min para otras actividades.

Los valores encontrados en este experimento concuerdan, en lo general, con los intervalos de tiempo de pastoreo, que son similares para ovejas y ganado: 270 min a 870 min diarios. El tiempo de rumia está dentro de los valores que señala la investigación varía de 90 min a 945 min al día. Generalmente, los tiempos de reposo o cuando los animales permanecen echados van de 300 min a 540 min diarios⁵³.

Los hábitos de pastoreo varían con la cantidad y digestibilidad del alimento disponible en la pastura. Entre el 62% y el 83% de la rumia se realiza cuando los animales están en descanso⁵¹. Esto explicaría los valores expresados para otras actividades, que fueron mayores en la pastura

asociada, ya que al representar ésta una dieta más digerible, el animal destinó su tiempo a actividades como descansar, caminar, defecar y orinar.

Los animales en una pastura de buena calidad registran tiempos de pastoreo iguales o menores a 420 min /día; este valor fue muy parecido al encontrado para la pastura GN + Ap, que fue de 435 min. En las pasturas de baja calidad o de baja producción, los tiempos de pastoreo pueden extenderse hasta 600 min /día. Esto también se reflejó en la pastura de GN cuyo tiempo de pastoreo fue de 542 min, cercano a los valores típicos de las pasturas de baja calidad, que se citan en la literatura^{52,53,54}.

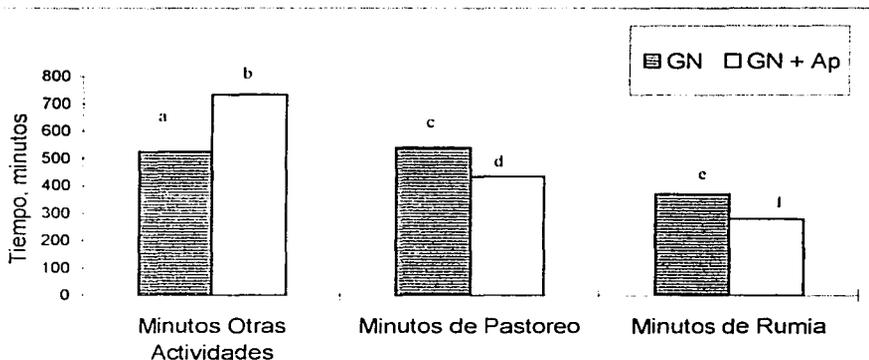
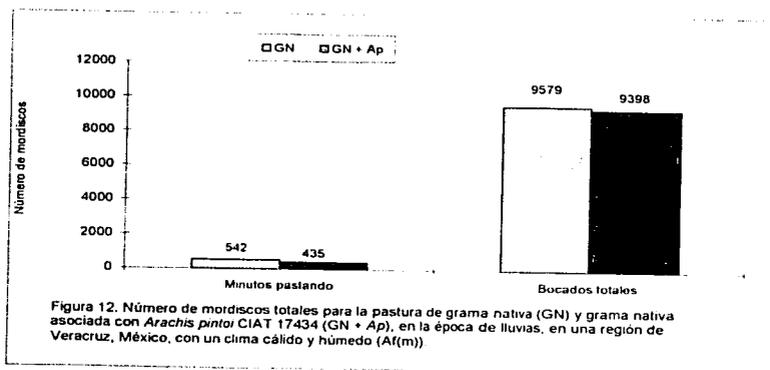
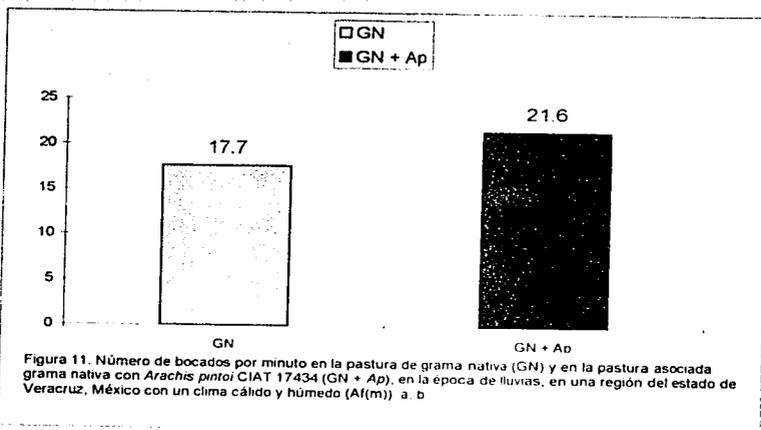


Figura 10 Hábitos de pastoreo: minutos de pastoreo, de rumia y de otras actividades (heces, orina, descanso), en la pastura de grama nativa (GN) y asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), en la época de lluvias, en una región de Veracruz, México con un clima cálido y húmedo (A1(m)).
a, b, c, d, e, f

En la asociación, tanto el forraje ofrecido como el consumido fueron de mayor calidad, lo cual permitió a las vacas usar menos tiempo de apacentamiento para llenar las necesidades de nutrientes; los resultados de digestibilidad y de proteína cruda se discuten con mayor detalle más adelante. Factores como la densidad física del alimento, el tamaño de la partícula, la cantidad del residuo indigerible, la rapidez de la fermentación en el rumen y el nivel y la frecuencia de la alimentación intervienen en la velocidad de paso del alimento a lo largo del aparato digestivo. Esto a su vez influye sobre la cantidad de espacio que queda disponible en el estómago y en el intestino para la siguiente comida⁴³. Varios de los mecanismos arriba mencionados influyeron en los resultados del presente experimento. Los tiempos de pastoreo y rumia en ambos tratamientos concordaron con lo informado en la literatura^{52,53,54}. El tiempo destinado al pastoreo en un periodo de 24 h está influenciado por la temperatura ambiental, los requerimientos de alimento del animal, la cantidad y distribución de la vegetación y la proporción que el animal consuma⁵⁵.

La tasa de bocados en la pastura de GN + Ap (21.6 bocados por minuto) fue similar estadísticamente ($P > 0.05$, Cuadro 6) a la de GN (17.7 bocados por minuto) (Figura 11). Los totales en la pastura de GN + Ap fueron 9398 en 435 min, en comparación con la GN que mostró 9579 en 542 minutos (Figura 12). El número de bocados depende de la disponibilidad del alimento y de la cantidad de alimento que pueda ser prehendido por bocado⁵⁶.

Además de otros factores, el tamaño del bocado está influido por la cantidad de hoja ofrecida, así como por la distribución de ésta en el dosel vegetativo, de lo cual depende la accesibilidad de la hoja al rumiante que pasta⁵⁷. Así, una pastura con mucha hoja, que asegure un tamaño óptimo de mordisco, permitirá que el animal tome menos tiempo (realice menos esfuerzo) para cosechar sus requerimientos de materia seca. Una vez ingerido el forraje, la digestibilidad del mismo puede influir sobre el tiempo de rumia, pues a mayor digestibilidad, menor tiempo de rumia⁵⁸.



4.5. Digestibilidad *in situ* (DISMS) y proteína cruda (PC) de la pastura y la extrusa

El efecto de la pastura fue significativo ($P < 0.05$, Cuadro 7) para la tasa de degradación de la parte insoluble, pero lentamente degradable, con valores de 4.07%/h para la GN y de 7.66%/h para la pastura de GN + *Ap*. La tasa de degradación de la pastura de GN + *Ap* fue mejor que la pastura de GN; la primera alcanzó una digestibilidad por arriba del 60% a las 24 h (Figura 13), llegándose a estabilizar a las 48 h con valores de 75 %, mientras que, en la pastura de GN , la tasa de degradación fue mucho más lenta y alcanzó su valor máximo (75%) a las 72 h. De aquí se infiere que la dieta proveniente de la pastura asociada fue de mayor calidad, por lo que el animal la digirió fácilmente, consumiendo así una mayor cantidad de MS (980 kg MS consumida) en este potrero, que con sólo GN (760kg MS consumida). Este consumo fue mayor debido a que la digestibilidad fue mejor, por lo tanto, la tasa de paso debió haber sido más rápida, de ahí que los animales consumieran más MS en el potrero de GN + *Ap*. Estos valores de digestibilidad son similares a los reportados en un estudio realizado en Carimagua, Colombia, donde la digestibilidad para la leguminosa *A. pintoi*, fue cercana a la que se encontró en este experimento: 67% para la leguminosa y 59% para los valores de la dieta de sólo grama⁵⁰ y se asemejan a los valores reportados para una pastura mixta en Costa Rica, que fueron de alrededor de 65%⁴⁹.

En cuanto al contenido de proteína cruda (PC), éste no se vió afectado por vaca, ni por el horario de muestreo , pero sí por el efecto de la pastura, que fue altamente significativo ($P < 0.01$, Cuadro 7). Cuando las vacas pastaron en GN cosecharon material con 9.8% de PC; mientras que cuando pastaron la asociación GN + *Ap*, la dieta tuvo un contenido de 13.5% PC (Figura 14) . Esto lleva a concluir que la pastura asociada GN + *Ap* presentó una calidad nutritiva mayor que la pastura de sólo GN. Los valores de PC encontrados en el presente estudio fueron similares a los informados por Lascano⁴⁹, que fueron de 13.5% de PC para la época de lluvias en una pastura basada en *A. pintoi*. Como consecuencia, el nivel de producción se verá mejorado.

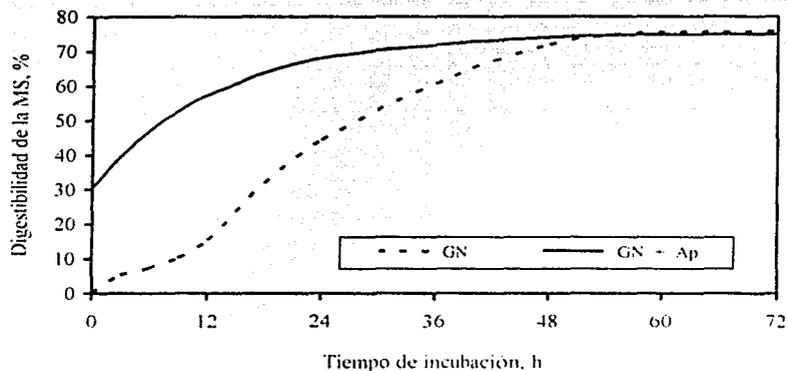


Figura 13 Materia seca degradada de extrusa esofágica de dos vacas fistuladas al esofago en ambas pasturas, grama nativa (GN -----) y grama nativa + *Arachis pintor* (GN + Ap -----)

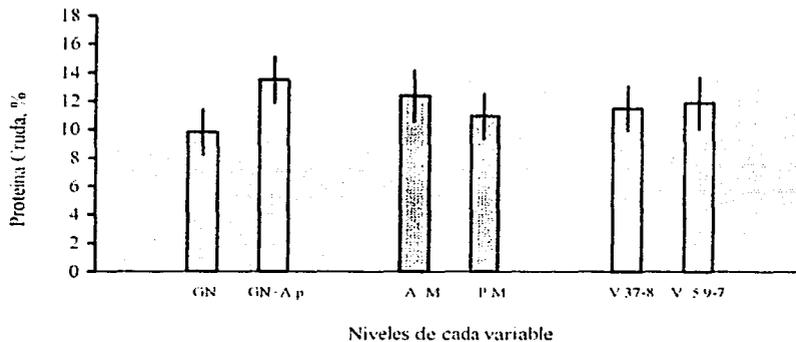


Figura 14. Efecto de la pastura (GN, GN + Ap), tiempo de muestreo (AM, PM) y vaca (37-8, 59-7) en la proteína cruda (PC) contenida en la extrusa esofágica. Las barras indican las medias y las líneas verticales corresponden a la desviación estándar

El efecto de la pastura fue altamente significativo ($P < 0.01$, Cuadro 8) para la proteína cruda y la digestibilidad *in situ* de la MS de las muestras obtenidas con la modalidad del "hand plucking" (Anexos 1 y 2). La PC promedio de la pastura GN + Ap superó en 4.45 puntos porcentuales a la pastura GN. En cuanto a DISMS, la pastura GN+Ap superó a la GN en 11.39 puntos porcentuales (Figura 15). Estos incrementos sobre el testigo fueron del orden de 56% para PC y 21% para DISMS. Esto indica que la calidad nutricia de la pastura nativa pudo mejorarse mediante la introducción de *A. pintoi* y corrobora, además, los datos de extrusa esofágica provenientes de las mismas pasturas. Lo anterior resulta ser una ventaja en los trópicos, donde las pasturas se caracterizan por su bajo contenido de PC y DISMS, lo cual se refleja en menor productividad de carne y leche; esto confirma que una solución viable a tal problemática sería la mejora de las pasturas con *Arachis pintoi*.

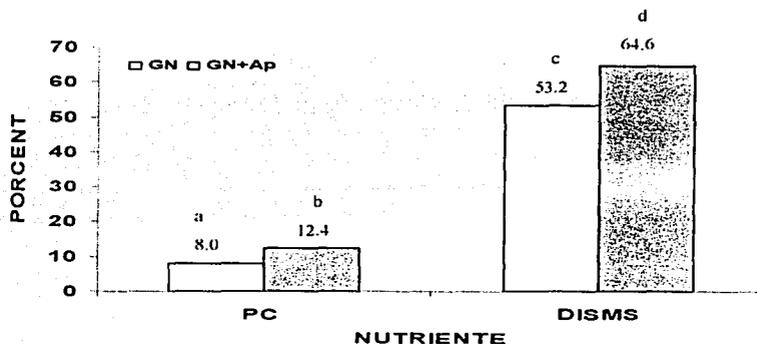


Figura 15. Efecto del tipo de pastura. GN, grama nativa, GN+Ap, GN asociada a *Arachis pintoi* CIAT 17434, sobre los contenidos de proteína cruda (PC, %) y digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS, %) de muestras obtenidas mediante la técnica del "hand plucking".

En el laboratorio, es más sencillo, rápido y económico estimar la PC que la DISMS, por lo cual se podría especular en el uso de la primera como medio para pronosticar la segunda. La relación funcional entre estas dos variables se expresó con la ecuación de regresión lineal simple siguiente:

$$\text{DISMS} = 35.61 + 2.28 \cdot \text{PC}, n = 42, R^2 = 0.47$$

Esta ecuación indicó que cuando la PC = 0, la DISMS fue 35.61% (ordenada al origen) y que por cada unidad de aumento en PC, la DISMS aumentó 2.28 unidades porcentuales (pendiente).

Sin embargo, el R^2 (coeficiente de determinación) no fue lo suficientemente alto como para justificar la utilización de la PC para predecir la DIVMS. Esto se debió, sin duda, a la gran dispersión que existió en los pares de datos utilizados para el desarrollo de la ecuación (Figura 16).

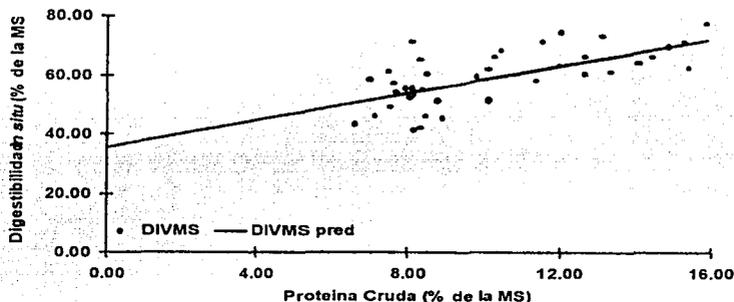


Figura 16. Relación funcional entre el contenido de proteína cruda (PC, %) y la digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS, %) de muestras obtenidas con la técnica del "hand plucking" provenientes de dos pasturas: una de grama nativa (GN) y otra de GN asociada a la leguminosa *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), situadas en una región del estado de Veracruz, México, con clima cálido y húmedo (Al(m)) y suelos ultisoles

Al igual que en las muestras de extrusa, en las del "hand plucking" los contenidos de PC y de DISMS fueron mayores en la asociación. Sin embargo, en las muestras de extrusa los valores

fueron superiores, lo cual fue un claro indicio de que aún el muestreo "a mano" dirigido hacia las partes vegetativas del forraje que el animal probablemente consumiría, no fue tan eficiente como el animal mismo en cuanto a ejercer una mayor selección por el forraje más nutritivo (Figuras 13, 14 y 15)

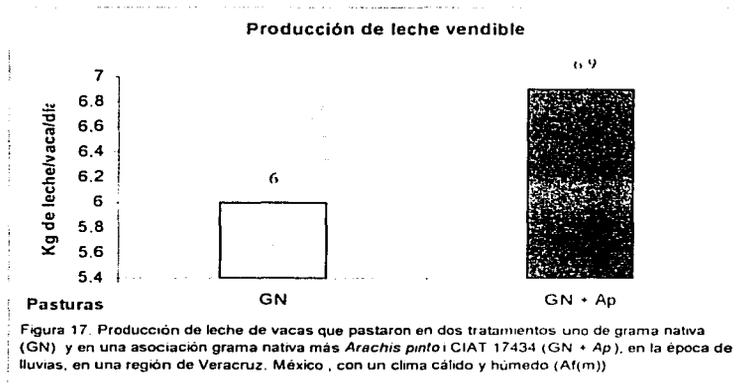
En ocasiones se recomienda usar la modalidad de muestreo del "hand plucking" para obtener forraje en el cual se determine la digestibilidad *in vitro* o *in situ*, y esos valores se combinan con estimaciones de excreción fecal de Cr (marcador externo) para estimar el consumo de materia seca de bovinos en pastoreo.

Como pudo observarse en el presente estudio, los valores de DISMS fueron distintos para el forraje cosechado por vacas fistuladas al esófago y aquel cosechado por el "hand plucking". Si bien la diferencia relativa entre las dos pasturas se mantiene con ambas técnicas, las diferencias absolutas no, pues los datos provenientes del "hand plucking" sobrestiman la indigestibilidad y, por lo mismo, subestiman el consumo. Por lo tanto, en la medida de lo posible deben emplearse datos de DISMS provenientes de extrusa esofágica y de no contar con éstos, deben desarrollarse factores de corrección cuando se use forraje muestreado mediante el "hand plucking".

4.6. Comportamiento productivo del animal

Algunos estudios han mostrado efectos positivos y otros ningún efecto sobre la producción láctea, al asociar gramíneas nativas con leguminosas⁵⁹. En el presente estudio, la producción de leche vendible (PLV) fue de 0.9 kg/vaca/día mayor en la GN + *Ap* (Figura 17) que en el tratamiento de GN, lo que representó un incremento del (14%), lo cual no fue significativo ($P > 0.05$, Cuadro 9) La PLV para GN y GN + *Ap* fue de 6.0 kg/vaca/día y 6.9 kg/vaca/día, respectivamente, resultados similares, en cuanto al porcentaje en que aumentó la producción, con los de van Heuruck⁶⁰, quien en Turrialba, Costa Rica, encontró que la PLV fue de 7.7 kg/vaca/día y de 8.8 kg/vaca/día para las vacas que pastaron *Cynodon nlemfuensis* y *C. nlemfuensis* + *A. pintoi*, respectivamente, o una diferencia porcentual del (14%) a favor de la asociación. Existen estudios cuyos resultados no indican ninguna ventaja. En un estudio realizado en el mismo lugar, en diferentes pasturas pero asociadas a *A. pintoi*, cuya duración fue de ocho meses de pastoreo, se encontró que la PLV fue similar para una pastura de GN y una asociación de GN + *Ap*: 6.0 kg/vaca/día y 5.9 kg/vaca/día⁶¹

respectivamente, asimismo, Vos Chantal ⁶² utilizando las mismas pasturas que en este experimento, y midiendo la producción de leche de noviembre de 1997 a abril de 1998, no pudo encontrar diferencias en la PLV entre la GN con 6.4 kg/vaca/día contra 5.7 kg/vaca/día de la pastura asociada a *Arachis pintoi*. Un aspecto que se debe de tener en consideración dentro del estudio es el factor de la genética en las razas existentes dentro de los potreros, lo cual finalmente marca el máximo de producción en un animal. Al respecto, la craza existente en el CEIEGT es F1 (Holstein con Cebú) la cual genéticamente no puede producir más leche de lo que es su pico máximo. Por el contrario, existen estudios donde la producción de leche ha alcanzado aumentos del 20%²⁷ debido a la leguminosa. En un estudio donde se utilizó una asociación de *A. pintoi* más *C. nifluensis*, una gramínea agresiva, la producción de leche aumentó en un 17%⁶⁰. De modo que el aumento en la producción láctea ha sido demostrado dentro de las asociaciones con esta leguminosa y una de las líneas de investigación tal vez sea el analizar dicha relación entre las razas y la producción con esta leguminosa.



V. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir lo siguiente, respecto la asociación *Arachis pintoi* CIAT 17434 + Grama nativa

- 1.- La composición botánica dentro del potrero de grama nativa con *A. pintoi* se vio mejorada, existiendo más variedad de especies ofrecidas, aumentando también la cantidad materia seca existente en el potrero, así como la calidad de la dieta ofrecida
- 2.- Las vacas en pastoreo consumen el *A. pintoi* en una cantidad suficiente, llegando a representar un porcentaje considerable de consumo dentro de la dieta, mejorando así, la calidad de a dieta ingerida .
- 3.- La calidad (PC) y digestibilidad (DISMS) de la dieta con sumida por las vacas en pastoreo, fue mucho mejor, en la pradera asociada. que en la de solo grama nativa. lo cual demuestra que la asociación con *Arachis pintoi*, representa una mejora dentro de una pastura de grama nativa, siendo así, una alternativa para el trópico de México
- 4.- Los "hábitos de pastoreo" se vieron modificados por la calidad de la dieta en cuanto a el tiempo destinado al pastoreo, como en el tiempo destinado a la rumia, siendo los valores encontrados en la pastura asociada con *A. pintoi*, los correspondientes a las pasturas de buena calidad.
- 5.- Aunque los valores encontrados en la producción de leche vendible no fueron significativos entre ambos tratamientos, los valores en la calidad de la dieta demuestran valores altamente significativos a favor de la asociación; por lo que una línea de investigación en el trópico de México sería poner a prueba la asociación con las diferentes cruzas existentes para esta región.

LITERATURA CITADA.

1. Mc Ilroy JR. Introducción al cultivo de los pastos tropicales. 4a ed. Limusa. México 1987.
2. Pezo DP, Romero FY, Muhamad L. Producción manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne, en : Avances en la producción lechera en el Trópico Mexicano. Baca FS editor. Santiago de Chile: ed. : Oficina Regional de la FAO para la América Latina y el Caribe 1992 pp 49-86.
3. Castelan RG. Establecimiento y persistencia en pastoreo de tres accesiones de *Arachis pintoi* asociadas a gramas nativas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila 1998.
4. Seré C. Primera aproximación a una clasificación de sistemas de producción pechera en el Trópico Sudamericano. Producción Animal Tropical. 1983; 8; 110-121.
5. Ku Vera JC Improving the ruminal degradation of low quality. Tropical Grasses. Primer Seminario Internacional. Perspectivas del Sistema Ruminante. Tecoman, Colima 1994.
6. Valles B, Castillo E, Hernandez T. Producción estacional de leguminosas forrajeras en Veracruz, México. Pasturas Tropicales. 1992; 14; (2); 32-36.
7. SkermanJP. Tropical Forage Legumes Food and Agricultural Organization of The United Nations. Roma, 1977
8. Hughes HD, Heath EM, Metcalfe SD. Forrajes. 11 ed.. Cia. Editorial Continental S. A. de C.V. México 1984.
9. Fisher MJ, Cruz P. Algunos aspectos de la ecofisiología de *Arachis pintoi* en: Biología y agronomía de las especies forrajeras de *Arachis*. Feridge CP, Hardy V (eds). CIAT Cali, Colombia, 1995, pp 56 - 75 .
10. Valles B. Pastoreo de Alta Densidad con Bovinos y Ovinos. Curso-taller CEIEGT 1996.
11. Marten GC, Matches AG, Bames RF, Brougham RW, Clements RJ, Sheath GW (eds). Persistence of forage legumes. American Society of Agronomy (ASA). Madison, WI, E:U: 1989.
12. Valls JFM, Simpson CE. Taxonomy, natural distribution, and attribute of *Arachis*. En: Keridge CP (editor). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura (CIAT). Cali, Colombia, 1995.
13. Ferguson GE, Cardozo CI, Sanches MS. Avances y perspectivas en la producción de semilla de *Arachis pintoi*. Pasturas Tropicales. 1992 : 14; 2: 14 – 22.
14. Lascano CE, Thomas D. Forrage quality and animal selection of *Arachis pintoi* in association with tropical grasses in the eastern plains of Colombia. Grass and Forage Science. 1998; 43; 433- 439

15. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México. FIRA Boletín Informativo. Producción de Leche en Praderas Tropicales. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México. 1991 : 23 Num 228: 1 – 29.
16. D' Mello FPJ, Devendra C. (eds.). Tropical legumes in animal nutrition. United Kingdom. CAB International., 1995.
17. Argel M, Pedro J, Villareal MC. Nuevo mani forrajero perenne. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG). Centro Internacional de Agricultura (CIAT). Boletín Informativo 1988.
18. Martínez FA. Manual de Pastos y Forrajes. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima, Perú 1989, pp 91 – 98.
19. White OR, Leissner NG, Trumble CH. Las leguminosas en la agricultura. 2 ed. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Yugoslavia, 1968.
20. Whiteman CP. Tropical Pasture Science. United States. Oxford Science Publications, 1980.
21. Castillo GE, Valles MB, Jarillo RJ. Competencia por Macronutrientes (N, P, K, S) en asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. Boletín Informativo CEIGT, 1991 pp 27 – 29.
22. Jarillo RJ. Producción de carne bovina bajo condiciones de pastoreo en el Trópico. Avances en ganadería de doble propósito en el Trópico. Tuxpan, Veracruz 1999 pp 18-38.
23. Castillo GE. Alternativas de alimentación para la producción de carne y leche en épocas críticas. Memorias de "Experiencias del CIEEGT en: Producción de leche y carne en el Trópico". Martínez de la Torre (Veracruz) México. 1992 abril 46 – 72.
24. Asakawa MN, Ramírez RCA. Metodología para la inoculación y Siembra de *Arachis pintoi*. Pasturas Tropicales . 1989: 11; 1: 24 – 26.
25. Castelan RG, Castillo GE, Mannetje Lt', Valles MB, Schunemann AA, Hernández TM. Dinámica de la población de las plantas durante el año de establecimiento en tres accesiones de *Arachis pintoi* asociadas a un pastizal nativo del Trópico húmedo del estado de Veracruz. Boletín Informativo CEIEGT, 1997 pp 16 – 18.
26. Argel PJ. Regional experience with forage *Arachis* in Central America and Mexico In Kerridge CP, Hardy B, (eds). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Cali, Colombia CIAT 1994 pp 109 – 121.
27. Lascano EC. Nutritive value and animal production of forage *Arachis*. In Kerridge C.P., Hardy B., (eds) Biology and agronomy of forage *Arachis*. Cali, Colombia CIAT 1994, pp 117 – 130.

28. Vasconcellos AC, Purcino H, Vianna Melo CM, Franca Moura CC. Resposta do *Arachis pintoi* a fosforo e calcário em Latossolo Vermelho E scuro da Regiao de Sete Lagoas, MG, Brasil. *Pasturas Tropicales*. 1998; 20; 3: 22 – 30.
29. Rosas RN. Productividad de becerros posdestete (*Bos taurus* × *Bos indicus*) en pastoreo de *Arachis pintoi* y suplementados con diferentes niveles de energia metabolizable en el Trópico húmedo de México. Martínez de la Torre (Veracruz) México. 2000 Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
30. Cruz de la R, Suarez S, Ferguson. Contribución de *Arachis pintoi* como cobrtera del suelo en algunos sistemas de explotacion agrícola de América tropical. En: *Biología y agronomia de especies forrajeras de Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia. 1995: 110-116.
31. Gómez C, Valles B, Castillo E, Janillo J. Evaluación de métodos para el establecimiento de *Arachis pintoi* en una pastura nativa de Veracruz, México. *Pasturas Tropicales*. 1991; 13; 3: 11 – 14.
32. Kerridge CP. Perspectivas futuras para el uso de especies forrajeras de *Arachis*. En: *Biología y agronomia de especies forrajeras de Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia 1995: 215 – 223.
33. Mannelje Lt' (editor). *Measurant grassland vegetation and animal production*. Bulletin 52. Commonwealth Agncultural Bureaux. Great Britain 1978.
34. Ortega MI, Bryant CF, Drawe LD. Contrast of esophageal-fistula versus bite-count techniques to Determinate Cattle Diets.
35. Ferrel CM, Leach RH, Tillotson. Food habits of the coyote in California. *California Fish and Game*. 1953; 39: 301.
36. Talbot LM, Talbot HM. Food preferences of some east african wild ungulates. *East African Agronomy Forestry Journal*. 1962; 27: 131.
37. Torrel DT. An esophageal fistula for animal nutrition studies. *Journal Animal Science*. 1954; 13: 1954.
38. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climatológica de Köpen. Instituto de geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 1973.
39. Hernández, Valles B, Castillo E. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Veracruz, México. *Pasturas Tropicales* 1989; 12; 3: 29-33.
40. Haydock KP, Shaw. The comparative yield method for stimating dry matter yield of pasture. *Aust. Exp. Agric. & Anim. Husb.* 1975; 15: 663 – 667.
41. Mannelje Lt', Haydoc KP. The dry – weight - ranke method for the botanical analysis of pastures. *Journal British Grassland Society*. 1963: 18; 268 – 275.

42. Jones RM, Hargraves JNG. Improvements to the dry - weight - method for measuring botanical composition. *Grass and Forage Science*. 1972; 34: 181-189.
43. Harker WK, Torrell TD, Van Dyne MG. Botanical examination of forage from esophageal fistulas in cattle. *Journal Animal Science*. 1964; 23: 465 - 469.
44. Orskov RE, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal Agricultural Science*. 1970; 92: 499 - 503.
45. Heitschmidt JR, Dowhower LS, Pinchak EW, Cannon KS. Effects of stoking rate on quantity and quality of available forage in a southern mixed grass prairie. *Journal of Range Management*. 1989; 42: 468 - 473.
46. Melvor GJ, Orr MD. Sustaining productive pastures in the Tropics 2. Managing native grasslands. *Tropical Grasslands*. 1991; 25: 91-97.
47. Cohen HDR. Factors influencing the estimation of nutritive value of diet selected by cattle fistulated at the oesophagus. *Journal of Agricultural Science*. 1979; 93: 1 - 3: 607 - 618.
48. Lascano CE, Thomas D. Forage quality and animal selection of *Arachis pintoi* in association with tropical grasses in the eastern plains of Colombia. *Grass and Forage Science*. 1988; 43: 433-439.
49. Ibrahim AM. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures for sustainable animal production in the Atlantic zone of Costa Rica. Doctoral Thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, the Netherlands, 1994.
50. Carulla J, Lascano CE, Ward JK. Selectivity of resident and oesophageal fistulated steers grazing *Arachis pintoi* and *Bracharia dictyoneura* in the Llanos of Colombia. *Tropical Grassland*. 1991; 25: 315-324.
51. Church CD, Pond GW. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. 1ra ed. Limusa, México 1987.
52. Buntinx DS. Efecto de la temperatura ambiente, la humedad relativa y la cantidad y la calidad del forraje sobre el comportamiento en pastoreo de vacas F1 en el Trópico durante los meses de abril a agosto. Tesis de licenciatura Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F., 1986.
53. Hardison AW, Fisher LH, Graf CG, Thompson RN. Some observations behavior of grazing lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 1956; 39: 12: 1735 - 1746.

54. Kropp RJ, Holloway WJ, Stephens FD, Knor L, Morrison DR, Totusek R. Range behavior of Hereford x Holstein and Holstein Non-lactating Heifers. *Journal of Animal Science* 1973; 36; 4 : 797 - 801.
55. Walker WJ, Heitschmid KR. Some effects of rotational grazing treatment on cattle grazing behavior. *Journal Range Management*. 1989; 42 ; 4: 337-342.
56. Fisher SD, Burns CJ, Pond RK. Esophageal plug and fasting effects on particle size distribution and quality of extrusa from grass pastures. *Agronomy Journal*. 1989; 81; 1: 129-132.
57. Holechek LJ, Vaura M, Pieper DR: Methods for determination the nutritive quality of range ruminants diets: A review. *Journal and Animal Science*. 1989; 54; 2: 363-376.
58. Simon JRW. Formulae for predicting animals daily intake of pasture and grazing time from bite weight and composition. *Livestock Production Science*. 1997; 52: 1-10.
59. Valles MB. Especies forrajeras tropicales. Importancia de las leguminosas. En: *Producción de Leche en el Trópico*. 1981: 225-239.
60. Van Heuruck. Evaluación de Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350, en la producción de leche y sus componentes. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1990.
61. Fernández L. Efecto de una asociación de cacahuatillo forrajero perenné con grama nativa sobre la producción láctea de vacas Holstein-Cebú en el Trópico húmedo de México. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Teziutlan, Puebla 1996.
62. Chantal V. Quality and quantity of forage from a native pasture alone or associated with *Arachis pintoi* CIAT 17434. Agricultural University of Wageningen. The Netherlands. The Department of Agronomy, 1998.

CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza de materia seca presente antes del pastoreo (MSPAP, kg/ha) y después del pastoreo (MSPDP, kg/ha) en pasturas de grama nativa (GN) y GN asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS TIPO III			
		MSPAP	PR > F	MSPDP	PR > F
PASTURA	1	18628215.24	0.0280 (*) ²	9838398.38	0.0416 (*) ²
OBSERVADOR	1	2223014.73	0.4260 (NS) ²	947485.93	0.5092 (NS) ²
DIVISIÓN (P * α) ¹	23	3384411.82	-----	2107585.56	-----
RESIDUAL	50	1146238.96	-----	1031394.21	-----
TOTAL	75	2087068.41	-----	1482758.101	-----

1: Efecto del modelo usado para probar la significancia de los efectos: pastura y observador.

2: NS, es no significativo ($P > 0.05$); *, es significativo ($P \leq 0.05$); y **, es altamente significativo ($P \leq 0.01$).

Cuadro 2. Análisis de varianza para los componentes botánicos antes del pastoreo, de dos pasturas, una de grama nativa (GN testigo) y otra de GN asociada a *Arachis pintoi* (GN + Ap), pastadas por vacas F1 (Holstein x Cebú) durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes, en el trópico húmedo del estado de Veracruz.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	CUADRADOS MEDIOS TIPO III									
		GN + Ap ²	Pr>F	GN ²	Pr>F	LN ²	Pr>F	MA ²	Pr>F	MN ²	Pr>F
Pastura	1	715.5544 (*) ¹	0.0001 (**)	39379.956	0.0001 (**)	7.0720	0.2377 (NS)	467.77044	0.0004 (**)	465.5265	0.0001 (**)
Observador	1	145.5317	0.0174 (*)	74.5695	0.3416 (NS)	22.8930	0.0356 (*)	386.6744	0.0011 (**)	29.9662	0.1434 (NS)
Potrero X Observador	1	141.765	0.190 (*)	219.0641	0.1052 (NS)	34.0508	0.019 (*)	7.9691	0.6278 (NS)	29.1136	0.1491 (NS)
Error	72	24.5754		81.3500		4.9883		33.3612		13.6919	
Total	75	36.5960		607.4840		5.5720		43.7410		20.0680	

1: NS, es no significativo ($P > 0.05$); *, es significativo ($P \leq 0.05$); **, es altamente significativo ($P \leq 0.01$).

2: GN + Ap, es grama nativa + *Arachis pintoi*; GN, es grama nativa; LN, es leguminosa nativa; MA, es maleza de hoja ancha; MN, es maleza de hoja

Cuadro 3. Análisis de varianza para los componentes botánicos después del pastoreo, de dos pasturas, una de grama nativa (GN, testigo) y otra de GN asociada a *Arachis pintoi* (GN+Ap), pastadas por vacas F1 (Holstein x Zebú) durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes, en el trópico húmedo del estado de Veracruz.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	CUADRADOS MEDIOS TIPO III									
		GN + Ap2	P>F	GN2	P>F	LN2	P>F	MA2	P>F	MN2	P>F
PASTURA	1	16.0460	0.0001 (**)	332929.249	0.0001 (**)	2.1081	0.5731 (NS)	986.9769	0.0001 (**)	445.1386	0.0001 (**)
OBSERVADOR	1	0.8332	0.3421 (NS)	0.342.7236	0.0477 (*)	23.4024	0.0633 (NS)	591.0519	0.0002 (**)	5.0296	0.5570 (NS)
POTRERO X OBSERVADOR	1	0.8332	0.3421 (NS)	12.4615	0.7021 (NS)	64.4609	0.0025 (**)	14.3635	0.5435 (NS)	15.3081	0.3068 (NS)
ERROR	72	0.9112		84.4806		6.5802		38.5427		14.4493	
TOTAL	75	1.1090		538.4660		7.4200		58.0620		20.0560	

NS, es no significativo ($P > 0.05$); *, es significativo ($P \leq 0.05$); **, es altamente significativo ($P \leq 0.01$).

GN + Ap, es grama nativa + *Arachis pintoi*; GN, es grama nativa; LN, es leguminosa nativa; MA, es maleza de hoja ancha; MN, es maleza de hoja

Cuadro 4. Análisis de varianza para los componentes botánicos de la extrusa esofágica de vacas fistuladas al esófago que pastaron en pasturas de grama nativa (GN, testigo) o de grama nativa asociada con *Arachis pintoi* (GN + Ap), durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes en el trópico húmedo del estado Veracruz, México.

Fuente de Variación	Grados de libertad	CUADRADOS MEDIOS TIPO III							
		Ap2	Pr > F	GR2	Pr > F	LN2	Pr > F	OE2	Pr > F
Pastura	1	0.0000	1.0000	4833.3988 (**) ¹	0.0001	0.00001	1.0000	68.1576 (**)	0.001
Observador	1	7.8776 (NS)	0.8386	0.0108 (NS)	0.9922	0.1428 (NS)	0.5939	3.3762 (NS)	0.2995
Vaca	1	962.2840 (*)	0.0337	291.1853 (NS)	0.115	2.4835 (*)	0.0336	3.2013 (NS)	0.3122
Hora	1	375.9220 (*)	0.1695	145.0541 (NS)	0.2629	12.0132 (*)	0.0001	0.2231 (NS)	0.7886
Error ²	20, 47, 47, 24	185.0495		112.9878		0.4890		3.0674	
Total ³	23, 51, 51, 27	236.2245		201.2256		4.2399		0.9580	

1: NS, es no significativo ($P \geq 0.05$); *, es significativo ($P \leq 0.05$); **, es altamente significativo ($P \leq 0.01$).

2: Ap, es *Arachis pintoi*; GR, es graminosa; LN, leguminosa nativa; OE, es otras especies.

3: Son sucesivamente los grados de libertad correspondientes para los componentes botánicos de la extrusa: *Arachis pintoi*, gramíneas, leguminosas nativas y otras especies.

Cuadro 5. Análisis de varianza para los tiempos de pastoreo (TP, min/24 h) y de rumia (TR, min/24 h) de vacas F1 (Holstein x Cebú) que pastaron en dos pasturas, una de grama nativa (GN, testigo) y otra de grama nativa asociada a *Arachis pintoi* (GN + Ap), durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes, en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS TIPO III			
		PASTOREO	P>F	RUMIA	P>F
TRATAMIENTO (T)	1	514.7719	0.0139 (*)	574.6968	0.0069 (**)
FISTULIZACIÓN (F)	1	2.4641	0.8455 (NS)	616.3410	0.0056 (**)
ORDEÑA (O)	1	29.6489	0.5030 (NS)	815.3605	0.0022 (**)
VACA(T*F*O) ¹	12	62.1800	0.3420 (NS)	54.3924	0.3200 (NS)
DÍAS	5	214.1438	0.0032 (**)	248.8667	0.0003 (**)
RESIDUAL ²	75	54.5438	-----	46.4844	-----
TOTAL CORREGIDO	95	67.6620	-----	731.980	-----

1: Este término se usó para probar los efectos de tratamiento, fistulización y ordeña.

2: El residual fue usado como "error" para probar los efectos de vaca(tratamiento x fistulización x ordeña) y días.

Cuadro 6. Análisis de varianza del número de bocados /min/24 h de dos vacas F1 (Holstein x Cebú) por tratamiento, que pastaron en grama nativa (GN, testigo) y grama nativa asociada a *Arachis pintoi* (GN + Ap), durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes, en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS TIPO III	
		BOCADOS/MINUTUO	P > F ¹
TRATAMIENTO	1	53.805.4806	0.1128 (NS)
VACA(TRATAMIENTO) ¹	2	7272.1591	0.3586 (NS)
DÍA	5	62945.3692	0.0001 (**)
HORA DEL DÍA	22	8673.6479	0.2289 (NS)
RESIDUAL ²	163	7047.4378	-----
TOTAL CORREGIDO	193	9494.2862	-----

1: Este término se usó como "error" para probar el efecto del tratamiento.

2: El residual se usó como "error" para probar los efectos de día y hora del día.

NS, es no significativo (P > 0.05); *, es significativo (P ≤ 0.05); **, es altamente significativo (P ≤ 0.01).

Cuadro 7. Análisis de varianza de la proteína cruda contenida en la extrusa de vacas fistuladas al esófago que pastaron en grama nativa (GN) y GN asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap) en el trópico húmedo de Veracruz, México¹.

Fuente de variación	Grados de libertad	Sumas de cuadrados tipo III	Cuadrados medios	F calculada	P > F
Pastura	1	47.09352148	47.09352148	20.02	0.0009
Hora de muestreo	1	5.29760148	5.29760148	2.25	0.1616
Vaca	1	0.37406175	0.37406175	0.16	0.6977
Error	11	25.87216852	2.35201532		
Total corregido	14	86.52944000	6.18067429		

¹ La media general fue de 11.82% de proteína cruda, con una desviación estándar de $\pm 1.53\%$, que representó un coeficiente de variación de 13%.

Cuadro 8. Análisis de varianza para los contenidos de proteína cruda (PC, % de la MS) y digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS, %), de muestras de forraje obtenidas mediante la técnica de "hand plucking", provenientes de dos pasturas, una de grama nativa (GN) y otra de GN asociada a la leguminosa *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), situadas en una región del estado de Veracruz, México, con clima cálido y húmedo (Af(m)) y suelos ultisoles.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	PROTEÍNA CRUDA	CUADRADOS MEDIOS TIPO III		P>F
			P>F	DISMS	
TRATAMIENTOS (T)	1	415.7635	0.0001 (**)	3954.2828	0.0080 (**)
DIVISIÓN (D) ²	12	3.7739	0.7859 (NS)	391.9396	0.0001 (**)
SUBDIVISIÓN (D*T) ²	28	5.8474	0.0001 (**)	49.3809	0.0002 (**)
RESIDUAL ²	42	0.6852	-----	17.6115	-----
TOTAL	83	653.5540	-----	11418.5456	-----

1. NS, es no significativo (P > 0.05); *, es significativo (P ≤ 0.05); **, es altamente significativo (P ≤ 0.01).

2. Estos efectos fueron usados como "error" para probar el efecto que le precede en la columna de fuentes de variación.

Cuadro 9. Análisis de varianza para peso vivo, condición corporal y producción de leche de las vacas que pastaron en grama nativa (GN, testigo) y GN asociada con *Arachis pintoi* (GN + Ap), durante los meses de transición entre las épocas de lluvias y nortes, en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.

Fuente de Variación	Grados de libertad	CUADRADOS MEDIOS TIPO III		
		PESO VIVO	CONDICION CORPORAL	PRODUCCIÓN DE LECHE
PASTURA	1	17909.63 (NS) ¹	2.0992 (NS)	1.2573 (NS)
VACA (Pastura) ¹	8 (5) ²	18447.00	1.1278	4.8918
MES	2	146.03	0.1915	9.7943
PASTURA×MES	2	182.43 (NS)	0.2391 (*)	0.7467 (NS)
RESIDUAL	16 (10) ²	123.53	0.0570	0.6836
TOTAL CORREGIDO	29 (23)	5797.21	0.4536	2.6315

1: NS, es no significativo ($P > 0.05$); *, es significativo ($P \leq 0.05$); **, es altamente significativo ($P \leq 0.01$).

2: En parentesis están los grados de libertad para condición corporal y producción de leche.

3: La variación entre vacas dentro de pastura se usó para probar el efecto de pastura.

ANEXOS

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y COMPOSICIÓN BOTÁNICA

POTRERO# _____

FECHA _____

	R/F	1	2	3		R/F	1	2	3
1					41				
2					42				
3					43				
4					44				
5					45				
6					46				
7					47				
8					48				
9					49				
10					50				
11					51				
12					52				
13					53				
14					54				
15					55				
16					56				
17					57				
18					58				
19					59				
20					60				
21					61				
22					62				
23					63				
24					64				
25					65				
26					66				
27					67				
28					68				
29					69				
30					70				
31					71				
32					72				
33					73				
34					74				
35					75				
36					76				
37					77				
38					78				
39					79				
40					80				

HABITO DE PASTOREO

FECHA: _____

NUMERO DE POTRERO: _____

HOBA	Pastando	Caminando	Rumiando	Parada	Parrum	Echada	Echa/num	Orina / heces	# de vaca
03 00a m									
03 15a m									
03 30a m									
03 45a m									
04 00a m									
04 15a m									
04 30a m									
04 45a m									
05 00a m									
05 15a m									
05 30a m									
05 45a m									
06 00a m									
06 15a m									
06 30a m									
06 45a m									
07 00a m									
07 15a m									
07 30a m									
07 45a m									
08 00a m									
08 15a m									
08 30a m									
08 45a m									
09 00a m									
09 15a m									
09 30a m									
09 45a m									
10 00a m									
10 15a m									
10 30a m									
10 45a m									
11 00a m									
11 15a m									
11 30a m									
11 45a m									
12 00p m									
12 15p m									
12 30p m									
12 45p m									
01 00p m									
01 15p m									
01 30p m									
01 45p m									
02 00p m									
02 15p m									
02 30p m									
02 45p m									
03 00p m									
03 15p m									
03 30p m									
03 45p m									
04 00p m									
04 15p m									
04 30p m									
04 45p m									
05 00p m									
05 15p m									
05 30p m									
05 45p m									
06 00p m									
06 15p m									
06 30p m									
06 45p m									
07 00p m									
07 15p m									
07 30p m									
07 45p m									
08 00p m									

**NÚMERO DE BOCADOS POR VACA ÚLTIMOS DIEZ MINUTOS
DE CADA HORA**

POITERO# _____

FECHA _____

HORA	#DE VACA	OBSERVACIONES	#DE VACA	OBSERVACIONES
03:00				
04:00				
05:00				
06:00				
07:00				
08:00				
09:00				
10:00				
11:00				
12:00				
13:00				
14:00				
15:00				
16:00				
17:00				
18:00				
19:00				
20:00				
21:00				
22:00				
23:00				
24:00				
01:00				
02:00				
TOTAL				