

01621
75



Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el

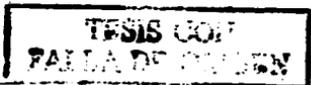
NOMBRE: Rodriguez, Hernon-
dez, Karla
FECHA: 15.08.03
FIRMA: Kal Kal

"Estimación del consumo de materia seca de vacas doble propósito (Holstein x Cebú) en praderas de gramas nativas y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* (CIAT 17434)".

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

Karla Rodríguez Hernández



Asesores: MSc Epigmenio Castillo Gallegos
MC Jesús Jarillo Rodríguez

México, D.F., 2003.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de esta tesis.

NOMBRE: Rodriguez
Hernandez Karla
FECHA: 15.08.03
FIRMA: Kal Kal



A



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.

“Si uno avanza con confianza en la dirección de sus sueños, alcanzará el éxito en forma inesperada”.

Thoreau

Dedicatorias.

A Dios, porque me dió la vida y, porque cuando siento que ya no puedo, siempre repara mi fuerza.

A Silvia y Carlos, porque su amor y apoyo son fundamentales en mi vida.

A mi Abuelito Carlos Blando, porque sé que siempre cuento contigo, y que este amor por los animales no es aprendido, lo traigo en la sangre.

A mi Abuelito (Chicho) Narciso Rodríguez, porque sé que estas aquí y todo va a estar bien.

Agradecimientos

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, por las facilidades otorgadas para realizar este trabajo, así como a todo su personal académico, administrativo y trabajadores, por sus valiosos consejos y ayuda.

Al Sistema de Investigación del Golfo de México (SIGOLFO) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Institución que financió parte del material y análisis de laboratorio empleados en la presente investigación de tesis de licenciatura, a través del proyecto 97-01-0014-V titulado "Mejoramiento de un pastizal nativo con la leguminosa *Arachis pintoi* CIAT 17434".

Al Programa de Becas para Tesis de Licenciatura (PROBETEL) de la UNAM, el cual me otorgó una beca durante un año, para la realización de este trabajo de tesis de licenciatura.

A la MVZ. Claudia Olvera por su apoyo y consejos durante la realización de los trámites de titulación, de la misma forma Dr. Baños le agradezco su ayuda.

A mi asesor, MSc Epigmenio Castillo Gallegos, por haber creído en mí para la realización de esta investigación, y por su amistad.

Al MC Jesús Jarillo Rodríguez, por su apoyo como co-asesor de este trabajo.

A los miembros del jurado: MVZ. Francisco Castrejón Pineda, IA. Braulio Valles de la Mora, MVZ. Alberto Tejada Perea, IA. Jesús Jarillo Rodríguez y MVZ. José M. Sánchez Malagón, por sus atinados comentarios y consejos.

A los colaboradores de este proyecto Dr. Braulio Valles de la Mora por su apoyo y comentarios; Dr Germán Mendoza Martínez por permitir la realización de los análisis de Cromo en heces en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería del Instituto de Recursos Naturales del Colegio de Posgraduados Campus Montecillos, en particular a la MC Magda Crosby y al Técnico Andrés Lee, quienes efectuaron el trabajo analítico.

Al MPA Héctor Basurto Camberos, quien realizó la cirugía de fístula esofágica en los animales requeridos para este trabajo. Además de su amistad, apoyo y siempre valiosos consejos, ya que sin ellos no hubiese llegado al final de esta etapa en mi vida.

Al Sr. Hilario Guzmán, Técnico del Laboratorio de Nutrición del CEIEGT, por enseñarme lo necesario para realizar los análisis de laboratorio, así como su ayuda en la realización de estos y con los toros fistulados, además de ser mi amigo y consejero.

A la Familia Corro Rubio: MSc Ivette Rubio y MC Manuel Corro por su inigualable apoyo y porras, los cuales siempre fueron fundamentales para que no me rindiera, y terminara esta tesis, gracias por ser mis amigos y mis ángeles de la guarda.

A la MSc Rebeca Acosta Rodríguez, querida, gracias por tu amistad.

A las personas que de alguna manera me apoyaron con su amistad: MPA Jorge Armando Álvarez León, MC Hugo Pérez, MC Bernardo Marín, MC Fernando Livas, ING Eleazar Ocaña, MPA Germán Muñoz y MC Adriana Saharrea, MC Mario Garduño, MC Cristino Cruz, MC Mariano Hernández Gil y MC Miguel Alonso.

A los bibliotecarios Vicky (Göbera ya sabes, mil gracias!!!), Juanito y Camilo, por su ayuda en la realización de mi tesis.

A mis amigos de la carrera: Moras, Lalo, Llorch, Rachel y Adrián, Joe, Carlos, Fabi, Dani Boy, Juan, Oliver, Pato, Nadia - Lalo - Regina, David Reynoso, Gloris, Novato, y si olvidó a alguien no fue a propósito eh!!!.

A mis amigos del Clarín: Edgar y Bandido, Carlitos Sosa, Rolando, Vic, Rocofo (Tuza), Jaime Camas, Chlo Pérez y Alberto, Mariluz, Felipe, Xochitl, Ana y Luis, Juan Ramón (el de peces), Rojo (Manuel), Froylán, Rafa, Richie, Luciano, Alfredo, José Luis, Diana y Rodrigo, Aby, Paulo Fetter, y a los alumnos de los grupos de forrajes: Gaby, Bere, Ara, Raca, Martha, Asdrúbal, José, Judith, Georgina, Carlos, Juan Carlos, Iván, Alonso, Álvaro, Abraham e Israel.

Doña Lola, porque siempre me apoyó, me consintió y cuidó, tal como si fuera mi abuelita, gracias.

Doña Gloria, gracias por consentirme tanto.

Sofía (Chofí), gracias por ser mi amiga, y espero que, aunque estemos lejos no olvidemos los buenos momentos que pasamos en el Clarín.

Ruth y Diana, gracias especialmente a ustedes dos por ser mi ánimo en los momentos difíciles.

Jimena y Ramón, gracias por su amistad y permitirme estar con ustedes, aunque haga el mal tercio, además de su apoyo y buenos momentos, fundamentales para no rayar en la locura.

Paula Cárdenas, gracias por ser mi amiga, por tu apoyo desde siempre, por tratarme como si de verdad fueras mi madre, por escucharme y darme consejos, porque me has enseñado a luchar.

Marcela González, gracias, porque tú también has sido parte fundamental en mi amor por las vacas y el estudio de su conducta, por tus consejos, experiencia y sobre todo, por tu amistad.

Adriana Verdusco, gracias especialmente a ti, por ser mi mejor amiga, por no dejarme nunca a pesar de la distancia, por tu paciencia y bromas, y porque siempre estuviste en los momentos más difíciles para mí dentro de mi tesis es más, desde que nos conocimos, gracias Little.

Roberto, sé que esta tesis fue más difícil para ti que para mí, porque me fui lejos, pero quiero darte las gracias porque a pesar de todo lo que sufrimos, seguimos juntos de alguna forma y al final, aunque nunca has estado de acuerdo, no has dejado de apoyarme, TQM.

A mi familia, todos ustedes saben que sin su apoyo no sería lo que soy, saben que les agradezco infinitamente por ser como son, los amo. Susy, Samantha, Sofy e Hiram, Paco, Silvia y Carlos; Queta y Chicho, Pepe y Ángeles, Blanca, Jorge, Ale y Alejandro, Erick, Arturo y Edith, Enrique, Laura, Quique y Vicky; Ale, Yolitzma y Ariel, Lidia y Leonor, Saúl, Carlos, Susy, Adrián, Alvin, Cris y Fer, Tía Cristy, Gaby, Abril y Vanía, Gabrielín; Abuelito Saúl, Salvador y todos los demás, ustedes saben.

A mis animales experimentales: la 13-1 y la Diabla (56-1), Rufina y Avión, Perico, Gato y PCL. 5-2, 87-2, 545-5, 754-4, 784-4, 69-2, 594-3, 659-6, 752-4, 819-4.

-Los hombres ya no recuerdan esta verdad-dijo el zorro- En cambio tú, por favor... no debes olvidarla. Eres responsable para siempre de lo que has domesticado.

Antoine de Saint Exupéry "El principito"

CONTENIDO

RESUMEN.....	16
INTRODUCCIÓN.....	18
HIPÓTESIS.....	21
OBJETIVOS.....	21
REVISIÓN DE LITERATURA.....	22
<i>Sistemas de doble propósito.....</i>	<i>22</i>
<i>Gramíneas y leguminosas.....</i>	<i>24</i>
<i>Arachis pintol (CIAT 17434).....</i>	<i>26</i>
<i>Indicadores de la calidad nutritiva de los forrajes.....</i>	<i>29</i>
<i>Proteína cruda.....</i>	<i>29</i>
<i>Consumo.....</i>	<i>29</i>
<i>Medición del consumo.....</i>	<i>32</i>
<i>Medición de la excreción fecal (EF).....</i>	<i>32</i>
<i>Medición de la digestibilidad de la dieta.....</i>	<i>35</i>
<i>Digestibilidad in situ (o Técnica de la bolsa de náilon).....</i>	<i>36</i>
<i>Cálculos para estimar el consumo.....</i>	<i>39</i>
<i>Estimación de la dieta obtenida de los animales que pastan.....</i>	<i>40</i>
<i>"Hand plucking" o simulación manual del apacantamiento.....</i>	<i>41</i>
<i>Animales fistulados al esófago.....</i>	<i>41</i>
<i>Procedimiento quirúrgico y cuidados de los animales fistulados al esófago.....</i>	<i>43</i>
<i>Composición botánica de la extrusa.....</i>	<i>45</i>
<i>Comportamiento ingestivo.....</i>	<i>45</i>
JUSTIFICACIÓN.....	49
MATERIAL Y MÉTODOS.....	50
<i>Localización del experimento.....</i>	<i>50</i>
<i>Temperatura y precipitación.....</i>	<i>50</i>
<i>Tratamientos.....</i>	<i>50</i>
<i>Animales.....</i>	<i>51</i>
<i>Determinación de la materia seca presente (MSP) y composición botánica de la pradera (CB).....</i>	<i>52</i>
<i>Calidad de la pastura.....</i>	<i>53</i>
<i>Conducta de pastoreo.....</i>	<i>53</i>
<i>Composición botánica y calidad de la dieta seleccionada por las vacas fistuladas.....</i>	<i>54</i>
<i>Calidad de la dieta estimada por "Hand plucking".....</i>	<i>55</i>

<i>Estimación del consumo.</i>	55
<i>Análisis estadístico.</i>	57
<i>Diseño experimental.</i>	57
<i>Mediciones.</i>	57
<i>Análisis de varianza.</i>	58
RESULTADOS.	59
<i>Materia seca presente (MSP) y composición botánica (CB).</i>	59
<i>Primera fase</i>	59
<i>Segunda fase</i>	59
<i>Calidad de la MSP</i>	60
<i>Proteína cruda en ambas fases.</i>	60
<i>Digestibilidad in situ de la materia orgánica en ambas fases.</i>	60
<i>Calidad de la dieta en las muestras de "Hand plucking".</i>	60
<i>Conducta ingestiva.</i>	60
<i>Composición botánica y calidad de la dieta seleccionada por las vacas fistuladas</i>	61
<i>Consumo</i>	61
<i>Producción de leche vendible.</i>	62
<i>Condición corporal, peso vivo y peso metabólico</i>	62
DISCUSIÓN.	63
<i>Materia seca presente y composición botánica de la pastura.</i>	63
<i>Calidad de la pastura.</i>	64
<i>Calidad de la dieta.</i>	64
<i>Tamaño de bocado.</i>	65
<i>Tasa de bocados.</i>	67
<i>Tiempo de pastoreo y rumia.</i>	67
<i>Consumo.</i>	69
<i>Producción de leche vendible (PLV).</i>	72
IMPLICACIONES.	74
CONCLUSIONES.	77
BIBLIOGRAFÍA.	78

LISTA DE CUADROS.

- Cuadro 1. Diferencias entre medias de tratamientos, para las distintas variables medidas en la materia seca presente de pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001)..... 93
- Cuadro 2. Diferencias entre medias de tratamientos, para las distintas variables medidas en la materia seca presente de pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001)..... 93
- Cuadro 3. Diferencias entre medias de tratamientos, para digestibilidad y proteína cruda de muestras de forraje obtenidas por medio de la técnica de "Hand plucking" en pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante las dos fases experimentales: 1) 22 Abril - 12 Mayo de 2001; y 2) 18 Julio - 30 Agosto de 2001)..... 94
- Cuadro 4. Diferencias entre medias de tratamientos, de las variables del comportamiento ingestivo de vacas F1 (Holstein X Cebú) que pacieron en gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio-30 Agosto de 2001)..... 94
- Cuadro 5. Diferencias entre medias de tratamientos, de las variables obtenidas de muestras de extrusa colectadas por dos vacas fistuladas al esófago en pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio-30 Agosto de 2001), 95

Cuadro 6. Diferencias entre medias de tratamientos, del consumo de forraje, obtenido por tres métodos: excreción fecal por cromo-indigestibilidad por cenizas insolubles en ácido (EF-CIA), excreción fecal por cromo-digestibilidad *in situ* (EF-DIS) y conducta de pastoreo (CO) en pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap)..... 95

Cuadro 7. Diferencias entre tratamientos para producción de leche vendible, consumo de leche del becerro, producción de leche total, días de lactación y número de lactación, de vacas que pacieron en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio-30 Agosto de 2001)..... 96

Cuadro 8. Condición corporal, peso vivo y peso metabólico de vacas que pacieron en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap)..... 96

Cuadro 9. Consumo de materia seca, energía y proteína cruda de vacas que pacieron en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap),93

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1A y 1B. Temperaturas máxima, mínima y precipitación durante la primera y segunda fase experimental, respectivamente.	98
Figura 2. Calendario de actividades realizadas durante la primer fase experimental.....	99
Figura 3. Calendario de actividades realizadas durante la segunda fase experimental.....	100
Figura 4. Materia seca presente (MSP) antes del pastoreo de praderas de gramas nativas (GN) y de gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> (GN+Ap) durante la primera fase experimental.....	101
Figura 5. Efecto de la pastura sobre la materia seca presente (MSP) de praderas de gramas y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 durante la primera fase experimental.....	101
Figura 6. Porcentaje de los componentes botánicos de la pastura de gramas nativas durante la primera fase experimental.....	102
Figura 7. Porcentaje de los componentes botánicos de la pastura de gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 durante la primera fase experimental.....	102
Figura 8. Materia seca presente (MSP) antes del pastoreo de dos pasturas de gramas nativas y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 durante la segunda fase experimental.....	103
Figura 9. Efecto de la pastura sobre la materia seca presente (MSP) en praderas de gramas nativas y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 durante la segunda fase experimental.....	103

Figura 10. Porcentaje de los componentes botánicos de la pastura de gramas nativas durante la segunda fase experimental	104
Figura 11. Porcentaje de los componentes botánicos de la pastura de gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 durante la segunda fase experimental.....	104
Figura 12. Efecto de la pastura sobre el % de proteína cruda de la materia seca presente de praderas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap) durante la primera fase experimental.....	105
Figura 13. Efecto de la pastura y el día de muestreo sobre el % de proteína cruda en la materia seca presente en praderas de gramas nativas(GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap) durante la segunda fase experimental.....	105
Figura 14. Efecto de la pastura sobre consumo de materia seca (CMS) con base al peso vivo (kg MS/kg PV) de vacas que pacieron en praderas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap).....	106
Figura 15. Efecto de la pastura sobre consumo de materia seca (CMS) con base al peso metabólico (g MS/ kg PM ^{0.73}) de vacas que pacieron en praderas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap).....	106
Figura 16. Efecto de la pastura sobre consumo de materia seca (CMO) con base al peso vivo (kg MO/kg PV) de vacas que pacieron en praderas de gramas	

nativas (GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap).....	107
Figura 17. Efecto de la pastura sobre consumo de materia seca (CMO) con base al peso metabólico (g MO/ kg PM ^{0.73}) de vacas que pacieron en praderas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap).....	107
Figura 18. Efectos principales de la pastura y día de muestreo sobre la tasa de bocados (bocados/ minuto) de vacas que pacieron en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap) durante la segunda fase experimental	108
Figura 19. Tiempo de pastoreo de vacas que pacieron en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental	108
Figura 20. Tiempo de rumia de vacas que pacieron en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental	109
Figura 21. Tiempo de otras actividades de vacas que pacieron en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas (GN+Ap) asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la segunda fase experimental.....	109
Figura 22. Efecto de la pastura, día de muestreo y hora de muestreo sobre el % de proteína cruda de la extrusa de vacas fistuladas al esófago en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap).....	110

Figura 23. Efecto de la pastura, la hora de muestreo y el día de muestreo sobre el % de digestibilidad in situ de la materia orgánica de la extrusa de vacas fistuladas al esófago en praderas de gramas nativas y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pinto</i> CIAT 17434	110
Figura 24. Composición botánica de la extrusa de vacas fistuladas al esófago en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pinto</i> CIAT 17434 durante la segunda fase experimental.....	111
Figura 25. Efectos de la pastura, día de muestreo y hora de muestreo sobre el tamaño de bocados (g, MS) de vacas fistuladas al esófago en praderas de gramas nativas y gramas nativas asociadas con <i>Arachis pinto</i> CIAT 17434.	111

ANEXOS.

Anexo A.....	112
Cuadro A1. Análisis de varianza de la materia seca presente (MSP) obtenida a partir de muestras de pasturas de gramas nativas y de gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).....	112
Cuadro A2. Análisis de varianza para la digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica (DISMO, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).	112
Cuadro A3. Análisis de varianza para el contenido de proteína cruda (PC, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).	113
Cuadro A4. Análisis de varianza para el componente botánico leguminosa introducida (LI, %; <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).	113
Cuadro A5. Análisis de varianza para el componente botánico grama nativa (Gn, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).	114
Cuadro A6. Análisis de varianza para el componente botánico pasto amargo (Pa, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis</i>	

<i>pintoi</i> CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).....	114
Cuadro A7. Análisis de varianza para el componente botánico maleza de hoja ancha (Ma, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).....	115
Cuadro A8. Análisis de varianza de la materia seca presente (MSP) obtenida a partir de muestras de pasturas de gramas nativas y de gramas nativas asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).	115
Cuadro A9. Análisis de varianza para la digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica (DISMO, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001).	116
Cuadro A10. Análisis de varianza para el porcentaje de proteína cruda (% PC) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).	116
Cuadro A11. Análisis de varianza para el componente botánico leguminosa introducida (LI, %; <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).	117
Cuadro A12. Análisis de varianza para el componente botánico grama nativa (Gn, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a	

<i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).	117
Cuadro A13. Análisis de varianza para la digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica (DISMO, %) de muestras obtenidas a mano imitando el pastoreo ("Hand plucking") en praderas de grama nativa y grama nativa asociada con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la primera fase (22 Abril- 22 Mayo de 2001).	118
Cuadro A14. Análisis de varianza para el porcentaje de proteína cruda (% PC) de muestras de forraje colectadas a mano imitando el pastoreo ("hand plucking") en praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la primera fase (22 Abril- 22 Mayo de 2001).	118
Cuadro A15. Análisis de varianza de la digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica (DISMO, %) de muestras de forraje colectadas a mano imitando el pastoreo ("hand plucking") en pasturas de grama nativa y grama nativa asociada con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).	119
Cuadro A16. Análisis de varianza para el porcentaje de proteína cruda (% PC) de muestras de forraje colectadas a mano imitando el pastoreo ("hand plucking") en praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).	119
Cuadro A17. Análisis de varianza para los tiempos de pastoreo (TP), rumia (TR) y otras actividades (TOA) de vacas que pastaron praderas de gramas	

nativas (GN) y GN asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).....	120
Cuadro A18. Análisis de varianza para la tasa de bocados (bocados/ minuto) de vacas que pastaron en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).....	120
Cuadro A19. Análisis de varianza para la tasa de bocados (bocados/minuto) y el tamaño de bocado (g/bocado) de vacas fistuladas al esófago, expresado con base en materia fresca (TBMV), materia seca (TBMS) y materia orgánica (TBMO) en pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001).....	121
Cuadro A20. Análisis de varianza para digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica (DISMO, %) de la extrusa colectada mediante vacas fistuladas al esófago en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001).....	122
Cuadro A21. Análisis de varianza para el porcentaje de proteína cruda (% PC) de la extrusa esofágica colectada mediante vacas fistuladas al esófago en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001).....	123
Cuadro A22. Análisis de varianza para los componentes botánicos de la extrusa: <i>Arachis pintoi</i> (Ap), gramíneas (Gr), leguminosa nativa (Ln) y otras especies	

(Oe), la cual fue obtenida mediante vacas fistuladas al esófago que pastaron en gramas nativas (GN) y GN asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001),.....	124
Cuadro A23. Análisis de varianza para el consumo de materia seca con base al peso vivo (CMSPV, kg/ 100 kg PV) y al peso metabólico (CMSPM, g/ kg PM ^{0.73}) de vacas F1 (Holstein X Cebú) que pastaron en praderas de gramas nativas (GN) y GN con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap).....	125
Cuadro A24. Análisis de varianza para el consumo de materia orgánica con base al peso vivo (CMOPV, kg/ 100 kg PV) y al peso metabólico (CMOPM, g/ kg PM ^{0.73}) de vacas F1 (Holstein X Cebú) que pastaron en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap)...	126
Cuadro A25. Análisis de varianza para excreción fecal (EF, kg/ día), consumo de materia seca (CMS, kg MS) y nitrógeno fecal (NF, g MS) obtenidos por marcadores en vacas que pacieron praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la primera fase experimental (22 Abril- 22 Mayo de 2001),.....	127
Cuadro A26. Análisis de varianza para el porcentaje de cenizas insolubles en ácido (CIA, %) de la extrusa de vacas fistuladas al esófago y de las heces colectadas de vacas, que pastaron praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas a <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap).....	127
Cuadro A27. Análisis de varianza para la producción de leche vendible (kg) de vacas que pastaron praderas de gramas nativas (GN) y Gn asociadas a	

<i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001),	128
Cuadro A28. Análisis de varianza para condición corporal (CC) de vacas que pacieron praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la primera y segunda fase experimental (22 Abril- 22 Mayo de 2001 y 18 Julio- 30 Agosto de 2001, respectivamente).	128
Cuadro A29. Análisis de varianza para el peso vivo (PV, kg/ animal) y peso metabólico (PM, kg PV ^{0.73}) de vacas que pacieron praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con <i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (GN+Ap), durante la primera y segunda fase experimental (22 Abril- 22 Mayo de 2001 y 18 Julio- 30 Agosto de 2001, respectivamente).....	129
Anexo B.....	130
Composición botánica de la pastura en la segunda fase.	130
Porcentaje de proteína cruda de la pastura en la segunda fase.	130
Porcentaje de proteína cruda de las muestras obtenidas mediante la técnica "Hand plucking" en la segunda fase.	131
Digestibilidad <i>in situ</i> de la pastura en la segunda fase.....	131
Tiempos de pastoreo, rumia y otras actividades	132
Tasa de bocados de las vacas intactas:	133
Tasa de bocados, tamaño de bocado (MV, MS, MO) y componentes botánicos de la extrusa de las vacas fistuladas al esófago.	133
Porcentaje de proteína cruda de la extrusa de vacas fistuladas al esófago.....	134

Digestibilidad <i>in situ</i> de la MS y MO de la extrusa de vacas fistuladas al esófago.	135
Cenizas insolubles en ácido en heces o extrusa.....	136
Consumo de MS o MO de las vacas de acuerdo su peso vivo o peso metabólico.	137
Producción de leche vendible.	137
Condición corporal de las vacas.	138
Peso vivo y peso metabólico de las vacas.....	139

RESUMEN.

RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ KARLA. Estimación del consumo de materia seca de vacas doble propósito (Holstein x Cebú) en praderas de gramas nativas y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* (CIAT 17434). (Bajo la asesoría del IA MSc Epigmenio Castillo Gallegos y el IA MC Jesús Jarillo Rodríguez)

Los objetivos fueron estimar el consumo de forraje de vacas que pastorearon gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* (GN+Ap) utilizando 5 vacas por tratamiento, así como determinar la composición botánica, y la calidad nutritiva del forraje ingerido por vacas fistuladas al esófago (VFO). Para ello se estimó la materia seca presente (MSP) y la composición botánica de la pastura por los métodos de Rendimiento Comparativo y Rango en Peso Seco, respectivamente. Las estimaciones de consumo se realizaron mediante la conducta de pastoreo, el cálculo de la excreción fecal de las vacas y la indigestibilidad de la dieta. Se utilizó un diseño completamente al azar para dos tratamientos, sin repeticiones de campo. Los análisis de varianza se efectuaron de acuerdo a modelos aditivos lineales. La diferencia en MSP entre tratamientos no fue estadísticamente significativa ($P > 0.05$). Los componentes botánicos dominantes en GN+Ap fueron *A. pintoi* y las gramas nativas; y en GN fueron las gramas nativas. En las pasturas la selección de gramíneas por VFO fue diferente ($P < 0.01$); el consumo de leguminosas nativas también fue diferente ($P < 0.01$) entre pasturas, siendo mayor en GN. La selección de otras especies no fue diferente entre pasturas ($P > 0.05$). Respecto a la calidad de la dieta, la pastura tuvo un efecto altamente significativo ($P < 0.01$) a favor de GN+Ap en proteína cruda y digestibilidad *in situ*. El efecto de la pastura fue altamente

significativo ($P<0.01$) sobre los tiempos de pastoreo y otras actividades, y significativo ($P<0.0231$) sobre el tiempo de rumia (TR). Las vacas pastorearon en GN 16% más tiempo que las vacas que pastaron GN+Ap, dedicando a otras actividades un 8% más de tiempo en GN+Ap que en GN; el TR fue 36% menor en GN+Ap que en GN. La tasa de bocados de las vacas residentes fue afectada significativamente ($P<0.05$) por la pastura. Así, las vacas en GN registraron más bocados por minuto que en GN+Ap. Independientemente del método usado para estimar el consumo de materia seca, el consumo fue mayor ($P<0.01$) en grama nativa. El presente trabajo demostró que la implementación de pasturas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434, permite mejorar la calidad de la dieta de las vacas, mediante el aumento en la proteína cruda y digestibilidad *in situ* de la dieta.

INTRODUCCIÓN.

La ganadería bovina del trópico mexicano tiene como base alimenticia la utilización extensiva de los pastos nativos también llamadas gramas nativas. Esta vegetación presenta serias limitantes para ofrecer forraje en cantidad y calidad adecuadas para garantizar una producción sostenida de leche y carne. Aunque la composición botánica de estas pasturas es variada en gramíneas (*Paspalum* spp, *Axonopus* spp, *Cynodon* spp, por mencionar algunas) y leguminosas (*Desmodium* spp, *Calopogonium* sp, *Siratro* sp, *Stylosanthes* sp), su producción de forraje es baja (aproximadamente 25 kg MS/ha/día, en la región de influencia del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical CEIEGT), además de estacional ¹.

También es frecuente en el paisaje ganadero tropical, la degradación de los potreros basados en gramíneas introducidas, que se pretende tener en monocultivo. Factores como el sobre pastoreo y la pobre adaptación de las especies utilizadas, influyen para que esta situación se presente, pero también inciden en la pérdida continua de nutrientes y de materia orgánica del suelo, situación que se agrava por la poca o nula fertilización de las pasturas en el trópico ². Por lo tanto, el mejoramiento de la alimentación de los animales por medio del establecimiento de pasturas mejoradas es una de las prácticas más importantes para aumentar la producción en las zonas tropicales ³. Las leguminosas forrajeras incorporadas en las pasturas pueden fijar nitrógeno (N), el que posteriormente pueden transferir a la gramínea, incrementando así el crecimiento vegetativo y la calidad, a través del aumento de la cantidad de energía y proteína disponible para los animales ³.

Durante las últimas décadas los centros nacionales e internacionales de investigación forrajera de Centro y Sur América, han realizado esfuerzos conjuntos para identificar las leguminosas tropicales productivas y persistentes, no sólo para mejorar la calidad nutritiva de la dieta del ganado, sino con otras alternativas de uso tales como abonos verdes, cobertura de plantaciones permanentes y utilización para programas de conservación y control de la erosión del suelo ².

Está demostrado que leguminosas como el *Arachis pintoi*, tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y mejorar la macrofauna y la materia orgánica del suelo, lo cual favorece el crecimiento vigoroso de la gramínea asociada y crea condiciones para mejorar la calidad del suelo a mediano y largo plazo. Además, *A. pintoi* permite ofrecer al animal una dieta de mejor calidad, por su alto contenido de nitrógeno (proteína) y alta digestibilidad, lo que se refleja en mayor producción por animal y por unidad de área, pues incrementa la disponibilidad de forraje en la pastura asociada, y por lo tanto se puede aumentar la carga animal ².

Los animales en pastoreo deben dividir su tiempo diario para pastorear, rumiar y otras actividades ⁴. El tiempo dedicado a cada actividad depende de factores entre los que se encuentran la cantidad y la calidad del forraje disponible, estado fisiológico, requerimientos energéticos y el clima. Para los animales en pastoreo, la disponibilidad de materia seca es usualmente un factor limitante para el consumo ^{2,4}. Las mayores cantidades de forraje disponible y la mejor calidad nutritiva de éste incrementan la capacidad de carga y la productividad por animal, lo que lleva a aumentar la productividad por hectárea ⁵.

El incremento en la calidad de la dieta puede cambiar los patrones de conducta ingestiva del ganado en pastoreo. Chacón y Stobbs ⁶ encontraron que a medida que disminuyó la cantidad de materia seca disponible, el tiempo de pastoreo aumentaba hasta un punto en que el animal rehusaba a pastar por más tiempo porque no podía compensar la disminución en el tamaño de bocado. Esta situación no debe ser importante en la rotación intensiva de pastos donde los animales reciben un área de pastoreo fresca diariamente. La calidad del forraje también determina cuanto tiempo pasta y rumia el ganado. Así, el tiempo de pastoreo debe ser menor con pasturas tiernas que le exigen al animal menos esfuerzo para cosecharlas, pero también si la pastura es extremadamente madura, el tiempo de pastoreo debe mantenerse bajo, pues al animal le cuesta más trabajo prehendrer el forraje ⁷.

En cuanto al tiempo de rumia, es conocido que mientras más fibroso es un forraje, el animal rumia más tiempo. Monsalve ⁸ durante la transición entre las épocas de lluvias y nortes, encontró que el tiempo de pastoreo era menor en una asociación de grama nativa con *Arachis pintoi* que en una pastura de grama nativa (450 vs 520 min/24 h). Asimismo, encontró que los animales rumiaron por más tiempo en la grama nativa (300 vs. 400 min/24 h). Los datos de este autor sugieren que estas variables de la conducta ingestiva no estaban afectadas por la disponibilidad de forraje, la cual fue de 13.9 y 12 kg de MS/100 kg de peso vivo / día para la asociación y la grama nativa, respectivamente, valores que superan al rango crítico de 6-8 kg de MS/100 kg de PV por abajo del cual el consumo de materia seca del ganado en pastoreo disminuye ⁹.

HIPÓTESIS.

La información presentada indica que es probable que, al introducir una leguminosa persistente y de alta calidad nutricia como *Arachis pintoi* CIAT 17434, en pasturas de gramas nativas, se mejore la dieta del ganado, lo cual también se puede ver reflejado en la conducta ingestiva del ganado. Lo anterior llevó a la hipótesis siguiente:

“El consumo de materia seca de las vacas de doble propósito (Holstein x Cebú) que pastan gramas nativas será diferente al de las vacas que pastan gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi*. Así mismo, el comportamiento ingestivo, como la calidad y composición botánica de la dieta ingerida serán diferentes”.

OBJETIVOS.

Con base en la hipótesis planteada, los objetivos propuestos fueron:

- 1) Estimar el consumo de forraje de los animales en pastoreo
- 2) Cuantificar el comportamiento ingestivo
- 3) Determinar la composición botánica, el contenido de N y la digestibilidad del forraje ingerido

REVISIÓN DE LITERATURA.

Sistemas de doble propósito.

Los sistemas ganaderos de doble propósito son aquellos en los que la producción se divide aproximadamente igual entre leche y carne. Este sistema es el predominante en muchas partes de Latinoamérica, donde se estima que alrededor del 78% del ganado y 40% de la producción de leche provienen del sistema de doble propósito ¹⁰. Sus características principales son que la mayoría de los becerros son separados de las vacas para lograr una forma de amamantamiento restringido. El ordeño usualmente se realiza una vez al día y la mayor parte de los recursos alimenticios son pastos o residuos de cultivos ricos en fibra y subproductos, con el mínimo uso de suplementos ¹¹.

Los recursos genéticos varían enormemente, pero los animales populares para este sistema son cruza derivadas de tipos europeos *Bos taurus* (Suizo pardo y Holstein predominantemente) y *Bos indicus* (Cebú) ¹¹.

El sistema doble propósito surge de la necesidad de incrementar las ganancias a partir de los sistemas típicos de producción de carne en extensivo. Donde el primer estado es el ordeño de una proporción de vacas (las cuales son seleccionadas por su potencial genético adecuado y su temperamento). El siguiente paso es usualmente la introducción de un semental de raza lechera reconocida; en orden de incrementar las características lecheras ¹¹.

Se le pueden adicionar otras innovaciones como manejo de pasturas, suplementación de vacas y becerros, junto con ordeño diario y ocasionalmente ordeño mecánico ¹¹.

Los sistemas de doble propósito se consideran como una manera adecuada de integrar vacas dentro de producciones intensivas mixtas, especialmente en el trópico húmedo. Los argumentos a favor son que estos sistemas son capaces de mejorar el uso de los recursos disponibles, y que son bien comprendidos por los ganaderos y que a su vez les permiten satisfacer las demandas de leche y carne¹¹.

La ganadería de doble propósito del trópico mexicano tiene como base alimenticia la utilización extensiva de los pastos nativos también llamados gramas nativas. Esta vegetación presenta serias limitaciones para ofrecer forraje en cantidad y calidad adecuadas para garantizar una producción sostenida de leche y carne. Aunque la composición botánica de estas pasturas es variada en gramíneas (*Paspalum* spp, *Axonopus* spp, *Cynodon* spp, por mencionar algunas) y leguminosas (*Desmodium* spp, *Calopogonium* sp, *Siratro* sp, *Stylosanthes* sp), su producción de forraje es baja, aproximadamente 25 Kg MS/ha/día en la región de influencia del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), además de ser estacional ¹.

También la degradación de los potreros basados en gramíneas introducidas, que se pretende tener en monocultivo, es frecuente en el paisaje ganadero tropical. Factores como el sobre pastoreo y la pobre adaptación de las especies utilizadas, influyen para que esta situación se presente, pero también inciden en la pérdida continua de nutrientes, situación que se agrava por la poca o nula fertilización de las pasturas en el trópico ¹. Por lo tanto, el mejoramiento de la alimentación de los animales por medio del establecimiento de pasturas

mejoradas es una de las prácticas más importantes para aumentar la producción en las zonas tropicales³.

Gramíneas y leguminosas.

Los principales factores que afectan al crecimiento de los pastos son suelo y clima, y dentro de éste, la duración del día, la intensidad de luz, la temperatura y las lluvias. Aunque podría pensarse lo contrario, la mayoría de las gramíneas y leguminosas tropicales no son indiferentes a la duración del día, pues en la mayoría de estos los foto periodos largos estimulan el crecimiento y la producción¹² y los foto periodos cortos inducen la floración, particularmente en las leguminosas¹³.

Las leguminosas tienen un gran potencial para incrementar la productividad del ganado en el trópico y subtropical. Sin embargo, su adopción depende de la disponibilidad de paquetes tecnológicos en que se incluyan especies lo suficientemente robustas para soportar las restricciones climáticas, edáficas y bióticas. Estas tecnologías deben estar basadas en la premisa de que ecológicamente las leguminosas están comprendidas por varias especies de diferente hábitat y por lo tanto requieren de un manejo particular para su persistencia. La gran diversidad del germoplasma de leguminosas colectado para su evaluación, puede ser usado también para proveer nuevos cultivos adaptados a la diversidad de condiciones presentadas por los sistemas agropecuarios productivos¹³.

Las diferencias en el valor nutritivo entre las especies pratenses, se atribuyen en parte a sus diferencias bioquímicas y anatómicas. Las gramíneas tropicales desarrollaron una micro anatomía especializada en la hoja (Kranz), que está

asociada a la ruta C_4 de fijación de carbono; y que es diferente de las leguminosas y las gramíneas templadas que tienen la ruta C_3 ¹².

Ambas plantas poseen haces vasculares, que en las C_3 no siguen un orden definido, dando a las nervaduras una apariencia aleatoria y en las C_4 , las nervaduras se alinean a lo largo de la hoja, produciendo las nervaduras paralelas a la nervadura central, lo que da apariencia de estar ordenadas. En ambos casos, los haces están rodeados por células que forman la vaina del haz, que contienen gran cantidad de cloroplastos, no obstante, las células de la vaina de las C_3 son más pequeñas y con paredes celulares más delgadas en comparación con las células de la vaina de las C_4 . En las C_3 , parte de las células del mesófilo "cuelgan" de la parte superior de la hoja, localizándose encima del haz, formando el mesófilo o parénquima de empalizada, las demás células mesofilicas se encuentran por debajo y rodeando desordenadamente al haz vascular, formando el mesófilo o parénquima esponjoso. Ambos parénquimas están casi desprovistos de cloroplastos. Por el contrario, las células mesofilicas de las C_4 están organizadas radialmente alrededor del haz vascular, son grandes y alargadas, con paredes celulares gruesas y gran cantidad de cloroplastos, por lo que pueden realizar la fotosíntesis. En su conjunto, la proporción de paredes celulares en la hoja termina siendo mayor en las plantas C_4 . Estas características, además de la capacidad de las gramíneas tropicales a crecer rápidamente y madurar, que las obliga a lignificar la fibra, hacen que estas plantas tengan un inherente bajo valor nutritivo^{12,14}.

Como consecuencia de la menor cantidad de paredes celulares lignificadas, las leguminosas y las gramíneas templadas tienen una mayor concentración de

contenido celular que los C₄. Como los pastos C₄ maduran rápidamente (floración), la proporción de hojas disminuye y la de los tallos aumenta, resultando en una baja del valor nutritivo. Los cambios en la relación hoja: tallo en las leguminosas son menos marcados durante la maduración, y el valor nutritivo disminuye más lentamente que el de las gramíneas C₄ en edades de rebrote similares. Aún así, los tallos de las leguminosas son usualmente más lignificados que los de las gramíneas en general y de las C₄ en particular, y generalmente son menos digestibles. Por esta razón, el valor nutritivo de las leguminosas para los rumiantes, dependerá de las proporciones de tallo: hoja consumidas, lo que está relacionado con la selectividad del animal en pastoreo. De cualquier forma, la preferencia de los rumiantes por las hojas asegura una dieta seleccionada de alta calidad, siempre y cuando exista forraje en suficiente cantidad ¹⁴.

***Arachis pintoi* (CIAT 17434).**

Arachis es un género de leguminosas cuyas características reproductivas son únicas porque la semilla se desarrolla bajo la superficie del suelo. El origen del género *Arachis* está naturalmente restringido a Brasil, Bolivia, Paraguay, Argentina y Uruguay. La reciente colección intensiva de germoplasma de este género expandió el área conocida de distribución de muchas especies y aumentó el número de estas. Este género pertenece a las familias Leguminosae-Papilionoidae. Es único entre las leguminosae a causa de la asociación de tres características: frutos subterráneos, que se originan de flores aéreas con un hipanto tubular, distintos tipos de anteras en la misma flor y un delicado tegumento seminal ¹⁵.

Arachis pintoi se acerca claramente a ser un tipo ideal de leguminosa forrajera. Sus estolones procumbentes la ayudan a resistir al pastoreo, y también le permiten invadir fácilmente cualquier suelo descubierto. Los estolones forman raíces libremente, a diferencia de lo que ocurre con plantas rastreras; el daño o fractura por los cascos de los animales es insignificante. La naturaleza de su compatibilidad con gramíneas tropicales agresivas todavía no es completamente clara, pero su capacidad para tolerar la sombra y hasta para crecer mejor bajo la sombra es obviamente importante. Esta especie puede regenerarse libremente de semilla, de rizomas y estolones, lo que contribuye a su capacidad para persistir y resistir los efectos de un manejo inadecuado ¹⁶.

Esta leguminosa presenta buena adaptación a los suelos ácidos, su máximo crecimiento parece limitarse cuando el pH es inferior a 5.4. La adaptación a los suelos de baja fertilidad se relaciona con el mantenimiento de la capacidad fotosintética por unidad de área foliar. Es capaz de absorber fósforo de suelos deficientes en este mineral, y esta capacidad contribuye su persistencia cuando se cultiva en asociaciones con gramíneas y tiene que competir con éstas por este nutriente. A diferencia de otras leguminosas tropicales sus requerimientos de cobre, molibdeno y calcio son relativamente bajos, y aquellos de fósforo, potasio y zinc son moderados. Sin embargo no utiliza los nutrimentos tan eficientemente como otras leguminosas y gramíneas en términos de materia seca producida por unidad de absorción de un nutrimento dado ¹⁷.

Arachis pintoi fija una gran parte de sus requerimientos de N (>80%) en suelos ácidos de baja fertilidad; por lo tanto, las tasas de fijación de N dependen directamente de la cantidad de materia seca que produzca la leguminosa, así

como su contribución a la producción total de forraje de la pastura. La liberación inicial de nutrimentos (N, P, K y Ca) de la hojarasca de *Arachis pintoi* es extremadamente rápida, lo que indica que podría ser una leguminosa apropiada para usar antes del establecimiento de un cultivo con alta demanda de nutrimentos, particularmente nitrógeno ¹⁸.

Los cultivares comerciales de *Arachis pintoi* tienen niveles altos de energía digestible (de 60% a 70% de digestibilidad de la materia seca) y de nitrógeno fermentable (de 13% a 25% de proteína cruda). En pasturas a base de esta leguminosa, los animales en pastoreo, expuestos anteriormente a olla, la seleccionan durante todo el año y en una proporción ligeramente mayor que la del forraje en oferta ⁸.

Las ganancias anuales de peso vivo en las pasturas con *Arachis pintoi* han variado de 120 a 200 kg/unidad animal (UA) y de 200 a 650 kg/ha/año, dependiendo de la especie de gramínea acompañante y la longitud de la época seca de la localidad. La inclusión de esta leguminosa en pasturas compuestas de gramíneas ha generado mayores ganancias de peso vivo (de 20% a 200%) y mayores rendimientos de leche (de 17% a 20%) en comparación a pasturas de sólo gramíneas; las mayores ganancias se presentan cuando la pastura tiene un 30% de leguminosa. Este incremento se debe tanto a la mejor calidad de la gramínea acompañante como a la leguminosa. Aún en las pasturas bajo alta presión en pastoreo y en época seca, las ganancias de peso vivo son mayores en las pasturas con esta leguminosa que en las que sólo tienen gramínea ¹⁹.

Indicadores de la calidad nutritiva de los forrajes

Proteína cruda

La expresión "proteína cruda" (PC) es un término convencional empleado para nombrar a las sustancias nitrogenadas tales como, nitrógeno mineral, amoniacal, aminoácidos, y proteínas que son contenidas en los alimentos. Su estimación se deriva de la determinación del contenido de nitrógeno total (N), que se multiplica por la constante 6.25 que indica que en las proteínas verdaderas el contenido promedio de nitrógeno es de 16%. En las plantas prateras, el contenido de proteína cruda varía del 3% al 20% e inclusive mayores en plantas muy jóvenes. El contenido de PC disminuye a medida que se desarrolla el pasto, donde la tasa de disminución es de 2.2 g/kg MS/día sin que haya diferencia significativa entre gramíneas C₃ y C₄, esta tasa de disminución varía con la concentración inicial del contenido de PC, y bajo condiciones de estrés por falta de agua en el suelo, disminuye más rápidamente que en un suelo húmedo ²⁰.

Consumo

En 1916, Osborne y Mendel reconocieron que la alimentación *ad libitum* daba lugar a una gran cantidad de resultados variables y formularon la siguiente pregunta fundamental: ¿un animal crece porque come más o no crece porque come menos?.

La producción de los animales en pastoreo depende de varios factores asociados, uno de ellos es el mejoramiento de la utilización de las praderas, lo cual depende de la medición o estimación de la cantidad de forraje consumido por los animales²¹; este consumo puede ser definido como la cantidad de materia seca por día ingerida por un animal ^{20,22}.

El problema es que la mayoría de los datos experimentales se han acumulado a partir del consumo de animales en estabulación, los cuales han sido empleados para desarrollar el conocimiento acerca de la nutrición animal ²¹, permitiendo que prevalezca la creencia en que todos los animales comen alrededor del 3% de su peso vivo y que no existen diferencias en el consumo entre diferentes alimentos ²³.

La apreciación y el conocimiento de los mecanismos que controlan el consumo indican que este es una fusión de características del alimento (gustocidad, propiedades físicas y disponibilidad de nutrientes), del animal (capacidad física, motivación-demanda de energía) y la situación alimenticia (manejo de la alimentación y el ambiente) ^{24,25,26,27}.

Comprender la regulación del consumo por el animal se dificulta debido a que existen mecanismos que operan a corto y largo plazo. El consumo a corto plazo puede ser controlado mediante un control glucostático (o termostático, aminostático o psicogénico) y el consumo a largo plazo puede estar regulado por un control lipostático (o limitación de llenado). Por lo tanto, cuando el suministro y calidad del alimento son adecuados, los animales maduros tienden a mantener un peso estable, debido a que sus sistemas de control neural y hormonal garantizan que la entrada de energía por consumo de alimento iguale la salida de energía ²⁵.

Se presume que los desequilibrios de nutrientes restringen el consumo debido a la acumulación excesiva de metabolitos ²⁸, y los animales responden a los desequilibrios nutrimentales mediante sensaciones de malestar causando una reducción del consumo o rechazo al alimento. Los animales usan al parecer

estas sensaciones y otros aspectos de "retroalimentación postingestiva" para evitar desequilibrios nutrimentales, modificando el consumo de nutrientes, si es que tienen la oportunidad de seleccionar a partir de un rango adecuado de ingredientes en la dieta ^{24,28}.

El balance de nutrientes se lleva a cabo en dos niveles, al del rumen y al de los nutrientes que son absorbidos por el animal. Muchos de los nutrientes absorbidos a partir del tracto gastrointestinal son de origen microbiano, a menos que las dietas contengan cantidades significativas de materiales digeribles que escapen de la fermentación ruminal ²⁸.

La restricción del suministro de nitrógeno ruminal disponible relativo a la energía absorbida, limita severamente el crecimiento microbiano y su actividad pudiendo conducir a una reducción de la actividad de digestión del forraje ²⁹. En cuanto, a la restricción del suplemento de carbohidratos fermentables relativos a nitrógeno también limita el crecimiento microbiano y su actividad, resultando en un uso ineficiente de aminoácidos debido a la gran cantidad que se ha desaminado, incrementando la pérdida de nitrógeno a partir de la orina. Dependiendo de las características del alimento, este puede tener muy diferentes efectos en el patrón de la absorción de nutrientes ²⁸.

Alternativamente, Leng ²⁹ postuló que la eficiencia metabólica de la utilización de energía en forrajes de baja calidad se reduce cuando la proteína es deficiente, lo que en ambientes tropicales crea un estrés calórico para el animal, que resulta en una reducción del consumo y del desempeño productivo del animal.

Los forrajes de baja digestibilidad pueden reducir el consumo, dada su lenta salida del rumen y reducida velocidad o tasa de paso a través del tracto

gastrointestinal. Los alimentos más digestibles poseen un consumo potencial mayor siempre y cuando, no exista una restricción física a salida del intestino. En tal caso, el consumo está más bien determinado por restricciones metabólicas relacionadas con la habilidad del animal para utilizar los nutrientes absorbidos ²⁸.

Medición del consumo

La cantidad diaria de materia seca (MS) que es consumida por un animal es una medición crítica para poder hacer inferencias nutricionales acerca del alimento y subsecuentemente de las respuestas del animal. Una medición adecuada del consumo de materia seca (CMS) provee la base para la aplicación de los requerimientos nutricionales para estimar una determinada respuesta animal. La medición del consumo integra un número de factores tales como las propiedades químicas de la planta, características físicas de la planta y el animal, y los procesos fisiológicos de éste, que son en gran medida dependientes de la especie, raza, tipo y clase, además de su estado productivo ³⁰.

Existen mediciones directas de consumo de animales en pastoreo las cuales se basan en las diferencias de peso del animal o bien diferencias en la masa herbal antes y después de ser pastada. También existen mediciones por métodos indirectos que se usan para estimar la excreción fecal y la indigestibilidad de la dieta ³⁰.

Medición de la excreción fecal (EF)

La EF puede ser medida directamente, colocando una bolsa colectora en la parte trasera del animal, sujetando la bolsa a un arnés que la fija en la posición

deseada³¹. La ventaja de esta técnica es que se obtienen resultados rápidamente y que únicamente se requiere la determinación de MS y contenido de cenizas. Sin embargo, tiene las desventajas de que los animales pueden disminuir significativamente su desempeño, la colección de heces puede ser incompleta debido a pérdidas accidentales, debido al peso de las heces en la bolsa hay una deformación temporal de los miembros posteriores que dificulta el caminar a los animales, la manipulación y manejo de animales y muestras es laboriosa, pero lo más importante es que se modifican los patrones de la conducta de pastoreo^{30,31}.

También se puede hacer una estimación de la EF con el cociente de la cantidad de un marcador dosificado a un animal y la concentración de este en las heces^{30,31}. La precisión de los valores de la EF obtenidos por medio del uso de marcadores depende de que: 1) El indicador se distribuya uniformemente en la ingesta, 2) su tasa de paso a través del tracto digestivo del animal sea similar a aquella de los nutrimentos ingeridos, 3) no sea absorbido por el animal y, 4) no sea tóxico y fisiológicamente inerte³².

Varias sustancias se han usado como marcadores, pero el óxido de cromo o sesquióxido de cromo (Cr_2O_3) es uno de los más usados, porque es prácticamente insoluble en agua y no se asocia con los componentes de la ingesta, pues viaja en ésta en forma de suspensión, pero a una tasa de paso diferente a las de la fase líquida y de la fase sólida, por lo que puede sedimentarse en el retículo-rumen y ser transferido esporádicamente al tracto gastrointestinal, lo que afecta directamente su patrón de excreción. Por otro lado, tiene la ventaja de que se recupera casi totalmente en las heces³³.

El marcador se puede administrar una o dos veces cada día (existe una variación diurna del cromo en heces en animales dosificados una vez al día), mezclado con el alimento, o ser administrado en suspensión en aceite (en cápsulas de gelatina, con dosis de 1 ó 10 g), impregnado en el papel, o incorporado a un pellet con pasta dental. La dosificación debe comenzar en no menos de siete días antes de que las estimaciones sean realizadas, para que este alcance un equilibrio, también llamado de flujo continuo, en el tracto digestivo ³².

Las muestras de heces se pueden obtener mediante su colección directamente del recto, y es más conveniente que se haga junto con la dosificación ^{9,30,31,32,34,35}; se recomienda que se colecten heces por al menos 5 días, debido a que así se puede obtener un estimado razonable de la excreción fecal y se pueden reflejar los cambios que pueden ocurrir en la digestibilidad y composición del forraje ingerido ⁹.

Los métodos propuestos para la determinación del contenido de Cr_2O_3 en el alimento y en las heces son diferentes, principalmente en la manera de preparar la solución de las muestras que contienen el marcador (digestión húmeda en ácido, incineración seguida de fusión alcalina, incineración seguida de fusión ácida), y una vez en solución, este es estimado comúnmente por espectrofotometría ³², también puede ser estimado mediante colorimetría de flujo continuo ⁹.

Es necesario recalcar que la precisión de esta técnica depende de la colección de muestras representativas de las heces de manera que la variación diurna de la excreción fecal del marcador no sea una fuente de error, y de una

recuperación completa del marcador en estas ^{33,34}. Le Du y Penning ⁹ concluyeron que con el uso de Cr_2O_3 se puede estimar la EF con una precisión de $\pm 6\%$, y que el uso de este marcador en una forma de liberación lenta, por ejemplo papel impregnado o cápsulas de liberación lenta, reduce la variación diurna en la excreción del marcador y aumenta la precisión de la estimación.

Medición de la digestibilidad de la dieta.

Además de la estimación de la EF con marcadores externos inertes, la estimación del CMS requiere del conocimiento de la Indigestibilidad de la dieta [$\text{CMS} = \text{EF} / (1 - \text{digestibilidad de la dieta} / 100)$], para lo cual se debe estimar la digestibilidad, que puede ser definida simplemente como la fracción de un alimento o constituyente de la dieta que se pierde durante su pasaje a través del tracto digestivo, y en forma básica se determina por la medición de alimento consumido y la cantidad de heces producida después de que un animal ha tenido suficiente tiempo para habituarse a esa dieta ^{30,35}.

Esta digestibilidad *in vivo* se puede estimar mediante el uso de marcadores internos los cuales son componentes naturales de la planta que son poco digeridos o no son absorbidos por el animal, y que debido a su resistencia a la digestión, pueden ser usados para monitorear la digestibilidad de otros constituyentes de la dieta ^{9,35}; la digestibilidad se obtiene con el cociente de la concentración del marcador en la dieta (Md) entre la concentración del marcador en las heces (Mh). Los marcadores internos que han sido evaluados son: sílice, lignina, N fecal, cromógenos, fibra detergente neutra indigestible y cenizas insolubles en ácido ^{30,33}. La precisión y la efectividad de las estimaciones de digestibilidad se ven afectadas por las variaciones en las determinaciones del

marcador. Dichos errores casi siempre se traducen en una subestimación de los coeficientes de digestión ^{33,35}.

Digestibilidad *in situ* (o Técnica de la bolsa de nailón).

Esta técnica involucra la colocación de forraje en bolsas fabricadas de fibras indigestibles como nailón, dacrón, o seda, directamente en el rumen (*in situ*) ³⁶, y es usado para medir la tasa y el límite máximo de la digestión de la materia seca por los microbios del rumen a distintos tiempos de incubación en el rumen ^{37,38}.

Quin *et al.* ³⁹ fue el primero en usar la técnica de la "bolsa de fibra" para investigar la digestión de los alimentos en el rumen de ovejas canuladas, usando bolsas cilíndricas compuestas de una seda natural muy fina. Diversos materiales han sido utilizados en la fabricación de las bolsas. Schoeman *et al.* ⁴⁰ y Mehrez y Ørskov ⁴¹ usaron material de dacrón obtenido de un paracaidas viejo.

El tipo de material, el tamaño y la uniformidad de los poros y el tamaño de la bolsa pueden afectar los resultados obtenidos con ésta técnica. El tamaño de poro regula el pasaje de las partículas sólidas de las bolsas ³⁶. La conclusión general de varios estudios es que para obtener una alta precisión de las estimaciones con las bolsas de dacrón, el tamaño de poro debe ser entre 40 a 60 μm ^{41,42}. El punto más importante es que el mismo material debe ser usado en cada ensayo y las bolsas deben ser bien lavadas entre ensayos, para asegurarse de que los poros queden limpios.

Probablemente el tamaño de la bolsa tiene el efecto mínimo independiente en los resultados de esta técnica, pero la proporción del tamaño de la muestra y el área de la bolsa tiene un gran efecto en los resultados ³⁸. El incremento del

tamaño de muestra relativo al área de la bolsa, disminuye la tasa o el límite máximo de digestibilidad de la muestra ⁴¹. El tamaño de la bolsa debe determinarse por la cantidad de muestra que se necesite posterior a la incubación necesaria para los análisis deseados y mantener la proporción correcta de masa a superficie. Usualmente se usa una bolsa de 140 mm x 90 mm cuando está vacía. Las esquinas del fondo idealmente deben ser redondas para prevenir que parte de la muestra quede atrapada y la bolsa puede ser cerrada atándola o mediante una jareta ³⁶.

La preparación de la muestra para la incubación es crítica y debe hacerse de tal manera que represente hasta donde sea posible el material que se encuentra en el rumen; lo ideal sería utilizar los alimentos después de masticarse, mediante la recolección de la muestra a través de un animal fistulado al esófago, pero también puede usarse un molino de martillo, ajustado a una criba de 2.5 a 3.0 mm ³⁶; Para forrajes, varios estudios han mostrado que el molido a través de cribas de 0.3 a 5.0 mm tienen un efecto mínimo en las mediciones de desaparición *in situ* ^{43,44,45}, especialmente cuando la medición realizada es la digestión a 48 h. La cantidad de la muestra incubada en la bolsa dependerá también de la densidad de la muestra preparada. Generalmente se ha encontrado que se necesitan alrededor de 2 g de paja molida seca, 3 g de heno o hierba secada, 5 g de concentrado y 10-15 g de hierba fresca, con base al tamaño de la bolsa ³⁶.

La dieta proporcionada al animal afecta las mediciones de desaparición *in situ*. El efecto más importante de la dieta es ocasionado por la proporción de forraje:

concentrado (más específicamente la cantidad de almidón) que se le suministre al animal receptor ³⁸.

La duración del periodo de incubación dependerá del uso de los datos obtenidos. Cuando se usa un solo tiempo para la estimación de la digestibilidad, el largo de la incubación debe ser escogido basándose en la tasa estimada de pasaje ³⁸. Lindberg ⁴⁶ midió la desaparición de la materia seca *in situ* a 48 h, y reportó que los valores eran muy similares a los valores de digestibilidad *in vivo* de la materia seca.

Para la incubación, las bolsas son cerradas y colocadas en una línea de hilo de material indigestible o pueden colocarse dentro de una bolsa de malla de material indigestible con un cierre y un hilo; los hilos ya sean de la bolsa de malla o en el que se encuentran amarradas las bolsitas se pegan a un alambre que va insertado en la cánula y se empujan dentro del rumen. Para la identificación de las bolsas se puede colocar un hilo de color o marcarlas con plumón de tinta indeleble. Al pasar el tiempo de incubación asignado, se retiran las bolsas y se lavan, lo cual puede hacerse dentro de un cubo de agua o en una lavadora, posteriormente se retira el hilo con el fin de sacar las partículas atrapadas por la tela doblada, y la bolsa y su contenido se limpian en agua corriente hasta que el agua de lavado salga limpia. Las bolsas luego se secan a un peso constante a 60-70° C y se calcula en porcentaje de pérdida de materia seca. Después de terminar el trabajo, las bolsas se lavan cuidadosamente (con jabón y agua) y se revisan para buscar rayas o huecos antes de usarlas de nuevo ³⁶.

Cálculos para estimar el consumo

Los cálculos matemáticos usados para determinar los coeficientes de digestión son simples y directos.

Cuando se conoce el consumo y un marcador externo se dosifica continuamente o frecuentemente, la EF se puede calcular así:

$$\text{Excreción fecal (EF, kg MS/animal/día)} = \frac{\text{Marcador administrado (g/animal/día)}}{\text{Concentración del marcador en heces (g/g)}}$$

entonces, el coeficiente de digestión o digestibilidad se calcula de la manera convencional:

$$\text{Coeficiente de digestión (\%)} = \frac{\text{Consumo} - \text{Excreción Fecal}}{\text{Consumo}} \times 100$$

Cuando el consumo es conocido y se usa un marcador interno, la digestibilidad puede calcularse como:

$$\text{Coeficiente de digestión (\%)} = \frac{\text{Concentración del marcador en alimento}}{\text{Concentración del marcador en heces}} \times 100$$

por lo tanto, la EF por animal se puede calcular a partir del valor obtenido con la última fórmula, de la siguiente manera:

$$\text{Excreción fecal (EF, kg MS/día)} = (1 - \text{Digestibilidad}) \times \text{Consumo (kg MS/día)}$$

De acuerdo a las fórmulas anteriores, si el consumo no se conoce, pero se administra un marcador externo para estimar excreción fecal y otro externo para estimar la digestibilidad, entonces, el consumo se puede estimar con la fórmula:

$$\text{Consumo (kg MS/animal/día)} = \text{Excreción fecal} / (1 - \text{digestibilidad})$$

Cuando el consumo no se conoce, los coeficientes de digestión para cada nutriente en particular se puede calcular de la siguiente manera:

$$100 - \frac{\% \text{ de marcador en la dieta} \times \% \text{ del nutriente en las heces}}{\% \text{ del marcador en las heces} \times \% \text{ del nutriente en la dieta}} \times 100$$

Si el "nutriente" de interés es la MS, ambos porcentajes del nutriente en la dieta y en las heces son 100%, pero si lo que interesa es la materia orgánica, se deben usar los porcentajes respectivos para la dieta y las heces ^{9,30,33,35}.

Estimación de la dieta obtenida de los animales que pastan.

Los dos métodos básicos en obtención de una dieta representativa son la colección manual del forraje por el experimentador (hand plucking) o el uso de animales quirúrgicamente alterados (fistula ruminal o esofágica). Ambos procedimientos requieren que las muestras sean colectadas en varios puntos

durante el periodo de apacentamiento para asegurar que el material es representativo del que es pastoreado.

"Hand plucking" o simulación manual del apacentamiento

Este se realiza mediante la observación cuidadosa de los animales en pastoreo, de las especies y partes de las plantas que son ingeridos, e intenta seleccionar material similar en composición botánica y morfológica manualmente; este tipo de muestreo es laborioso debido a que se deben coleccionar cantidades suficientes para un análisis convencional de digestibilidad y su mayor desventaja es que al ser subjetivo, no está exento de diferir del forraje pastoreado por los animales
9,30,31

Animales fistulados al esófago.

El uso de animales fistulados al esófago (también al rumen) es un intento de obtener una dieta similar a la consumida por los animales experimentales intactos. La cánula esofágica esta reemplazando a la cánula ruminal debido a que sólo requiere de la remoción de la tapa de la cánula para permitir la colección de extrusa (forraje colectado vía fistula esofágica) y la colocación de una bolsa colectora alrededor del cuello del animal durante el pastoreo; el objetivo es obtener una muestra representativa del forraje pastoreado por los animales con el mínimo de contaminación con saliva.

Siempre se debe tratar que los animales fistulados al esófago (FE) pasten de la manera típica del grupo, por lo tanto deben estar familiarizados de manera general con la combinación de pasturas y animales, de tal forma que se pueda evitar un comportamiento anormal y selección sesgada de los componentes del forraje, aspecto de principal importancia en pasturas mixtas. Para asegurar la

habituaación los animales FE deben mantenerse con el hato en las pasturas experimentales el mayor tiempo posible antes del muestreo. Si esto no es posible, se recomienda una experiencia previa en áreas similares, y un periodo preliminar de acostumbraamiento al manejo durante el muestreo de al menos tres semanas. Las oportunidades de obtener una buena muestra son mayores si los muestreos coinciden con la actividad máxima de pastoreo del hato, minimizando la interferencia a los animales fistulados por otros miembros del grupo en el campo y asegurándose que realmente se dediquen a pastar⁹.

Los tiempos de coleccion (15 minutos a 4 horas) producen muestras adecuadas (20 a 30 g MS) para el análisis, lo cual también depende de las especies, el tamaño de la fistula, la tasa de pastoreo, el tipo y la densidad del forraje y los requerimientos experimentales⁴⁷. Como práctica adicional se deja a los animales encerrados sin acceso al alimento para evitar la contaminación de la extrusa por la regurgitación y para aumentar el apetito. Puede argumentarse que esto modifica la presión de selección del animal, pero existen evidencias que muestran que esto es un efecto menor en la digestibilidad del forraje seleccionado⁴⁸.

La saliva no puede ser removida de la extrusa sin tomar parte de los componentes solubles de la planta con ella y por lo tanto reduciendo la digestibilidad de la muestra entera. Si la saliva se deja, aun cierto grado de contaminación con sales salivares y materia orgánica es inevitable. Así, si la digestibilidad es expresada basándose en la materia orgánica, un sobrestimado podría ocurrir debido a que la materia orgánica de la saliva es completamente digestible. El grado de sobre o subestimación puede estar en el orden 3-4 y 1-2

unidades respectivamente ⁴⁹, Gonzales y Laumbourne ⁵⁰ reportaron incrementos en la digestibilidad *in vitro* por arriba de 4.2 unidades porcentuales, originados por la adición de saliva. Tan pronto como es colectada la extrusa se debe colocar en una bolsa hermética e instantáneamente congelada en hielo seco (CO₂ sólido). Fallas en la congelación pueden resultar en una digestión continua del material soluble de la planta por las enzimas salivares y por lo tanto en la pérdida neta de MS, disminuyendo potencialmente la digestibilidad. Esto es de particular relevancia para cultivos altamente digestibles ⁹. Exprimir las muestras de extrusa para eliminar la saliva no alteró significativamente el contenido de N de la muestra pero redujo los valores de cenizas ⁴⁷.

Procedimiento quirúrgico y cuidados de los animales fistulados al esófago.

El esófago es un sitio difícil para realizar una cirugía debido a su composición de tejido seroso laxo y aunque tiene un pobre aporte sanguíneo se encuentra en una región que es altamente vascularizada, hay que evitar ejercer presión en los nervios adyacentes (tronco vago-simpático) y vasos sanguíneos (arteria carótida, vena yugular). La entrada al lumen de este órgano puede ocasionar el seccionamiento de los nervios vagal, glosofaríngeo y trigémino que inervan este órgano. La cirugía se puede realizar en el campo, y se realiza en menos de 30 minutos ³¹, requiere de anestesia local y sedación, se recomienda dietar a los animales para evitar la regurgitación; el procedimiento se realiza en un solo paso sin implantar cuerpos extraños como soporte para las estructuras tisulares. Un tubo plástico liso, firme pero flexible se pasa por debajo del esófago y el final es manipulado bajo el sitio de incisión. El órgano es expuesto por una disección directa en la línea media ventral entre la mandíbula y el cuello permitiendo el

drenaje de fluidos; una incisión corta longitudinal se realiza sobre la pared esofágica y se sutura finamente el margen entero de la fistula colocando íntimamente borde con borde de la piel y la pared esofágica, con suturas que pasen a través de la submucosa esofágica. La cánula se coloca después de que se terminaron las suturas. De preferencia se evita que los animales tengan acceso al alimento y agua durante 24 horas de postoperatorio o se colocan en una pastura de pasto inmaduro ⁴⁷. El cuidado rutinario de los animales puede requerir de los siguientes elementos: una cubeta, esponja, solución antiséptica, cánulas de repuesto, abrazaderas, tijeras pequeñas y un bisturí, pinzas largas, lubricante quirúrgico y crema antiséptica, saliva artificial ⁹.

Es necesario asegurarse que el área alrededor de cualquier fistula se mantenga limpia. La frecuencia de limpieza depende de cuánto forraje se acumule alrededor de esta. Aunque todas las fistulas se hacen de material quirúrgico inerte, se pueden desarrollar abscesos en los bordes de la fistula, lo cual es común después durante el post-operatorio, el área se debe mantener limpia y se puede aplicar una crema antiséptica lo cual normalmente es efectivo. El tratamiento sistémico con antibióticos puede ser necesario en casos extremos. Si estos abscesos se presentan durante las rutinas de muestreo, las colecciones pueden ser interrumpidas y se realizará la administración de un tratamiento hasta que el animal haya sanado; entonces el animal puede ser utilizado normalmente. Por lo tanto una inspección regular de los animales asegura que no se bloquee la fistula o evita la pérdida de la cánula. Dentro de la alimentación el agua siempre debe estar disponible junto con bloques de sal, esto es esencial para el mantenimiento del balance electrolítico, ya que las pérdidas de saliva

pueden ser ligeramente altas, disminuyendo el pH ruminal, esto incrementa la acidez y como consecuencia de la pérdida de sustancias amortiguadoras de la saliva y el deterioro de la absorción de los ácidos grasos volátiles. Existe un agotamiento de sodio y un efecto sobre el estado de aldosterona del animal ^{9,47}.

Composición botánica de la extrusa.

En los últimos años, muchos de las investigaciones que evalúan la composición botánica de la dieta del hato en pastoreo se realizan mediante el muestreo con animales fistulados al esófago ^{47,51,52}, esta se estima mediante la lectura de las muestras con un estereoscopio de 400 puntos ⁵³. Con este método se identifican únicamente los fragmentos grandes de la planta porque se emplea poca magnificación ($X \leq 18$). Respecto al peso, conviene corregir los datos de frecuencia de puntos leídos en una muestra, mediante ecuaciones de predicción desarrolladas a partir de una mezcla de especies en proporciones conocidas ⁵⁴. En general, se considera que el método de lectura es confiable únicamente para estimar la composición botánica de la dieta dentro de rangos relativamente amplios definidos como poco ($\leq 20\%$), intermedio (21- 50 %) o alto ($\geq 50\%$) ⁵⁵.

Comportamiento ingestivo.

Las características principales del control ingestivo se refieren más específicamente al hambre y la sed. Los centros de control, que rigen la regulación de estos están localizados en el hipotálamo. Estas son características cuantitativas individuales, y cuando la calidad y complejidad se toman adecuadamente en consideración, en el apetito por ejemplo, existe una contribución cortical a la organización del control ingestivo. Las estructuras neuronales que primordialmente se encargan del control del consumo de

alimento son un grupo de neuronas en el hipotálamo, que sirven como centros. El hipotálamo lateral contiene el centro de alimentación que estimula la salida del comportamiento ingestivo. Este controla los actos motores finales como son la búsqueda y selección del alimento típica del pastoreo, por ejemplo. El hipotálamo ventromedial contiene el centro de saciedad. Comer está promovido a menos que los centros mediales de saciedad inhiban los otros centros. Estos centros hipotalámicos envueltos en el control del consumo de alimento sirven sólo como unidades integradoras las cuales procesan la estimulación que llega y sale²⁴.

Las vacas en el trópico normalmente gastan entre 7 a 9 horas pastoreando cada día, donde la actividad de pastoreo se detiene entre tres periodos distintos y separados (al amanecer, a media mañana y entre el medio día y el atardecer, algunas ocasiones puede observarse un periodo corto cerca de la media noche)⁵⁶, el tiempo que los animales pastan puede estar influenciado por varios factores que incluyen: época y patrones diurnos, temperatura y humedad, dirección de viento, raza, disponibilidad de agua, topografía, pastura disponible, defecación, organización social y facilitación social⁴. Además, el forraje que será pastoreado tiene una considerable influencia en el consumo de comidas a corto plazo, probablemente controlado por una combinación de factores estructurales de la planta que influyen la tasa de ingestión, el efecto de masticación en el llenado del rúmen y los factores sociales y ambientales que afectan el complejo apetito-saciedad. Por lo tanto, es importante la investigación del comportamiento ingestivo de rumiantes en pastoreo ya que esta provee de datos válidos de su

propio entorno y es una parte integral del desarrollo de los sistemas de pastoreo
57.

El consumo (C) diario de forraje ingerido por un animal en pastoreo se puede calcular como el producto de tres variables: el tiempo utilizado para pastar (TP), la tasa de bocados durante el pastoreo (TB) y el consumo de forraje por bocado (TAB):

$$C = TP \cdot TB \cdot TAB$$

Se pueden calcular adicionalmente dos variables a partir de los componentes de la ecuación anterior: a) El número total de bocados por día (B), que es el producto de $TP \cdot TB$, y b) la tasa de consumo de forraje, que se obtiene de $TB \cdot TAB$; estas variables colectivamente describen el comportamiento ingestivo. Los procedimientos elegidos para medir el comportamiento de pastoreo se ven fuertemente influenciados por consideraciones de conveniencia, flexibilidad, y costo⁵⁸.

El pastoreo es por sí mismo una actividad compleja en la que pueden ser muy variables las cantidades relativas de tiempo y distribución de este, que son usadas para tomar mordiscos de forraje, buscar forraje y manipular este en la boca antes de ingerirlo. Muchas de las dificultades en la medición del comportamiento ingestivo están relacionadas con la necesidad de definir la actividad de bocados objetivamente, y por lo tanto la tasa de bocados y la duración del periodo de pastoreo⁵⁸.

Las observaciones sobre el número o frecuencia de los movimientos del bocado son dependientes de una adecuada definición de "bocado" la cual se hace en referencia a términos biológicos y que también sea posible de registrar. Un bocado se define como el movimiento de la cabeza asociado con la separación de un manojo de forraje (o una hoja) apretado en la boca, esta definición tiende a ser objetiva, pero puede no ser siempre la más apropiada. Los bocados durante el tiempo de pastoreo son frecuentemente intermitentes. Un animal puede interrumpir esta actividad para moverse hacia otra área, o para moverse del camino de otro animal, o en respuesta a factores que lo disturben ⁵⁸.

Estimar el tiempo gastado por el animal en el pastoreo se puede obtener mediante un monitoreo continuo de la actividad o usando una técnica de muestreo por intervalos. Típicamente, la actividad se registra a intervalos de 5 ó 10 minutos ⁵⁸. Gary *et al.* ⁵⁹ no encontraron diferencias significativas entre el estimar el tiempo de pastoreo observando a intervalos de 1, 15, 30 y 45 minutos.

JUSTIFICACIÓN.

De acuerdo a la información recolectada para esta revisión de literatura se concluye que la estimación del consumo de materia seca en vacas de doble propósito se presenta como una de las herramientas más importantes dentro de los sistemas de producción debido a que el conocimiento de esta permite un adecuado aprovechamiento de los recursos disponibles en el trópico húmedo, pero debido a la complejidad de los mecanismos que regulan el consumo, es importante su estimación por medio de diversos métodos, para así obtener una estimación más confiable.

MATERIAL Y MÉTODOS.

Localización del experimento.

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, localizado en el km 5.5 de la carretera Federal Martínez de la Torre-Tlapacoyan, en el Estado de Veracruz, a 97°06'11" de longitud oeste, 20°02'05" de latitud norte y 112±4 msnm de altitud. El clima es cálido y húmedo, Af(m)(e) de acuerdo a la clasificación de Köppen, sin estación seca definida⁶⁰; la temperatura media anual es de 23.7±0.5 °C y la precipitación media anual es de 1991±392 mm. Los suelos son Ultisoles.

Temperatura y precipitación.

Durante el experimento se obtuvieron diariamente las temperaturas mínima, máxima, actual (entre las 7:00 y 10:00 AM), la precipitación y la humedad relativa (Figuras 1A y 1B).

Tratamientos.

Se contó con dos tratamientos: grama nativa (GN) y grama nativa asociada a *Arachis pintoi* (CIAT 17434) (GN+Ap), contando con 2.5 ha y 21 subdivisiones cada uno, donde se realizó pastoreo rotacional intensivo de 1 día de pastoreo y 20 días de descanso con una carga animal de 2 vacas/ha.

El experimento se dividió en dos fases, la primera se realizó del 22 de Abril al 12 de Mayo y la segunda del 16 de Julio al 31 de Agosto, ambas en el 2001; el objetivo de estas era estimar: 1) la disponibilidad de materia seca de las

praderas evaluadas y, 2) el consumo de forraje de los animales que pacieron en estas pasturas.

Durante los 21 días que duró la primera fase se realizaron diariamente las siguientes actividades: 1) dosificación de óxido de Cromo a las vacas de los tratamientos, 2) colección de muestras de heces y 3) estimación de la materia seca presente (MSP) y composición botánica de las pasturas (Figura 2), realizando el muestreo de las 21 subdivisiones de cada tratamiento; durante la segunda fase se realizaron las siguientes actividades cada semana: a) en el mismo día, la observación de conductas de pastoreo en ambos tratamientos y la colección de extrusa esofágica para el tratamiento GN+Ap, b) al día siguiente colección de extrusa esofágica en el tratamiento GN y, c) estimación de la disponibilidad de MSP de las subdivisiones en las que los animales se encontrarían pastoreando durante las observaciones de conducta y colección de extrusa esofágica (obteniéndose dos muestreos de disponibilidad MSP para el tratamiento GN y uno para el tratamiento GN+Ap en cada semana de muestreo) (Figura 3), por lo tanto se obtuvieron 7 muestreos de MSP en la pastura GN+Ap, 14 muestreos de MSP.

Animales.

Se utilizaron en total 15 animales, diez vacas intactas (Holstein X Cebú, cinco/ tratamiento), dos vacas con fistula esofágica (Holstein X Cebú) y tres toros con fistula ruminal (uno Cebú y dos Pardos Suizos). Las vacas intactas fueron pesadas una vez al mes, con una condición corporal promedio de 2.0 ± 1.0 y se encontraban entre su 3ª y 6ª lactación y parieron entre los meses de Abril y Junio de 2001. Después de parir, las vacas se ordeñaban una vez al día tres

cuartos de la ubre y, el cuarto restante más la leche residual de los cuartos ordeñados se dejaban para el becerro. La producción de leche vendible por vaca se registraba diario (PLV, kg/vaca/día). Para estimar la cantidad de leche consumida por el becerro (CLB, kg/becerro/día), se pesó quincenalmente al becerro antes y después de mamar. La producción total de leche (PLT, kg/vaca/día) fue la suma de la PLV y el CLB. Mientras las vacas se ordeñaban tuvieron acceso *ad libitum* a melaza. Asimismo, las vacas con fístula esofágica fueron utilizadas para coleccionar muestras del forraje ingerido, y los tres toros con fístula ruminal para la estimación de la digestibilidad *in situ* de la materia orgánica.

Determinación de la materia seca presente (MSP) y composición botánica de la pradera (CB).

Se realizó la estimación de materia seca presente antes del pastoreo (MSP, kg/ha) por el método de rendimiento comparativo ⁶¹, con 100 observaciones por muestreo, originando en la primera fase 21 muestreos para cada uno de los tratamientos, y en la segunda fase, 14 muestreos para el tratamiento Gn y 7 para el tratamiento Gn+Ap, es decir 63 muestreos en total. Simultáneamente se estimó la composición botánica por el método de rangos de peso seco ⁶², donde se obtuvieron el mismo número de muestreos que en la estimación de MSP, las especies a identificar se agruparon de la siguiente forma: Gn (*Axonopus* spp), Gi (*Brachiaria* spp, *Cynodon* spp), Ln (*Desmodium* spp, *Centrosema* spp), Li (*Arachis pintoii*), Ps (*Sporobolus* spp), Pa (*Paspalum* spp), MA (*Mimosa pudica*) y Ma (*Cyperus* spp).

Calidad de la pastura.

Para la evaluación de la calidad de la pastura las muestras obtenidas fueron pesadas en fresco y después se colocaron en una estufa a 60 °C hasta llegar a peso constante para obtener el porcentaje de materia seca (MS, %), posteriormente se molieron pasándolas por una criba de 1 mm y con ellas se determinaron el porcentaje de proteína cruda (PC, %) determinado por el método de Kjeldahl, el porcentaje de materia orgánica (MO, %) ⁶³, y el porcentaje de digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO, %) por medio de la técnica de la bolsa de nailón, inicialmente propuesta por Quin *et al.* ³⁹ y modificada por Orskov y McDonald ⁶⁴ usando tres toros fistulados al rumen colocando tres bolsas de nailón/toro (poliéster blanco de monofilamento, libre de nitrógeno, con un tamaño de poro de $35 \pm 10\mu$; Bar Diamond, Inc. P.O. Box 60, Pharma, Idaho, 83660, USA) con 5 g de muestra seca cada una durante 48 horas, los toros permanecieron pastoreando praderas de *Cynodon nlemfuensis* y se suplementaron con 3 kg de concentrado, el cual fue suministrado cinco días antes del periodo de estimación y durante la realización de las digestibilidades.

Conducta de pastoreo.

La actividad individual de cada animal se registró mediante observación directa y se realizaron muestreos de barrido cada 10 minutos para anotar las siguientes conductas: pastar, rumiar, caminar y descansar, estando de pie o echada, para estimar los tiempos dedicados a esas conductas agrupándolas en tiempo de pastoreo (TP), tiempo de rumia (TR), y tiempo para otras actividades (TO), y muestreos focales para medir el tiempo transcurrido para 20 bocados por animal

cada hora, con lo que se estimó la tasa de bocados (TB, bocados/ minuto) ⁶⁵, cada hora durante 24 horas continuas una vez a la semana, esto se realizó durante siete semanas (las cuales comprendieron 3 ciclos de pastoreo, de 21 días cada uno), dando un total de 7 días y, por lo tanto 168 horas de observación por vaca. Se consideró como bocado a la acción llevada a cabo por una vaca cuando se aproximaba al pasto, lo prendía con la lengua, arrancando con los dientes y almohadilla, lo masticaba, deglutía y avanzaba a la toma del siguiente bocado, originando esta acción sonidos característicos (arrancando) y movimientos del cuello y la cabeza (arriba-abajo, izquierda-derecha). Las observaciones se iniciaron a las 10:00 PM de un día y concluyeron hasta las 10:00 PM del siguiente día.

Composición botánica y calidad de la dieta seleccionada por las vacas fistuladas.

Esta se determinó por medio muestras de extrusa esofágica, las cuales se tomaron después de mantener en ayuno de alimento por 10 horas a 2 vacas con fistula esofágica (las vacas contaron con agua en todo momento). Se realizaron dos muestreos por día por periodos de 15 a 30 minutos en las horas de mayor actividad de pastoreo (6 AM a 8 AM y 6 PM a 8 PM), por 14 días dentro de las 7 semanas de muestreo, obteniendo 56 muestras en total. Durante el periodo de colección, se contaron el número de bocados (TB, bocados/ minuto) que la vaca empleó para ingerir el forraje y se registró el peso fresco del forraje colectado, tanto con saliva y después de eliminar la saliva por compresión, con este se estimó el tamaño de bocado de materia verde, materia seca y materia orgánica (TAMBOC, g MV, MS y MO).

Colectada la muestra de extrusa esofágica se pesó en fresco y se tomó 1 kg el cual se dividió en tres submuestras: 200 g para determinar el porcentaje de materia seca (MS, %) y materia orgánica (MO, %) de la extrusa fresca, el resto se dividió en dos partes (c/u de 400g), una para la estimación al microscopio de composición botánica en la que la composición botánica se agrupó de la siguiente forma: Ap (*Arachis pinto*), G (gramíneas), Ln (leguminosas nativas) y O (otras especies), mediante la técnica del cuadrante de punto adaptada a mediciones microscópicas ⁶⁶, y otra para determinación de digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO, %) usando 20 g de extrusa fresca/bolsa y tres bolsas por toro, porcentaje de cenizas insolubles en ácido (% CIA) ⁶⁷ y porcentaje de proteína cruda (PC, %).

Calidad de la dieta estimada por "Hand plucking".

Mediante el muestreo a mano se seleccionó una muestra de aproximadamente 1 kg de materia verde procurando asemejar las preferencias (después de una observación cuidadosa) con respecto a las especies y partes de las plantas consumidas por las vacas de los tratamientos antes del pastoreo ⁶⁸ y se analizó el porcentaje de proteína cruda (PC, %) y la digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO, %) de la muestra.

Estimación del consumo.

Se realizaron estimaciones del consumo de las vacas mediante la conducta de pastoreo ⁵⁸, el cálculo de la excreción fecal de las vacas y la indigestibilidad de la dieta ³⁰. Usando las variables TP, TB y TAMBOC obtenidas de las observaciones de conducta y la extrusa esofágica, los consumos de materia

seca (CMS) y de materia orgánica (CMO) se obtuvieron con la siguientes fórmulas:

$$\text{CMS/ día} = \text{min pastoreo/día (TP)} * \text{bocados/min (TB)} * \text{g MS /bocado (TAMBOC)},$$

$$\text{CMO/ día} = \text{min pastoreo/día (TP)} * \text{bocados/min (TB)} * \text{g MO /bocado (TAMBOC)},$$

Se utilizó una dosis de 4 g/día/vaca de óxido de Cromo (Cr_2O_3), para las 10 vacas de los tratamientos (GN y GN + Ap) para la estimación de la excreción fecal (EF) colectando diariamente muestras de heces entre 7:00 y 8:00 AM, directamente del recto de cada vaca, por un periodo de diecinueve días continuos; en el laboratorio las heces se secaron para obtener el %MS y fueron molidas pasándolas por una criba de 1 mm, de los últimos 7 días de colección se tomó el 15%/vaca/día de la MS para hacer dos grupos de muestras compuestas por vaca. El primer grupo de muestras compuestas fue llevado para la determinación de óxido de Cromo por espectrofotometría al Colegio de Postgraduados (Campus Texcoco) y así calcular EF:

$\text{EF (g/día)} = (\text{mg de marcador administrado/ mg de marcador por g de heces})$; el otro grupo de muestras compuestas se utilizó para la determinación de cenizas insolubles en ácido (CIA, %). A partir de los %CIA de la extrusa y las heces se estimó el porcentaje de digestibilidad (% D) de la dieta:

$$\% D = 100 - [100 * (\% \text{CIA en extrusa} / \% \text{CIA en heces})]$$

Con los datos obtenidos excreción fecal, porcentaje de digestibilidad *in situ* (DISMO, %) de la extrusa y porcentaje de digestibilidad por CIA (D_{CIA} , %), se calculó el consumo de la siguiente manera:

$$\text{CM} = [\text{EF} / (1 - \text{digestibilidad de la dieta}) / 100];$$

los resultados fueron expresados basándose en los kilogramos consumidos por cada 100 kg de peso vivo (PV) y los gramos consumidos por kilogramo de PV^{0,73} (peso metabólico, PM).

El programa ANALIT[®], generado por el Instituto de Ciencia Animal del Ministerio de Educación de la República de Cuba, se usó para simular el balance alimentario de cada tratamiento, para lo cual se consideró el PV, promedio de número de lactancia y PLT ⁶⁹.

Análisis estadístico.

Diseño experimental.

Fue un diseño completamente al azar para dos tratamientos, y sin repeticiones de campo para los tratamientos, se incluyó en el modelo el efecto de tiempo, para considerar las mediciones repetidas a un mismo animal debido a la observación de la conducta de pastoreo por 7 días en un periodo de 7 semanas.

Mediciones.

1. Materia seca presente antes del pastoreo (MSP, kg/ha).
2. Composición botánica de la pastura (CB, %) antes del pastoreo.
3. Digestibilidad de la materia orgánica (DISMO, %) y porcentaje de proteína cruda (PC, %) de la pastura.
4. Porcentaje de proteína cruda (PC, %) y digestibilidad de la materia orgánica (DISMO, %) de "hand plucking".
5. Composición botánica (CB, %), digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO, %) y porcentaje de (PC, %) de la extrusa esofágica.

6. Tiempos de pastoreo (TP, min/24 h), rumia (TR, min/24 h), y otras actividades (TO, min/24 h).
7. Tasa de bocados (BOC, bocados/min) de las vacas residentes en las pasturas y en las vacas fistuladas al esófago.
8. Tamaño de bocado (TB, g/bocado) en materia verde, materia seca y materia orgánica.
9. Porcentaje de cenizas insolubles en ácido (CIA, %) de la extrusa y heces, digestibilidad obtenida por cenizas insolubles en ácido (DCIA, %).
10. Excreción fecal (EF, kg).
11. Consumo de materia seca y materia orgánica con base al peso vivo y al peso metabólico obtenido por excreción fecal y cenizas insolubles en ácido (CM_{EFCIA}), excreción fecal y digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (CM_{EFDIS}) y por conducta de pastoreo y tamaño de bocado ($CM_{conducta}$).

Análisis de varianza.

Los análisis de la varianza (ANDEVA) se efectuaron de acuerdo a modelos aditivos lineales, los cuales se presentan en el apéndice B. Estos modelos incluyeron todos el efecto del tratamiento grama nativa (GN) y grama nativa asociada a *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN + Ap), el efecto del tiempo, generalmente fecha de muestreo y utilizaron las variaciones entre divisiones o bien entre animales para generar el "error experimental" para probar los efectos del modelo. En términos generales, cada cuadro del apéndice A, tiene un modelo correspondiente en el apéndice B.

RESULTADOS.

Materia seca presente (MSP) y composición botánica (CB).

Primera fase

La diferencia en MSP entre tratamientos no fue estadísticamente significativa ($P > 0.05$), aunque la pastura asociada superó por 11% a la pastura testigo (Figura 1).

Los componentes botánicos dominantes en el tratamiento GN+Ap fueron *A. pintoi* y las gramas nativas; y en el tratamiento GN las gramas nativas; la diferencia entre tratamientos en contenido de gramas nativas fue 97% mayor a favor de la pastura testigo ($P = 0.0001$).

Por otro lado, el tratamiento GN+Ap presentó un porcentaje de pasto amargo mayor que el tratamiento GN, e igual sucedió con el componente malezas de hoja ancha; en ambos casos la diferencia fue altamente significativa ($P \leq 0.01$) (Figura 2).

La presencia de gramíneas introducidas, leguminosa nativa, pasto sabana y malezas de hoja angosta fue estadísticamente similar entre ambas pasturas ($P > 0.05$) (Cuadro 1).

Segunda fase

Nuevamente, la MSP no fue diferente ($P > 0.05$) entre pasturas, aún cuando en esta fase la diferencia porcentual entre tratamientos se incrementó a 39% (Figura 3).

En GN+Ap *Arachis pintoi* CIAT 17434 aumentó su contribución a la CB (Figura 4), seguido de las gramas nativas, las cuales disminuyeron su contribución. En la pastura GN, la presencia de las gramas nativas disminuyó, empero siguieron

siendo el componente dominante, además de superar ($P = 0.0131$) por 149% en su contribución a la de la pastura GN+Ap; en cuanto a las especies restantes no hubo diferencia significativa entre pasturas ($P > 0.05$) (Cuadro 2).

Calidad de la MSP.

Proteína cruda en ambas fases.

En ambas fases (Figuras 5 y 6), la diferencia entre tratamientos fue altamente significativa ($P \leq 0.01$), siendo superior GN+Ap (Cuadros 1 y 2).

Digestibilidad in situ de la materia orgánica en ambas fases.

En la primera fase (Figura 7) no existió diferencia ($P > 0.05$) entre GN y GN+Ap. Durante la segunda fase (Figura 8) la DISMO fue mayor ($P = 0.0013$) en la pastura asociada que en la pastura de gramínea sola (Cuadros 1 y 2).

Calidad de la dieta en las muestras de "Hand plucking".

En la primera fase la PC del muestreo a mano no fue diferente ($P = 0.3877$) entre pasturas. En la segunda fase fue mayor, de forma altamente significativa ($P = 0.0001$), GN+Ap que GN. La DISMO en la primera fase presentó una diferencia significativa ($P = 0.0133$) entre pasturas, donde fue mayor en la asociación; en la segunda fase la DISMO fue mayor ($P = 0.0001$) en GN+Ap que en GN (Cuadro 3).

Conducta ingestiva.

El efecto de la pastura fue altamente significativo ($P \leq 0.01$) sobre los tiempos de pastoreo (TP) y otras actividades (TO) (Figuras 9 y 10), y significativo ($P = 0.0231$) sobre el tiempo de rumia (TR) (Figura 11). Las vacas pastaron en GN 16% más tiempo que las vacas que pastaron GN+Ap, dedicando a otras

actividades un 8% más de tiempo en GN+Ap que en GN; el TR fue 36% menor en GN+Ap que en GN.

La tasa de bocados (TB) de las vacas residentes (Figura 12) fue afectada significativamente ($P < 0.05$) por la pastura, así las vacas en GN dieron más bocados por minuto que en GN+Ap. La tasa de bocados de las vacas fistuladas al esófago no fue diferente entre pasturas ($P > 0.05$) (Cuadro 4).

Composición botánica y calidad de la dieta seleccionada por las vacas fistuladas

El tamaño de bocados (g) de las vacas fistuladas al esófago (Figura 13) estimado en MV, MS y MO no fue diferente entre pasturas ($P > 0.05$).

En las praderas la selección de gramíneas por las vacas fistuladas al esófago fue diferente ($P = 0.0001$), el consumo de leguminosas nativas también fue diferente ($P \leq 0.01$) entre pasturas siendo mayor en GN; la selección de otras especies (Figura 14) no fue diferente entre pasturas ($P > 0.05$). En cuanto a la calidad de la dieta, la pastura tuvo un efecto altamente significativo ($P \leq 0.01$) a favor de GN+Ap en PC (Figura 15) y DISMO (Figura 16) (Cuadro 5).

Consumo

Independientemente del método usado para la estimar el consumo de materia seca y materia orgánica en las pasturas, y de las unidades usadas para expresar éste, el consumo fue mayor ($P = 0.0001$) en la pradera de grama nativa (Figura 17). Los métodos basados en la excreción fecal y la indigestibilidad, obtenida esta última por cenizas insolubles (CIA) o por digestibilidad *in situ* (DIS) arrojaron valores de consumo menores ($P = 0.0001$) a los estimados por la observación de la conducta ingestiva en pastoreo (Cuadro 6).

Producción de leche vendible.

La pastura no tuvo efecto ($P>0.05$) sobre PLV (Cuadro 7).

Condición corporal, peso vivo y peso metabólico.

El efecto de la pastura no fue significativo ($P>0.05$) para condición corporal, peso vivo y peso metabólico (Cuadro 8).

DISCUSIÓN.

Materia seca presente y composición botánica de la pastura.

Varios autores ^{70,71,72,73,74} mencionan que en una asociación, *Arachis pintoi*, debido a sus características de agresividad, hábito de crecimiento decumbente y a que puede alcanzar alturas de hasta 50 cm, compite exitosamente con las gramíneas, tendiendo a ser un monocultivo al pasar el tiempo, disminuyendo por consiguiente la cantidad de materia seca presente en la pastura.

Esta relación entre la MSP y la contribución de *A. pintoi* a la composición botánica también fue observada en estudios realizados anteriormente en el CEIEGT. Fernández ⁷⁵ encontró que la producción más baja de materia seca en la pastura correspondió al muestreo donde la leguminosa llegó a ser mayor al 60% de la composición botánica, durante las épocas de lluvias, nortes y sequía. Posterior a esto, Castelán ⁷⁶ al realizar una evaluación de establecimiento y persistencia al pastoreo de tres accesiones de *A. pintoi* (CIAT 17434, 18744 y 18748) durante un año, obtuvo una producción de 3248 kg MS/ ha y 42.5% de *A. pintoi* (CIAT 17434) en la pastura asociada, los cuales son similares a los obtenidos en el presente experimento. En cambio Monsalve ⁸ en la época de transición entre lluvias y nortes encontró 7200 kg MS/ ha con 30% de leguminosa en la asociación; los dos últimos autores realizaron la evaluación en los mismos potreros en los que se llevó a cabo el presente estudio, y por lo tanto, se puede pensar que tanto la época como el aporte de la leguminosa a la composición botánica de la asociación son factores que influyen la cantidad de materia seca presente.

Calidad de la pastura.

El porcentaje de proteína cruda de la MSP en el tratamiento GN+Ap fue similar a los informados (10.8- 12.83 % PC) en pasturas asociadas con *A. pintoi* en Costa Rica con *Cynodon nlemfuensis* y *Brachiarias*, y el en el CEIEGT con gramas nativas ^{71,77,78,79}, pero menor al mencionado por González *et al.* ⁷⁷ quienes en una asociación de *Cynodon nlemfuensis* y *A. pintoi* con una carga animal de 2.4 UA/ha obtuvieron valores de 14.7% de proteína cruda.

En cuanto al tratamiento GN, el porcentaje de proteína cruda en la pastura fue mayor al reportado por Buntinx ⁸⁰ en pasturas de *Cynodon nlemfuensis* en el CEIEGT, que fue de 5.7% de PC.

Los valores de digestibilidad de materia seca en ambas pasturas estuvieron por arriba de la media de 62% para pastos tropicales ^{81,82,83}. Esto podría ser explicado a que en el CEIEGT se ha observado que, debido al manejo al que están sometidas las gramas nativas, aumenta su calidad, contrario a lo que sucede en explotaciones de los alrededores del CEIEGT (Braulio Valles, comunicación personal).

Calidad de la dieta.

La calidad de la dieta estimada por medio del muestreo a mano imitando el pastoreo de las vacas ("hand plucking") fue mayor a la calidad de la pastura ofrecida por 3 y 8 puntos porcentuales respectivamente para proteína y digestibilidad, lo cual confirma lo encontrado por Stobbs ⁸⁴ al estimar la calidad de la dieta por medio del muestreo "hand plucking" y con animales fistulados al esófago, encontró que la calidad de la dieta seleccionada fue mayor a la de la pastura. Carulla *et al.* ⁸⁵ y González *et al.* ⁷⁸ quienes también estudiaron este

tema en pasturas asociadas de gramíneas con *A. pintoi*, observaron tendencias similares, anotando que la diferencia se debió a la alta selectividad de los animales por las hojas; en el presente trabajo no se estimó el porcentaje de hojas en la dieta pero sí la contribución de la leguminosa en la extrusa, la cual constituyó el 38% del forraje consumido, siendo este valor similar al informado por Carulla ⁸⁵, González *et al.* ⁸⁶ y Martínez *et al.* ⁸⁷.

Squibb *et al.* ⁸⁸ mencionaron que es muy importante la exposición previa del rumiante a una dieta dada en la formación de una conducta selectiva al apacentar.

Langlands ⁴⁹ mencionó que al retirar la saliva de la muestra de extrusa esofágica, se pierden componentes solubles de la planta, lo cual reduce la digestibilidad de la muestra; el grado de subestimación puede estar en el orden de 3 a 4 unidades porcentuales, por lo que esta pudiera ser la causa de que en el presente estudio los valores de digestibilidad de la extrusa fueran menores a los de la dieta ofrecida.

Tamaño de bocado.

El tamaño de bocado está en función del tamaño de la boca y la densidad de la pastura, por lo que el tamaño de bocado tiende a ser menor cuando las pasturas son pobres ⁸⁹.

Stobbs ⁹⁰ estimó el tamaño de bocado con tres vacas Jersey fistuladas al esófago que pastaron en pasturas de *Setaria anceps* y *Chloris gayana*, ambos pastos tropicales de porte erecto, y encontró que las vacas prehenden un tamaño máximo de bocado cuando las pasturas contienen la mayor proporción de hojas accesibles (4 semanas de rebrote aproximadamente). El tamaño de

bocado estimado en el presente estudio estuvo en la parte alta del rango mencionado por Stobbs ⁹⁰, cuyos valores van de 0.05 a 0.80 g de MO por bocado.

Chilibroste *et al.* ⁹¹ determinaron el tamaño de bocado en vacas fistuladas al rúmen que pastaron praderas de vallico (*Lolium perenne*) para ver efecto de tiempo de permanencia en la pastura durante el muestreo, y encontraron que el tamaño de bocado no era diferente cuando el muestreo duraba 1 hora o menos, pero que declinaba linealmente al avanzar la sesión de muestreo. No así, Greenwood y Demment ⁹² quienes encontraron que las vacas no aumentaban el tamaño de bocados, sino que incrementaban la tasa de bocados (número de bocados por minuto).

McGilloway *et al.* ⁹³ en Irlanda también con pasturas de vallico, realizaron una serie de experimentos para comparar el efecto de la reducción de la altura de la pradera en el consumo a corto plazo con diferentes niveles de densidad en la pastura (número de plantas por m²), además del efecto de dietado sobre el tamaño de bocado de vacas Holstein Friesian. Estos investigadores informaron que el tamaño de bocado fue mayor cuando las vacas se distaron por más de seis horas y cuando pacieron pasturas altas con una MSP similar antes del pastoreo.

Por lo tanto, el tamaño de bocado que fue estimado en el presente trabajo pudo verse afectado por el tiempo relativamente largo que las vacas fistuladas al esófago permanecieron dietadas, y por eso no se presentaron diferencias entre pasturas.

Hess y Lascano ⁶⁴ realizaron un estudio para evaluar el comportamiento del consumo de forraje por novillos en pasturas de gramínea sola y asociada con *A. pintoi*, en el cual observaron que el tamaño de bocado también era mayor al reportado por otros autores ^{6,95}, y mencionaron que la causa del menor peso de bocado puede ser la metodología, ya que en su estudio, así como en el presente experimento, el número de bocados fue registrado a partir de los movimientos de la mandíbula relacionados con la cosecha de forraje y no el total de movimientos.

Tasa de bocados.

Según Stobbs ⁶⁴, la tasa de bocados de las vacas que pacen pasturas tropicales puede variar entre 70 y 80 bocados por minuto al inicio de la sesión de pastoreo a 40 y 50 bocados por minuto al final de esta. Esta variable es un indicador de las condiciones de la pastura, sobre todo de la facilidad con la cual el forraje es cosechado ⁷. Si la calidad de la pastura disminuye, los animales toman mayor tiempo para seleccionar el forraje y por consecuencia la tasa de bocados decrece ^{96,97}. Asimismo, Stobbs ⁷ mencionó que la conducta ingestiva al pastar es estimada con mayor precisión a través de la tasa de bocados que a través del tiempo de pastoreo. En el presente experimento la media de tasa de bocados fue 51 bocados/minuto en GN y 41 bocados/minuto en GN+Ap, por lo tanto, de lo anterior se infiere que las vacas que pacieron en GN tuvieron mayor dificultad para cosechar el forraje que las vacas en GN+Ap.

Tiempo de pastoreo y rumia.

En pasturas con buena cantidad y calidad de forraje, el tiempo de pastoreo para rumiantes domésticos usualmente se encuentra en el rango de 4 y 9 horas por

día ⁹⁸. Cuando las pasturas presentan condiciones pobres de forraje, los tiempos de pastoreo son mayores a las 14 horas por día ⁹⁹; esto es consecuencia de un intento de los animales por compensar la disminución en el tamaño de bocado producto de la baja disponibilidad, con un aumento en la tasa de bocados o el tiempo de pastoreo ^{6,100,101,102}, y, algunas veces, ambos ⁶⁷.

Así, el tiempo de pastoreo encontrado en este estudio en las pasturas de GN y GN+Ap (7:30 y 6:30 horas/ día, respectivamente) se encuentra en la parte inferior del rango mencionado. Estudios realizados en el mismo CEIEGT han reportado valores mayores de tiempo de pastoreo. Buntinx ⁶⁰ evaluó pasturas de estrella Sto. Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) donde pastaron vacas F1 (Holstein X Cebú) y encontró que éstas pastaron por 9.5 horas al día. Monsalve ⁸ efectuó el mismo tipo de evaluaciones que las realizadas en el presente experimento y sobre las mismas pasturas, pero durante la época de transición entre lluvias y nortes en 1999 y en promedio encontró que las vacas pastaron una hora más en cada tratamiento, pero la diferencia se mantuvo: 8:30 y 7:30 horas/ día para GN y GN+Ap, respectivamente.

Buntinx ⁶⁰ mencionó que el pastoreo y la rumia son excluyentes entre sí: los animales pastan o rumian, pero ambas características van a depender de la cantidad y calidad de la pastura.

Stobbs ⁷ explica así esta relación:

1. Si la cantidad de forraje es abundante y la calidad alta, los tiempos de pastoreo y rumia son cortos.
2. Si la cantidad de forraje es abundante y baja la calidad, los animales emplean más tiempo en pastar y rumiar.

3. Si la cantidad es baja, independientemente de la calidad (alta o baja), el tiempo de pastoreo es largo y el tiempo de rumia es corto.

Así, el tiempo de rumia en el presente estudio mantuvo el mismo patrón del tiempo de pastoreo, donde los animales rumiaron por más tiempo en GN que en la pastura GN+Ap, entonces la característica en la dieta que determinó los patrones de conducta en este caso fue la distinta calidad entre pasturas, ya que la cantidad de forraje ofrecido no fue diferente entre estas.

Consumo.

Los resultados de consumo obtenidos en el presente estudio no concuerdan con los de investigaciones previas realizadas en el trópico con asociaciones de gramíneas con *A. pintoi*. González *et al.*⁷⁸ en Costa Rica evaluó pasturas de *Cynodon nlemfuensis* solo y asociado con *A. pintoi*, ambas pasturas con una producción similar de MSP, usando vacas lecheras Jersey, Criollo Lechero Centroamericano y cruza entre estas dos razas, observó que el consumo de materia seca, estimado por medio de excreción fecal (Cr_2O_3) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca, era 28% mayor en la pastura asociada. Hess y Lascano⁹⁴ en los Llanos Orientales de Colombia compararon una pradera de *Brachiaria humidicola* con otra en que la gramínea se asoció con *A. pintoi*, ambas con una carga animal de 4 novillos Criollos (*Bos taurus*)/ha y encontraron que la producción de MS de la asociación fue aproximadamente 3 veces menor que la de la pradera de gramínea sola; en ese caso, la excreción fecal se estimó dando una dosis única de Iterbio, y la digestibilidad de la MS por la técnica *in vitro*, lo cual arrojó un consumo 22% mayor para la asociación. También en Costa Rica, Abarca *et al.*¹⁰³ evaluaron pasturas de *Brachiaria brizantha* sola y

asociada con *A. pintoi* no encontraron diferencias entre pasturas para CMO, estimado éste por excreción fecal (Cr_2O_3 por 7 días) y digestibilidad *in vitro* de la MS.

La simulación del balance alimentario efectuada con ANALIT[®] indicó que con los niveles de consumo y concentración de nutrientes obtenidos en este experimento, se cubrían los requerimientos de energía y proteína y hasta se excedía en los requerimientos de proteína de las vacas en ambos tratamientos, siendo mayor el exceso en la pastura GN+Ap que en la GN, debido al mayor contenido de este nutriente en la dieta ocasionado por la presencia del *Arachis pintoi*.

Mertens ²⁵ afirmó que la habilidad del animal para excretar el exceso de energía consumida es limitada, por lo que el mayor control del balance de energía se realiza mediante la regulación del consumo. Illius y Jessop ²⁶ mencionaron que los desbalances de proteína y energía presumiblemente restringen el consumo debido al exceso de metabolitos, y que, a una proporción de proteína: energía mayor a la óptima, el incremento en la desaminación para proveer energía, abate el requerimiento adicional de energía para igualar el consumo de proteína, incrementando la pérdida de nitrógeno en la orina. Esto pudo afectar negativamente el consumo de las vacas que pacieron en GN+Ap.

También el contenido de agua del forraje puede tener un efecto marcado en el consumo, pues el agua interna impone al consumo una limitación física ¹⁰⁴. Cuando a las vacas estabuladas se les alimenta con forraje que tiene un bajo contenido de materia seca, su consumo de materia seca se reduce a razón de 1

kg de MS por cada 4 puntos porcentuales de humedad, siempre y cuando el contenido de MS este por debajo del valor crítico de 18% de materia seca (180 g de MS/kg) ¹⁰⁵.

El mecanismo es poco entendido aún, pero se postula que el contenido de agua, predominantemente intracelular, causa un efecto de volumen en el llenado del rúmen. La gran dilución de MS en el material fresco puede inducir limitaciones en la conducta, disminuyendo la tasa de consumo y por lo tanto disminuir el consumo diario en animales, esto es de gran importancia en la restricción del tiempo disponible de pastoreo de los animales en producción, debido a sus altos requerimientos nutricionales, el valor crítico para vacas lecheras esta entre 140 y 150 g MS/kg MV ^{106,107}. El porcentaje de MS en la pastura asociada con A. pintoi fue de 15%, encontrándose en el rango de valores críticos antes mencionado, y posiblemente con esto, hizo que el consumo en la pastura asociada disminuyera.

Las diferencias en el consumo entre tratamientos también pudieron deberse a que las vacas se encontraban en diferentes etapas de la lactación (13 y 53 días de lactación, en GN y GN+Ap respectivamente). En términos generales, las vacas de alta producción tienen un balance energético negativo al inicio de la lactación, y durante el primer tercio de la lactación el consumo de energía no es suficiente para alcanzar los requerimientos de mantenimiento y producción de leche. Asimismo, en el primer mes de lactación se utilizan las reservas corporales de grasa que son equivalentes energéticamente a un tercio de la leche producida ¹⁰⁸. Por las razones anteriores, Hunter y Siebert ¹⁰⁹ mencionaron que el déficit energético induce un aumento en el consumo de

aproximadamente del 35%. Aunque esto lleve a pensar que el mayor consumo en GN se debió a tal déficit energético, el potencial productivo de las vacas experimentales no es de tal magnitud como para inducir tales déficits y por ende estímulos al consumo de materia seca.

Producción de leche vendible (PLV).

Rivas y Holmann ¹¹⁰ en un estudio que realizaron en la región de caquetá en Colombia con productores evaluando la asociación de *Brachiarias* con *Arachis* encontraron que la producción de leche en promedio aumentaba 0.5 litros/vaca/día, y el análisis económico mostró que a ese nivel de incremento en la producción láctea, la tecnología de *Arachis* tenía un alto margen de ganancia (21.8%) que la tecnología de pastos tradicional (12.0%), el análisis también mostró que el retorno era mayor en términos de incremento de la tasa reproductiva que en términos de aumento de carga animal o producción de leche. Así, en el presente estudio no existió diferencia entre pasturas en la producción de leche, pero los promedios encontrados en ambas pasturas son mayores a los reportados por Valles ¹ quien menciona el caso de un productor costarricense que sembró *Arachis pintoi* (CIAT 17434) con material vegetativo asociado a Gamalote (*Axonopus micay*) en cuatro lotes de 0.25 ha cada uno, el cual en promedio obtuvo en la pastura sola 6.9 kg leche/vaca y en la asociación 7.5 kg leche/vaca, también son mayores a los promedios reportados en tres estudios anteriores realizados en el mismo sitio experimental que el presente, con pasturas de gramas y gramas nativas asociadas con *A. pintoi*, Fernández ⁷⁵ obtuvo 6.0 kg leche/vaca en GN y 5.9 kg leche/vaca en GN+Ap, Vos ⁷⁹ indica que en la pastura GN las vacas produjeron 6.4 kg y en GN+Ap 5.7 kg, y

Monsalve ⁸ menciona para GN 5.6 kg leche/vaca y GN+Ap 6.1 kg leche/vaca. La diferencia entre los resultados antes mencionados y los de este experimento podrían ser explicados por las variables que Hess *et al.* ¹¹¹ encontraron en un estudio realizado para identificar las fuentes de variación en la producción de leche de vacas de doble propósito en el trópico colombiano, donde dice que el 31% de la variación total en producción de leche se explica por el efecto del número de parto, fase de lactancia, el consumo total de PC y de energía neta para lactancia (ENL), la relación PC:ENL y la disponibilidad de biomasa.

Ullrich *et al.* ³ evaluaron la producción de leche con vacas de doble propósito en pasturas solas y asociadas con leguminosas (una mezcla en la que se encontraba presente *A. pintoi*) con ganaderos de la región de la Cordillera Oriental de Colombia, y observaron que las vacas aparentemente no destinaban la mayor parte de los nutrientes consumidos a la producción de leche, sino que lo utilizaron para producir tejidos, y que probablemente en ese ganado con bajo potencial genético para producir leche, la partición de nutrientes favoreció la ganancia de peso, lo cual no representa una pérdida pues la ganancia de peso puede reflejarse en un mejor desempeño reproductivo. Martín ¹¹² mencionó que cuando un animal consume más energía de la que es requerida para mantenimiento y un crecimiento corporal magro o producción láctea, el exceso de energía se convierte en grasa, debido a que el costo energético de producción y deposición de proteína es mayor al de grasa.

IMPLICACIONES.

Dadas las diferencias mínimas en consumo con base en el peso vivo (0.1 %) y producción diaria de leche por vaca, entre las pasturas testigo (GN) y la asociación (GN+Ap), pudiera parecer inútil la implementación de asociaciones de gramíneas- leguminosas. Empero, varios factores deben considerarse antes de desechar por completo la alternativa de introducir leguminosas en pastizales nativos para mejorarlos.

En el presente experimento el tratamiento testigo fue superior a lo esperado en cuanto a calidad, lo cual contribuyó a la ausencia de diferencias entre tratamientos. Otro factor, es la naturaleza de la proteína que aporta la asociación, la cual es altamente degradable en el rumen, por lo que es probable que bajo esas circunstancias el amoníaco producido por la degradación de la proteína y el N no proteínico, no pudiera haber sido aprovechado totalmente por los microorganismos ruminales, teniendo que ser eliminado, para lo cual el animal hubiese tenido que disponer de energía corporal para deshacerse fisiológicamente del exceso de proteína, energía que de otra forma pudiese haber sido usada para el mantenimiento y la producción. La noción de que el animal estaba expuesto a un exceso de N, parece corroborarla el hecho de que la concentración de N en las heces fue significativamente mayor en las vacas de la pastura asociada.

Los resultados permiten sugerir que las gramas nativas, en realidad no son "tan malas" como normalmente se piensa entre ganaderos y técnicos, y que con un manejo como el que recibieron en el presente estudio (rotación de potreros y carga animal de acuerdo a la disponibilidad del forraje), se pudo lograr que su

calidad nutritiva fuese mayor que la comúnmente presentada en la literatura. Esto implica que no necesariamente es necesario recurrir a alternativas menos atractivas económicamente como serían la conversión de pastizales naturales en pastizales de especies introducidas. El mejoramiento en el manejo de los pastizales nativos del trópico húmedo de México es un tema que debiera recibir mayor atención de la investigación en el futuro.

El manejo rotacional que recibió la asociación favoreció definitivamente el desarrollo y proliferación de la leguminosa por sobre el de el componente gramináceo. Esto es inconveniente porque el dominio de la leguminosa (C_3) implica una disminución en el rendimiento de materia seca del pastizal, puesto que la composición botánica cambia de un predominio de plantas C_4 de mayor potencial de producción de forraje, a C_3 cuyo potencial es menor. Por consiguiente, deben probarse periodos de recuperación más largos y una carga animal menor, que tienda a favorecer a las gramíneas. En este sentido, el manejo flexible de la carga y los periodos de descanso, para mantener un 30% de leguminosa, sería la técnica experimental a utilizar.

La calidad nutricia del forraje en ambos tratamientos era superior a la normalmente esperada de este tipo de pasturas, por lo que se esperaba una mayor producción individual de leche. Es por eso que se piensa que el potencial productivo de las vacas F1 de la cruce Holstein x Brahman pueda ser bajo, constituyéndose así en una limitante en la expresión del potencial productivo verdadero de las pasturas probadas. Quizá otro tipo de vaca F1, cuya base cebú cuente con mayor potencial de producción, por ejemplo la raza Gyr, hubiese sido la más conveniente a los propósitos del presente estudio.

Considerando que el presente experimento se llevó a cabo en una modalidad del sistema de doble propósito, es necesario puntualizar que si bien, la introducción de *A. pintoi* en la pastura de gramíneas permitió mejorar la calidad nutricia de la dieta ofrecida a los animales, y la ingerida por estos, no todos los nutrientes son utilizados para producir de leche, ya que también son utilizados para propósitos reproductivos y para crecimiento de las crías, que también deben ser valoradas y relacionadas con la calidad de la dieta y el nivel de consumo de pastura.

CONCLUSIONES.

Con base en los resultados del presente estudio, se concluyó lo siguiente:

La introducción de *Arachis pintoi* (CIAT 17434) a una pradera de gramas nativas no incrementó la cantidad de forraje disponible, pero sí la calidad nutricia del forraje ofrecido a las vacas: más proteína cruda y más materia seca y orgánica digeribles.

La calidad de la dieta ofrecida a los animales en pastoreo influyó en la conducta de estos, ya que los tiempos de pastoreo y rumia disminuyeron en aquellos que pastorearon la asociación, en comparación con la pastura de gramas nativas.

La inclusión de *A. pintoi* en las gramas nativas permitió que la calidad de la dieta seleccionada por las vacas fistuladas al esófago fuese mayor a la de la pastura de gramas nativas.

Es determinante la metodología empleada en la obtención del tamaño de bocados, siendo esta la causa de las diferencias entre el presente trabajo y los reportados anteriormente.

La metodología empleada para estimar el tamaño de bocado indujo resultados contrastantes con los de la literatura.

No obstante la mayor calidad de la asociación, esta no afectó la producción de leche vendible durante el periodo de evaluación.

Las diferencias entre pasturas en consumo de MS y MO fueron significativas. Sin embargo, para fines prácticos la diferencia fue mínima en términos de porcentaje del peso vivo. Por lo que la importancia de la introducción de la leguminosa en gramas nativas, radicó en el aumento de la calidad del forraje ofrecido a, y consumido por, los animales en pastoreo.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Valles M. Producción de carne y leche con leguminosas tropicales. Memorias del Curso de Producción de Bovinos de Doble Propósito en el Trópico; 1997. Tlapacoyan (Veracruz).
2. Argel M, Villarreal C. Nuevo maní forrajero perenne (*Arachis pintoi* Krapovickas y Gregory), cultivar Porvenir (CIAT 18744): Leguminosa herbácea para la alimentación animal, el mejoramiento y conservación del suelo y embellecimiento del paisaje. Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1998:32.
3. Ullrich C, Vera RR, Weniger JH. Producción de leche con vacas de doble propósito en pasturas solas y asociadas con leguminosas. *Pasturas Tropicales* 1994;16:27-30.
4. Blackshaw J. *Notes on some topics in applied animal behaviour*. 3rd ed. Queensland, Australia: University of Queensland, 1986.
5. Mott G. Grazing pressure and the measurement of pasture production. Proceedings of the Eighth International Grassland Congress. 1960. Rearing (England); 1960: 606-611.
6. Chacon E, Stobbs T. Influence of progressive defoliation of a grass sward on the eating behaviour of cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 1976;27:709-727.
7. Stobbs T. Sward structure and grazing behaviour. Refresher course management of improved Tropical Pastures. 1975. Queensland (Australia). University of Queensland, Santa Lucía. 1975: 39-55.

8. Monsalve R. Composición botánica del forraje ingerido por vacas F1 (Holstein x Cebú) que pastaron gramas nativas y gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi*, durante la transición entre la época de lluvias y nortes en un sitio con clima Af (m) del estado de Veracruz (tesis de licenciatura). Tlapacoyan (Veracruz) México: UNAM- CEIEGT, 2000.
9. Le-Du Y, Penning P. Animal based techniques for estimating herbage intake In: J. Leaver, ed. *Herbage Intake Handbook*. Berkshire, UK: The British Grassland Society, 1982.
10. Lascano CE, Avila P, Ramírez G. Aspectos metodológicos en la evaluación de pasturas en fincas con ganado de doble propósito. *Pasturas Tropicales* 1996;18:65-70.
11. Preston T, Vaccaro L. Dual purpose cattle production systems In: C. Phillips, ed. *New techniques in cattle production*. UK: Butterworths, 1998.
12. Bodgan V. *Tropical pasture and fodder plants*. Londres, 1977.
13. Humpreys L. Diversity and productivity of tropical legumes In: J. D'Mello, ed. *tropical legumes in animal nutrition*. London, UK: CAB International, 1995.
14. Norton B, Poppi D. In: P. Kerridge and B. Hardy, eds. *Biology and agronomy of forage Arachis*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1995.
15. Valls, Simpson. In: P. Kerridge and B. Hardy, eds. *Biology and agronomy of forage Arachis*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1995.

16. Fisher, Cruz. In: P. Kerridge and B. Hardy, eds. *Biology and agronomy of forage Arachis*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1995.
17. Rao, Kerridge P. In: P. Kerridge and B. Hardy, eds. *Biology and agronomy of forage Arachis*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 1995.
18. Thomas. In: P. Kerridge and B. Hardy, eds. *Biology and agronomy of forage Arachis*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1995.
19. Láscano C. In: P. Kerridge and B. Hardy, eds. *Biology and agronomy of forage Arachis*. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1995.
20. Minson D. *Forage in ruminant nutrition*. San Diego: Academic Press, 1990.
21. Cordova F, Wallace J, Pieper R. Forage intake by grazing livestock: a review. *Journal of Range Management* 1978;31:430-438.
22. Freer M. Control del consumo de alimento en animales en pastoreo In: F. Morley, ed. *Grazing animals*. Weribee: Elsevier Scientific Publishing, 1981.
23. Minson D, Wilson J. Prediction of intake as an element of forage quality In: G. Fahey, ed. *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. Madison, Winsconsin, USA: AS/CSSA/SSSA, 1994.
24. Fraser A. *Farm Animal Behaviour*. London, UK: Baillière Tindall, 1980.

25. Mertens D. Regulation of forage intake In: G. Fahey, ed. *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. Madison, Wisconsin, USA: ASA/CSSA/SSSA, 1994.
26. Ingvarstsen K, Friggens N, Faverdin P. Food intake regulation in late pregnancy and early lactation In: J. Oldman and e. al., eds. *Metabolic stress in dairy cows. Occasional Publication No 24*. UK: British Society of Animal Science, 1999.
27. Veerkamp R, Koenen E. Genetics of food intake, live weight, condition score and energy balance In: J. Oldman and e. al., eds. *Metabolic stress in dairy cows. Occasional Publication No 24*. UK: British Society of Animal Science, 1999.
28. Illius A, Jessop N. Metabolic constraints on voluntary intake in ruminants. *Journal of Animal Science* 1996;74:3052-3062.
29. Leng R. Factors affecting the utilization of poor-quality forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Research Reviews* 1990;3:277-303.
30. Burns J, Pond K, Fisher D. Measurement of forage intake In: G. Fahey, ed. *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. Madison, Wisconsin, USA: ASA/CSSA/SSSA, 1994.
31. Corbett J. Measuring animal performance In: L. t-Mannetje, ed. *Measurement of grassland vegetation and animal production*. Hurley, Berkshire, England: CAB, 1976;163.

32. Iturbide C. El óxido crómico como indicador externo para estimar producción fecal y consumo en las pruebas de digestibilidad. *Turrialba* 1967;17:304-313.
33. Lachmann M, Araujo-Febres O. La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. Memorias del X Congreso Venezolano de Zootecnia. 2000 noviembre 29-30 y diciembre 01; Guanare (Venezuela) Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora- Vicerrectorado de Producción Agrícola, 2000.
34. Moran J, Gomez P. The production of chromic oxide paper pellets for use with grazing cattle. *Journal of the British Grassland Society* 1976;32:49-50.
35. Cochran R, Galyean M. Measurement of in vivo forage digestion by rumiants In: G. Fahey, ed. *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. Madison, Wiscconsin, USA: ASA/CSSA/SSSA, 1994.
36. Orskov E, Hovell F, Mould F. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de alimentos. *Producción Animal Tropical* 1980;5:213-233.
37. Marten G. Chemical, in vitro and nylon bag procedures for evaluating forage in USA In: J. Wheeler and R. Mochrie, eds. *Forage Evaluation: Concepts and Techniques*. Kentucky, USA/ Melbourne, Australia: AFGC/CSIRO, 1980.
38. Weiss P. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods In: G. Fahey, ed. *Forage Quality, Evaluation and Utilization*. Madison, Wiscconsin, USA: ASA/CSSA/SSSA, 1994.

39. Quin J, Van Der Wath J, Myburgh S. Studies on the alimentary tract of Merino sheep in South Africa 4. Description of experimental technique. *Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry* 1938;11:341-360.
40. Schoeman E, Wet P, Burger W. The evaluation of the digestibility of treated proteins. *Agroanimalia* 1972;4:35-45.
41. Mehrez A, Orskov E. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *Journal of Agricultural Science* 1977;88:645.
42. Lindberg J, Varvikko T. *Swedish Journal of Agricultural Research* 1982;12:163-171.
43. Nocek J, Kohn R. In situ particle size reduction of alfalfa and timothy hay as influenced by form and particle size. *Journal of Dairy Science* 1988;71:932-945.
44. Playne M, Khumnualthong W, Echavarria M. Factors affecting the digestion of oesophageal fistula samples and hay samples in nylon bags in the rumen of cattle. *Journal of Agricultural Science (Camb)* 1978;90:193-198.
45. Nocek J. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *Journal of Dairy Science* 1988;71:2051-2069.
46. Lindberg E. Factors affecting predictions of rumen degradability using the nylon bag (in sacco) technique and a comparison between in vivo and in sacco degradability measurements. *Animal Nutrition*. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 1983.

47. McManus W. Oesophageal fistulation technique as an aid to diet evaluation of grazing ruminant In: J. Wheeler and R. Mochrie, eds. *Forage Evaluation: Concepts and Techniques*. Kentucky, USA/ Melbourne, Australia: AFGC/ CSIRO, 1980;249-260.
48. Sidahmed A, Morris J, Weir W, et al. Effect of length of fasting on intake, in vitro digestibility and chemical composition of forage samples collected by oesophageal fistulated sheep. *Journal of Animal Science* 1977;45:885-890.
49. Langlands J. Studies on the nutritive value of the diet selected by grazing sheep I. Difference in composition between herbage consumed and material collected from oesophageal fistula. *Animal Production* 1966;8:253-259.
50. Gonzales V, Lambourne J. Características de la secreción salivar de corderos alimentados con diferentes forrajes y efectos de la saliva sobre la digestibilidad "in vitro" de los mismos. *Revista de Nutrición Animal* 1966;11:34-40.
51. Holechek J, Vavra M. Fistula sample numbers required to determine cattle diets on forest and grassland ranges. *Journal of Range Management* 1983;36:323-326.
52. Jones R, Lascano C. Oesophageal fistulated cattle can give unreliable estimates on the proportion of legumes in the diets of resident animals grazing tropical pastures. *Grass and Forage Science* 1992;47:128-132.
53. Heady H, Torell D. Forage preference exhibited by sheep with oesophageal fistula. *Journal of Range Management* 1959;18:144-148.

54. Heady H, VanDyne G. Prediction of weight composition from point samples on clipped herbage. *Journal of Range Management* 1965;12:28-34.
55. Marshall J, Squires W. Accuracy of quantitative methods used for botanical analysis of oesophageal fistula samples. *Tropical Grasslands* 1979;13:140-148.
56. Webster C, Wilson P. Adaptation of livestock to tropical environments In: D. Rhind and G. Wrigley, eds. *Agriculture in the tropics*. 2nd ed. UK: Longman, 1980.
57. Forbes T. Researching the plant- animal interface: the investigation of ingestive behavior in grazing animals. *Journal of Animal Science* 1988;66:2369- 2379.
58. Hodgson J. Ingestive Behaviour In: J. Leaver, ed. *Herbage Intake Handbook*. Berkshire, UK: The British Grassland Society, 1982.
59. Gary I, Sherritt G, Hale E. Behavior of Charolais cattle on pasture. *Journal Series of the Pennsylvania Agricultural Experiment Station* 1967:203-206.
60. García E. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen*. D.F. , México: Instituto de Geografía, UNAM, 1981.
61. Haydock K, Shaw N. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 1975;15:663- 670.
62. 't-Mannelje L, Haydock K. The dry- weight- rank method for the botanical analysis of pasture. *Journal of the British Grassland Society* 1963;18:268-275.

63. AOAC. *Official methods of analysis*. 13th ed. Washington, DC: Association of official chemist, 1990.
64. Orskov E, McDonald I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science (Camb)* 1979;92:499-503.
65. Jamieson W, Hodgson J. The effect of daily herbage allowance and sward characteristics upon the ingestive behaviour and herbage intake of calves under strip-grazing management. *Grass and Forage Science* 1979;34:261-271.
66. Harker K, Torell D, Van-Dyne G. Botanical examination of forage from esophageal fistulas in cattle. *Journal of Animal Science* 1964;23:465-469.
67. Van-Keulen J, Young B. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science* 1977;44:282-287.
68. Cook C. Symposium on nutrition of forages and pastures: collecting forage samples representative of ingested material of grazing animals for nutritional studies. *Journal of Animal Science* 1964;23:265-270.
69. García-Trujillo R, Cáceres O. Introducción de nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los forrajes tropicales. 4. Consumo. *Pastos y Forrajes* 1985;8:449-470.
70. Grof B. Especies forrajeras promisorias para las sabanas en suelos ácidos e infértiles de América tropical. Tercera Reunión del RIEPT Resultados 1982- 1985. Cali (Colombia).1985;5-26.

71. Hurtado J. Introducción de leguminosas y manejo de pastoreo en praderas degradadas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en el trópico húmedo. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1988;107.
72. Van Heurk L. Evaluación del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 en la producción de leche y sus componentes. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 1990.
73. Ayarza MA, Vilela L, Pizarro EA, et al. Chapter 3. Agropastoral systems based on legumes: An alternative for sustainable agriculture in the Brazilian *Cerrados*. *Sustainable Land Management for the Oxisols...*, 1993;22-36.
74. Ibrahim M, t-Mannetje L. Compatibility, persistence and productivity of grass-legume mixtures in the humid tropics of Costa Rica. 1. Dry matter yield, nitrogen yield and botanical composition. *Tropical Grasslands* 1998;32:96-104.
75. Fernández T. Efecto de una asociación de cacahuatillo forrajero perenne con grama nativa sobre la producción láctea de vacas Holstein-Cebú en el trópico húmedo de México. Facultad de Agrohidráulica. Teziutlan, Puebla: Universidad autónoma de Puebla, 1996.
76. Castelán R. Establecimiento y persistencia en pastoreo de tres accesiones de *Arachis pintoi* asociadas a gramas nativas (tesis de licenciatura). Buenavista (Saltillo) Coahuila: Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". UAAAN-UNAM, 1998.

77. Gil E, Alvarez E, Maldonado G. Distancia y distribución de siembra en el establecimiento de tres especies de *Brachiaria* asociadas con leguminosas. *Pasturas Tropicales* 1991;13:11-14.
78. González M, Heurck LV, Pezo D, et al. Producción de leche en pasturas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con *Arachis pintoi* o *Desmodium ovalifolium*. *Pasturas Tropicales* 1996;18:2-12.
79. Vos C. Quality and quantity of forage from a native pasture alone or associated with *Arachis pintoi*. CIAT 17434. *Agronomy*: Agricultural University of Wagenigen, The Netherlands, 1998.
80. Buntinx D. Efecto de la temperatura ambiente, la humedad relativa y la cantidad y calidad del forraje sobre el comportamiento en pastoreo de vacas F1 en trópico durante los meses de Abril a Agosto (tesis de licenciatura). DF, México: Universidad Nacional Autónoma de México-FMVZ, 1986.
81. Minson D, Taylor J, Alder F, et al. A method for identifying the faeces produced by individual cattle or groups of cattle grazing together. *Journal of British Grassland Society* 1960;15:86-88.
82. Minson D, Harris C, Raymond W, et al. *Journal of British Grassland Society* 1964;19:298-305.
83. Minson D, McLeod M. Proceedings of the 11th International Grassland Congress 1970;719-722.
84. Stobbs T. Rate of biting by Jersey cows as influenced by yield and maturity of tropical grasses. *Tropical Grasslands* 1974b;8.

85. Carulla J, Lascano C, Ward J. Selectivity of resident and oesophageal fistulated steers grazing *Arachis pinto* and *Brachiaria dictyoneura* in the Llanos of Colombia. *Tropical Grasslands* 1991;25:317-324.
86. González MS, Romero F, Pezo D, et al. Selectividad y producción de leche en pasturas de Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pinto* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. II. Componente animal. *Ciencia e Investigación Agraria* 1993;20:16.
87. Martínez P, Ibrahim M, Pezo D, et al. Selectividad y calidad de la dieta nutritiva en asociaciones de *A. pinto* con *B. Brizantha* o *B. humidicola* manejadas bajo pstoreo en la zona atlántica de Costa Rica. *Ciencia e Investigación Agraria* 1993;20:15.
88. Squibb R, Provenza F, Balph D. Effect of age exposure on consumption of a shrub by sheep. *Journal of Animal Science* 1990;68:987-997.
89. Arriaga-Jordan C, Holmes W. The effect of concentrate supplementation on high-yielding dairy cows two systems of grazing. *Journal of Agricultural Science (Camb)* 1986;107:453-461.
90. Stobbs T. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. 2. Differences on sward structure/nutritive value and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Australian Journal of Agricultural Research* 1973b;24:821.
91. Chilbroste P, Tamminga S, Boer H. Effects of length of grazing session, rumen fill and starvation time before grazing on dry-matter intake,

- ingestive behaviour and dry-matter rumen pool sizes of grazing lactating dairy cows. *Grass and Forage Science* 1997;52:249-257.
92. Greenwood G, Demment M. The effect of fasting on short-term cattle grazing behaviour. *Grass and Forage Science* 1988;43:249-257.
 93. McGilloway D, Cushnahan A, Laidlaw A, et al. The relationship between level of sward height reduction in a rotationally grazed sward and short-term intake rates of dairy cows. *Grass and Forage Science* 1999;54.
 94. Hess H, Lascano C. Comportamiento del consumo de forraje por novillos en pasturas de gramínea sola y asociada con una leguminosa. *Pasturas Tropicales* 1997;19:12-20.
 95. Stobbs T. The effect of plant structure on intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 1973a;24:809-819.
 96. Holmes W. The utilization of pasture In: Larridge, ed. *Ruminant nutrition: Recommended Allowances and Feed Tables*. Paris: INRA, 1989.
 97. Manteca X, Smith A. Effects of poor forage conditions on the behaviour of grazing ruminants. *Tropical Animal Health Production* 1994;26:129-138.
 98. Houpt K. *Domestic Animal Behaviour*. 2nd ed. US: Iowa State University Press, 1991.
 99. Arnold G, Dudzinski M. *Ethology of free-ranging domestic animals*. Amsterdam: Elsevier, 1978.
 100. Chacon E, Stobbs T, Dale M. Influence of sward characteristics on grazing behaviour and growth of Hereford steers grazing tropical grass pastures. *Australian Journal of Agricultural Research* 1978;29:89.

101. Hendricksen R, Minson D. The feed intake and grazing behaviour of cattle grazing a crop of *Lablab purpureus* cv. Rongai. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 1980;1980:547-554.
102. Forbes T, Coleman S. Herbage intake and ingestive behaviour of grazing cattle as influenced by variation in sward characteristics. Proceedings Special Session Grassland Research at the Plant-Animal interface. 1987. Morrilton (Arlington);1987:141-452.
103. Abarca S, Ibrahim M, Manette Lt, et al. Parámetros de fermentación ruminal de animales en pasturas mezcladas gramínea- leguminosa para el trópico húmedo de Costa Rica. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 1999;16:548-552.
104. Prache S, Peyraud J. Foraging behaviour and intake in temperate cultivate grasslands. Proceedings of the XIX International Grassland Congress 2001;309-319.
105. Verité F, Journet M. Effect of water content of grass and dehydration upon its feeding value for dairy cows. *Annales de Zootechnie* 1970;19:255-268.
106. Jhon A, Ulyatt M. Importance of dry water content to voluntary intake of fresh grass forages. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production 1987;13-16.
107. Demment M, Peyraud J, Laca E. Herbage intake at grazing: a modeling approach. Recent Developments in the Nutrition of Herbivores. Proceedings of the 11th International Symposium on the Nutrition Herbivores. 1995. Paris (France), INRA;1995:121-141.

108. Bauman D. Partitioning nutrients in the high-producing dairy cow. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. 1979. Syracuse (New York);1979:12-17.
109. Hunter R, Siebert B. The effects of genotype, age, pregnancy, lactation and rumen characteristics on voluntary intake of roughage diet by cattle. *Australian Journal of Agricultural Research* 1986;37:549-560.
110. Rivas L and Holmann F. Early adoption of *Arachis pintoi* in the humid tropics: the case of dual-purpose livestock system in Caquetá, Colombia. *Journal of Livestock Research for Rural Development*. 2000; 12.
111. Hess HD, Florez H, Lascaño CE, et al. Fuentes de variación en la composición de la leche y niveles de urea en sangre y leche de vacas de doble propósito en el trópico bajo de Colombia. *Pasturas Tropicales* 1999;21:33-42.
112. Martin R. Nutrition and metabolic factors in the regulation of body composition. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. 1978. Syracuse (New York); 1978:15-17.

Cuadro 1. Diferencias entre medias de tratamientos, para las distintas variables medidas en la materia seca presente de pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001)

Variable	Pastura		P>F ¹	Cuadro del Apéndice
	GN	GN + Ap		
Materia seca presente (MSP, kg/ha)	3151±267	3501±187	0.3185	A 1
Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica de la MSP (%)	64.98±0.29	64.94±0.29	0.9811	A 2
Proteína cruda de la MSP (%)	8.88±0.20	11.09±0.27	0.0055	A 3
<i>Composición botánica de la pradera</i>				
<i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (%)	0.00±0.00	37.16±4.62	0.0001	A 4
Leguminosa nativa (%)	3.34±0.36	2.08±0.93	0.2127	---
Grama nativa (%)	76.74±0.89	37.98±3.90	0.0001	A 5
Grama introducida (%)	7.92±0.67	7.91±2.34	0.9949	---
Pasto amargo (%)	0.17±0.07	1.63±0.30	0.0027	A 6
Pasto sabana (%)	4.66±0.59	3.40±0.78	0.3397	---
Malezas de hoja ancha (%)	7.04±0.55	9.83±0.84	0.0055	A 7
Malezas de hoja angosta (%)	0.12±0.05	0.01±0.01	0.2075	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica, generada por el análisis de varianza. Los análisis de la varianza de cada variable se presentan en el apéndice.

Cuadro 2. Diferencias entre medias de tratamientos, para las distintas variables medidas en la materia seca presente de pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase (18 Julio-30 Agosto de 2001)

Variable	Pastura		P>F ¹	Cuadro del Apéndice
	GN	GN+Ap		
Materia seca presente (MSP, kg/ha)	2841±213	3449±275	0.1026	A 8
Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica de la MSP (%)	63.65±0.78	68.68±1.16	0.0013	A 9
Proteína cruda de la MSP (%)	7.93±0.14	11.87±0.20	0.0001	A 10
<i>Composición botánica de la pradera</i>				
<i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (%)	0.00±7.99	43.83±10.33	0.0189	A 11
Leguminosa nativa (%)	8.09±3.13	8.07±4.05	0.9989	---
Grama nativa (%)	68.70±6.68	27.82±8.64	0.0131	A 12
Grama introducida (%)	13.43±6.05	7.87±7.82	0.5369	---
Pasto amargo (%)	0.57±0.67	2.50±0.87	0.1413	---
Pasto sabana (%)	4.02±1.21	1.75±1.56	0.3566	---
Malezas de hoja ancha (%)	5.02±0.88	8.35±1.14	0.0708	---
Malezas de hoja angosta (%)	0.18±0.08	0.02±0.11	0.2597	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica, generada por el análisis de varianza. Los análisis de la varianza de cada variable se presentan en el apéndice.

Cuadro 3. Diferencias entre medias de tratamientos, para digestibilidad y proteína cruda de muestras de forraje obtenidas por medio de la técnica de "Hand plucking" en pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante las dos fases experimentales: 1) 22 Abril - 12 Mayo de 2001; y 2) 18 Julio - 30 Agosto de 2001)

Variable	Pastura		P>F ¹	Cuadro del Apéndice
	GN	GN + Ap		
<i>Primera fase experimental</i>				
Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica (%)	61.74±0.29	68.99±0.29	0.0133	A 13
Proteína cruda (%)	13.17±0.41	14.20±0.52	0.3877	A 14
<i>Segunda fase experimental</i>				
Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica (%)	71.24±0.30	79.60±0.43	0.0001	A 15
Proteína cruda (%)	9.98±0.16	15.64±0.22	0.0001	A 16

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica, generada por el análisis de varianza. Los análisis de la varianza de cada variable se presentan en el apéndice.

Cuadro 4. Diferencias entre medias de tratamientos, de las variables del comportamiento ingestivo de vacas F1 (Holstein X Cebú) que pacleron en gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio-30 Agosto de 2001).

Variable	Pastura		P>F ¹	Cuadro del Apéndice
	GN	GN + Ap		
<i>Vacas intactas residentes</i>				
Tiempo de pastoreo (minutos/ día)	457±13	395±11	0.0001	A 17
Tiempo de rumia (minutos/ día)	406±14	376±14	0.0231	A 17
Tiempo de otras actividades (minutos/ día)	304±14	413±15	0.0001	A 17
Tasa de bocados (bocados/ minuto)	51±0.75	41±0.72	0.0001	A 18
<i>Vacas fastuladas al esófago</i>				
Tasa de bocados (bocados/ minuto)	27±1	30±1	0.2175	A 19

2. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica, generada por el análisis de varianza. Los análisis de la varianza de cada variable se presentan en el apéndice.

Cuadro 5. Diferencias entre medias de tratamientos, de las variables obtenidas de muestras de extrusa colectadas por dos vacas fistuladas al esófago en pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio-30 Agosto de 2001).

Variable	Pastura		P>F1	Cuadro del Apéndice
	GN	GN + Ap		
Tamaño de bocado (MV, g)	5.73±0.28	6.12±0.29	0.3454	A 19
Tamaño de bocado (MS, g)	0.96±0.05	0.93±0.05	0.6294	A 19
Tamaño de bocado (MO, g)	0.86±0.04	0.83±0.04	0.6461	A 19
Digestibilidad <i>in situ</i> de la materia orgánica (%)	57.22±0.76	62.21±0.90	0.0001	A 20
Proteína cruda (%)	10.90±0.42	14.80±1.0	0.0001	A 21
Composición botánica				
<i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434 (%)	0.00±0.00	38.06±5.19	0.0001	A 22
Gramíneas (%)	99.45±0.10	61.55±5.11	0.0001	A 22
Leguminosa nativa (%)	0.51±0.10	0.21±0.10	0.0001	A 22
Otras especies (%)	0.04±0.02	0.03±0.01	0.7083	A 22

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica, generada por el análisis de varianza. Los análisis de la varianza de cada variable se presentan en el apéndice.

Cuadro 6. Diferencias entre medias de tratamientos, del consumo de forraje, obtenido por tres métodos: excreción fecal por cromo-indigestibilidad por cenizas insolubles en ácido (EF-CIA), excreción fecal por cromo-digestibilidad *in situ* (EF-DIS) y conducta de pastoreo (CO) en pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap).

Variable	Pastura		P>F ¹	Cuadro del Apéndice
	GN	GN + Ap		
Consumo de materia seca con base en peso vivo (kg MS/100 kg PV)				
Excreción fecal por Cr - Indigestibilidad por CIA	1.82±0.12	1.72±0.06	0.0001	A 23
Excreción fecal por Cr - Indigestibilidad por DIS	1.90±0.12	1.78±0.04	0.0001	A 23
Conducta de pastoreo	4.39±0.22	2.72±0.21	0.0001	A 23
Consumo de materia seca con base en peso metabólico (g MS/kg PV^{0.75})				
Excreción fecal por Cr - Indigestibilidad por CIA	99.3±6.82	98.39±2.73	0.0001	A 23
Excreción fecal por Cr - Indigestibilidad por DIS	103.38±6.62	97.95±1.69	0.0001	A 23
Conducta de pastoreo	239.46±19.13	150.03±19.95	0.0001	A 23
Consumo de materia orgánica con base en peso vivo (kg MO/100 kg PV)				
Excreción fecal por Cr - Indigestibilidad por CIA	1.49±0.95	1.46±0.04	0.0001	A 24
Excreción fecal por Cr - Indigestibilidad por DIS	1.50±0.10	1.43±0.03	0.0001	A 24
Conducta de pastoreo	3.94±0.19	2.43±0.18	0.0001	A 24
Consumo de materia orgánica con base en peso metabólico (g MO/kg PV^{0.75})				
Excreción fecal por Cr - Indigestibilidad por CIA	81.42±5.14	80.37±2.03	0.0001	A 24
Excreción fecal por Cr - Indigestibilidad por DIS	81.46±5.02	78.84±1.31	0.0001	A 24
Conducta de pastoreo	214.51±8.18	133.91±8.82	0.0001	A 24

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica, generada por el análisis de varianza. Los análisis de la varianza de cada variable se presentan en el apéndice.

Cuadro 7. Diferencias entre tratamientos para producción de leche vendible, consumo de leche del becerro, producción de leche total, días de lactación y número de lactación, de vacas que paclieron en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio-30 Agosto de 2001).

Variable	Pastura		P>F ¹	Cuadro del apéndice
	GN	GN + Ap		
Producción de leche vendible (kg)	8.45±0.78	7.94±0.78	0.0594	A 27
Días de lactación	12.77±0.44	52.60±2.09	0.3117	—
Número de lactación	4.6±0.07	5.00±0.07	0.33.53	—

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica, generada por el análisis de varianza. Los análisis de la varianza de cada variable se presentan en el apéndice.

Cuadro 8. Condición corporal, peso vivo y peso metabólico de vacas que paclieron en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap).

Variable	Pastura		P>F ¹	Cuadro del apéndice
	GN	GN + Ap		
Condición corporal	2.07±0.13	2.43±0.09	0.0630	A 28
Peso vivo	538.8±20.14	559.7±15.95	0.5097	A 29
Peso metabólico	98.49±2.72	101.32±2.11	0.5048	A 29

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica, generada por el análisis de varianza. Los análisis de la varianza de cada variable se presentan en el apéndice.

Cuadro 9. Consumo de materia seca, energía y proteína cruda de vacas que pacieron en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap).

Variable	Pastura	
	GN	GN + Ap
Consumo de materia seca (MS, kg)		
<i>Pastura</i>	14.56	11.73
<i>Simulado¹</i>	15.76	18.08
<i>% de PV</i>	2.70	2.09
<i>% de PV (simulado¹)</i>	2.92	3.22
Consumo simulado de energía (Mcal EM)¹		
<i>Total</i>	30.8	37.8
<i>Total requiendo</i>	30.8	30.7
<i>Diferencia</i>	0.0	7.1
Consumo simulado de proteína cruda(kg)¹		
<i>Total</i>	1.659	2.586
<i>Total requiendo</i>	1.398	1.366
<i>Diferencia</i>	0.261	1.220

1. Calculados de acuerdo a García-Trujillo y Cáceres (1985), mediante el programa ANALIT (Versión 3, 1993 © Instituto de Genética Animal, Ministerio de Educación, República de Cuba) diseñado para estimar el balance alimenticio del ganado lechero.

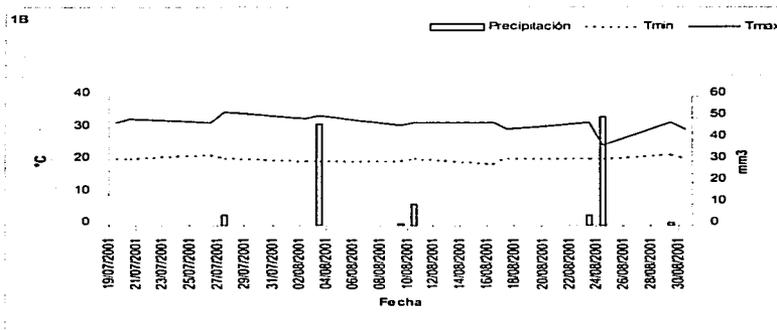
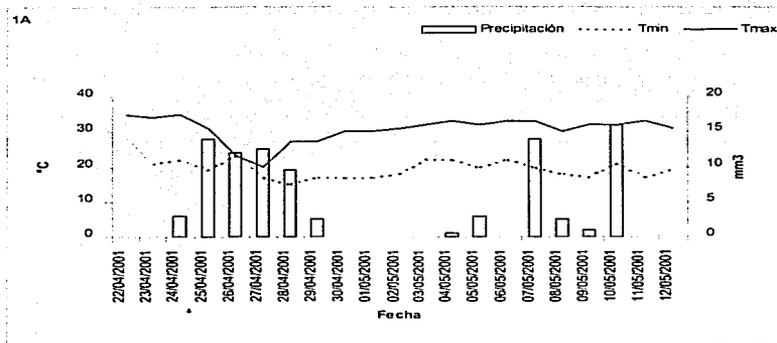


Figura 1A y 1B. Temperaturas máxima, mínima y precipitación durante la primera y segunda fase experimental, respectivamente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fecha	Dosificación Cr_2O_3	Colecta heces	Disponibilidad y CB	Potrero
22 -Abr				G1
23 -Abr				G2
24 -Abr				G3
25 -Abr				A1
26 -Abr				A2
27 -Abr				A3
28 -Abr				B1
29 -Abr				B2
30 -Abr				B3
1 -May				C1
2 -May				C2
3 -May				C3
4 -May				D1
5 -May				D2
6 -May				D3
7 -May				E1
8 -May				E2
9 -May				E3
10 -May				F1
11 -May				F2
12 -May				F3

Figura 2. Calendario de actividades realizadas durante la primer fase experimental

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fecha	Pintar vacas	Dietar vacas	Disponibilidad y CB	Conducta	Muestreo VFO	CB Extrusa	Potrero
18-Jul							A1
19-Jul							A1/A2
20-Jul							A2
25-Jul							C2
26-Jul							C2/C3
27-Jul							C3
01-Ago							E3
02-Ago							E3/F1
03-Ago							F1
08-Ago							A1
09-Ago							A1/A2
10-Ago							A2
15-Ago							C2
16-Ago							C2/C3
17-Ago							C3
22-Ago							E3
23-Ago							E3/F1
24-Ago							F1
29-Ago							A1
30-Ago							A1/A2
31-Ago							A2
05-Sep							C2
06-Sep							C2/C3
07-Sep							C3

*Las divisiones se nombraron con letra y las subdivisiones con número.

Figura 3. Calendario de actividades realizadas durante la segunda fase experimental.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

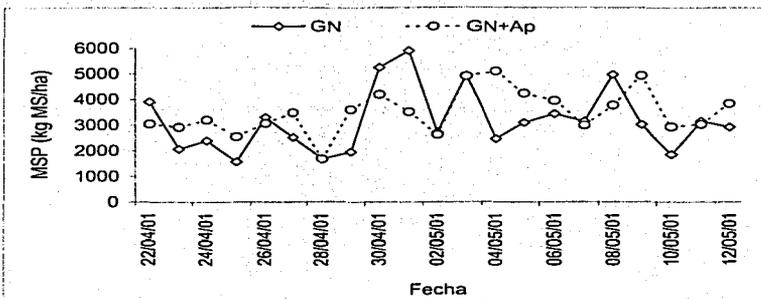


Figura 4. Materia seca presente (MSP) antes del pastoreo de praderas de gramas nativas (GN) y de gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* (GN+Ap) durante la primera fase experimental

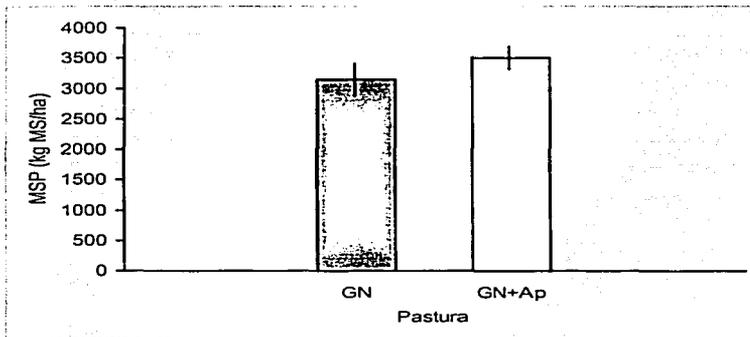
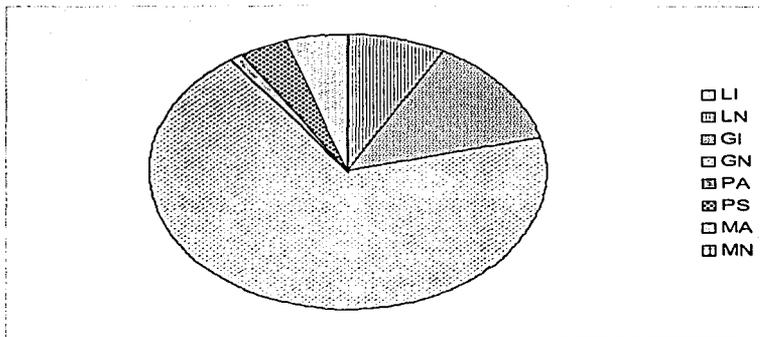


Figura 5. Efecto de la pastura sobre la materia seca presente (MSP) de praderas de gramas y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 durante la primera fase experimental

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Gn (*Paspopus* spp), Gi (*Bracharia* spp, *Cynodon* spp), Ln (*Desmodium* spp, *Centrosema* spp), Li (*Arachis pintoi*), Pa (*Sporobolus* spp), Ps (*Paspalum* spp), Ma (*Mimosa pudica*) y Ma (*Cyperus* spp)

Figura 6. Porcentaje de los componentes botánicos de la pastura de gramas nativas durante la primera fase experimental.

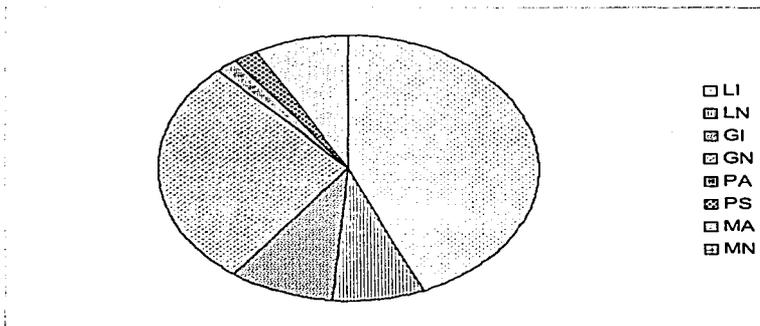


Figura 7. Porcentaje de los componentes botánicos de la pastura de gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 durante la primera fase experimental

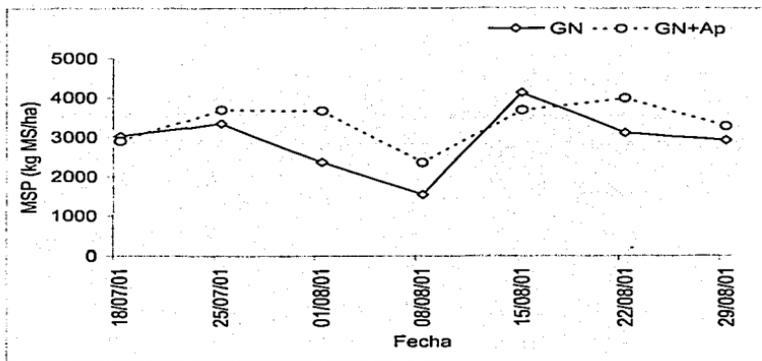


Figura 8. Materia seca presente (MSP) antes del pastoreo de dos pasturas de gramas nativas y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 durante la segunda fase experimental.

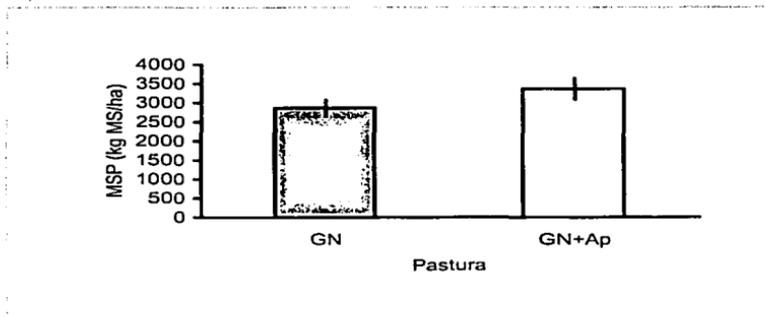


Figura 9. Efecto de la pastura sobre la materia seca presente (MSP) en praderas de gramas nativas y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 durante la segunda fase experimental

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

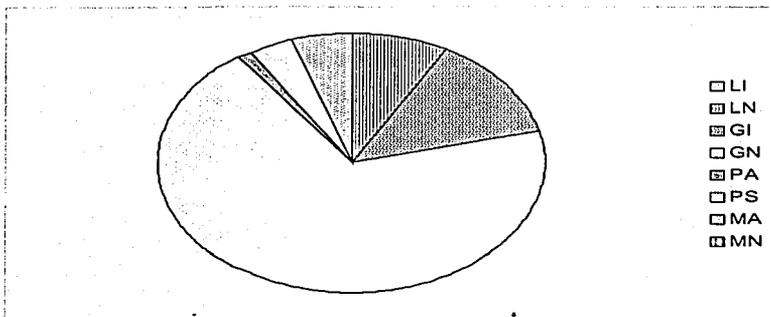


Figura 10. Porcentaje de los componentes botánicos de la pastura de gramas nativas durante la segunda fase experimental

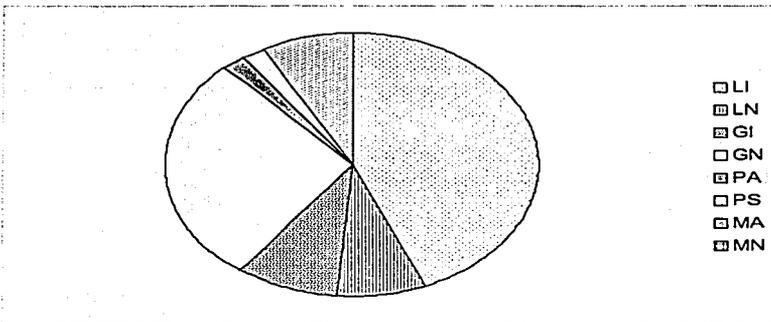


Figura 11. Porcentaje de los componentes botánicos de la pastura de gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 durante la segunda fase experimental

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

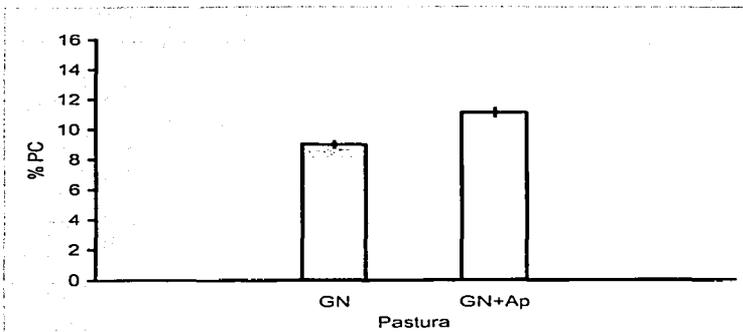


Figura 12. Efecto de la pastura sobre el % de proteína cruda de la materia seca presente en praderas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap) durante la primera fase experimental



Figura 13. Efecto de la pastura y el día de muestreo sobre el % de proteína cruda en la materia seca presente en praderas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap) durante la segunda fase experimental

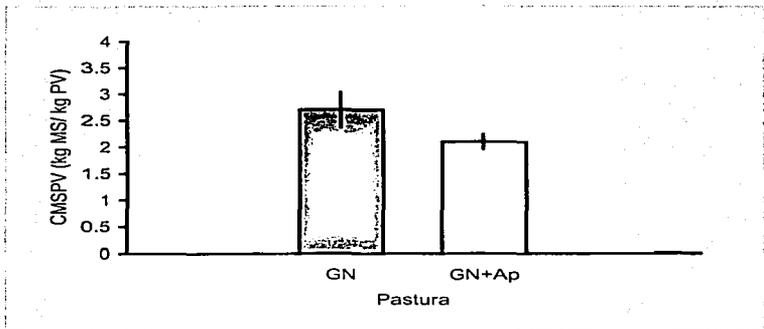


Figura 14. Efecto de la pastura sobre consumo de materia seca (CMS) con base al peso vivo (kg MS/kg PV) de vacas que pacieron en praderas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap)

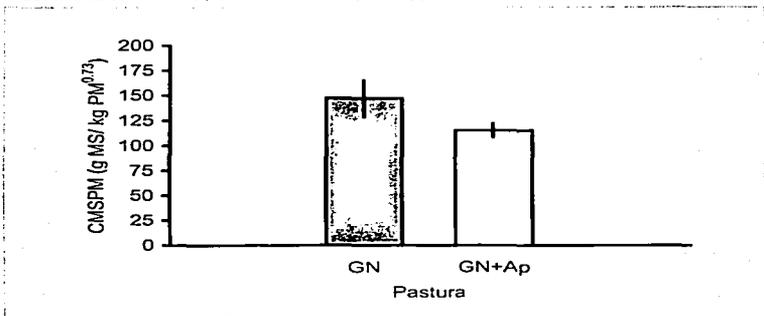


Figura 15. Efecto de la pastura sobre consumo de materia seca (CMS) con base al peso metabólico (g MS/kg PM^{0.75}) de vacas que pacieron en praderas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

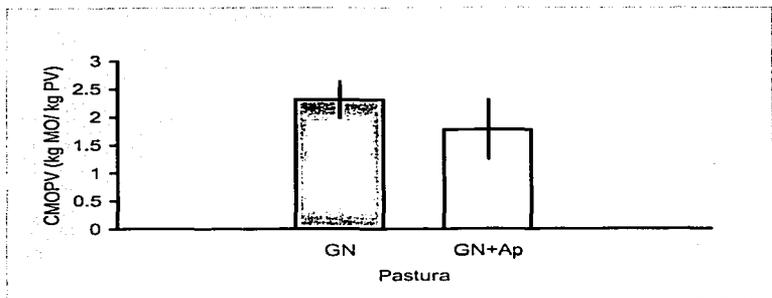


Figura 16. Efecto de la pastura sobre consumo de materia seca (CMO) con base al peso vivo (kg MO/kg PV) de vacas que pacieron en praderas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap)

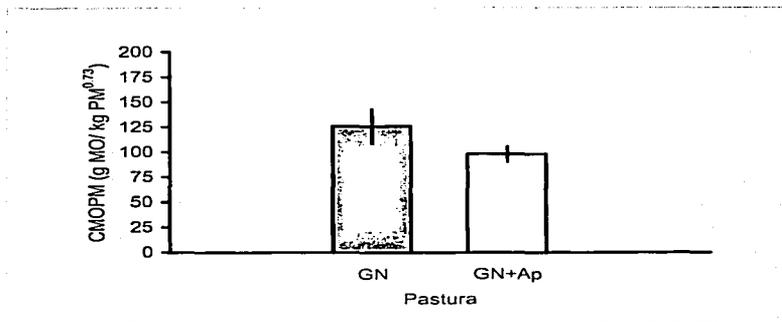


Figura 17. Efecto de la pastura sobre consumo de materia seca (CMO) con base al peso metabólico (g MO/kg PM^{0.75}) de vacas que pacieron en praderas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap)

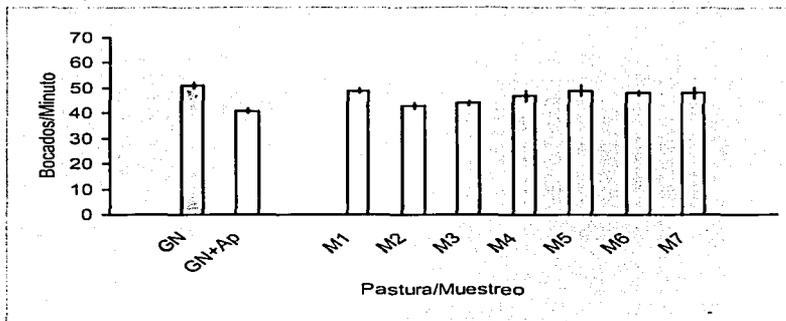


Figura 18. Efectos principales de la pastura y día de muestreo sobre la tasa de bocados (bocados/ minuto) de vacas que pacieron en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap) durante la segunda fase experimental

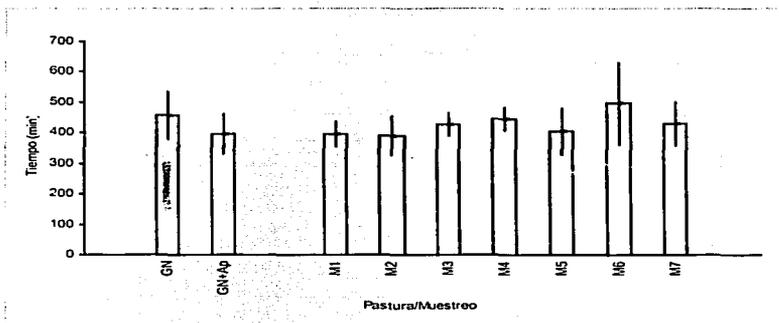


Figura 19. Tiempo de pastoreo de vacas que pacieron en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17343 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

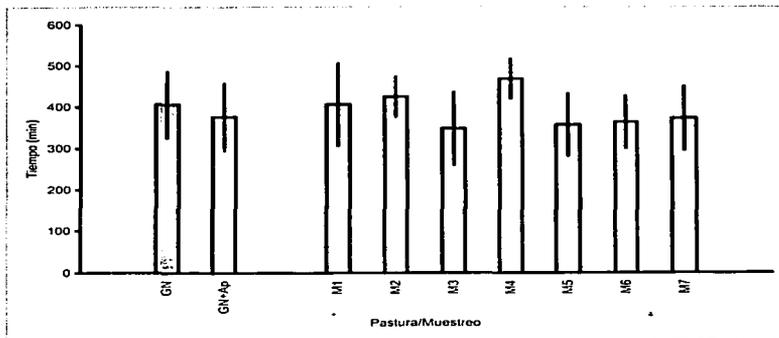


Figura 20. Tiempo de rumia de vacas que pacieron en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental

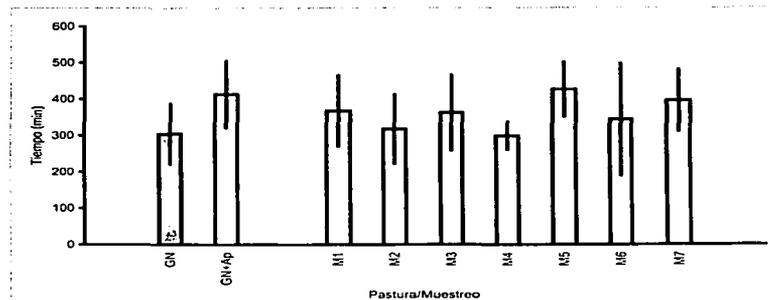


Figura 21. Tiempo de otras actividades de vacas que pacieron en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas (GN+Ap) asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la segunda fase experimental

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

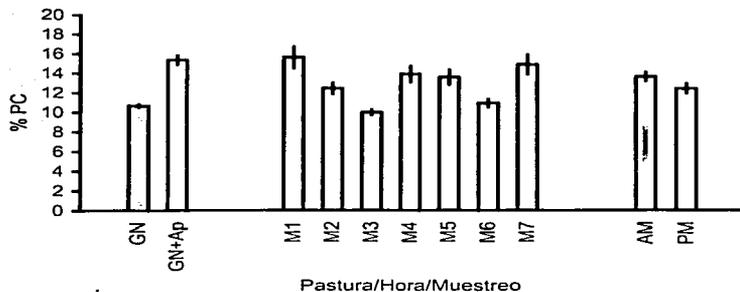


Figura 22. Efecto de la pastura, día de muestreo y hora de muestreo sobre el % de proteína cruda de la extrusa de vacas fistuladas al esófago en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap)



Figura 23. Efecto de la pastura, la hora de muestreo y el día de muestreo sobre el % de digestibilidad in situ de la materia orgánica de la extrusa de vacas fistuladas al esófago en praderas de gramas nativas y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



Figura 24. Composición botánica de la extrusa de vacas fistuladas al esófago en pasturas de gramas nativas (GN) y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 durante la segunda fase experimental

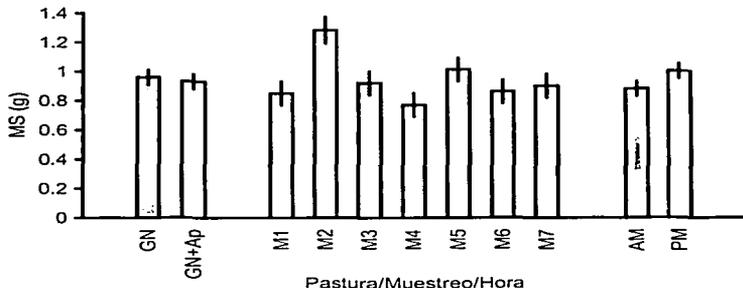


Figura 25. Efectos de la pastura, día de muestreo y hora de muestreo sobre el tamaño de bocados (g. MS) de vacas fistuladas al esófago en praderas de gramas nativas y gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Anexo A

Cuadro A1. Análisis de varianza de la materia seca presente (MSP) obtenida a partir de muestras de pasturas de gramas nativas y de gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001)

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	1290804.0238	1290804.0238	1.08	0.3185
División(Pastura) ³	12	14302342.0952	1191861.8413	1.10	0.3944
Residual	28	30215895.9999	1079139.1429	---	---
Total	41	45809042.1190	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica.
2. Este efecto se probó con el término División(Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A2. Análisis de varianza para la digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo II	Cuadrados Medios	F calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	0.1861	0.1861	0.00	0.9811
División(Pastura) ³	12	3836.2385	319.6865	1.82	0.0938
Subdivisión(Pastura*División)	28	4918.0979	175.6464	---	---
Toro ⁴	2	1147.4840	573.7420	36.89	0.0001
Pastura*Toro ⁴	2	1210.3515	605.1757	38.21	0.0001
Residual	326	5147.6723	15.8390	---	---
Total	371	16274.6166	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica.
2. Este efecto se probó con División (Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con Subdivisión (Pastura*División) como error.
4. Estos efectos se probaron con el residual como error.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Cuadro A3. Análisis de varianza para el contenido de proteína cruda (PC, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F	P > F ¹
Pastura ²	1	93.8743	93.8743	11.41	0.0055
División (Pastura) ³	12	98.7159	8.2263	5.95	0.0001
Residual	70	96.8577	1.3837	---	---
Total	83	289.4479	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica.
2. Este efecto se probó con División (Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con el residual como el error.

Cuadro A4. Análisis de varianza para el componente botánico leguminosa introducida (LI, %; *Arachis pintoi* CIAT 17434) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	14494.7043	14494.7043	142.39	0.0001
División (Pastura) ³	12	1221.5367	101.7947	0.37	0.9641
Residual	28	7727.8678	275.9953	---	---
Total	41	23444.1088	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica.
2. Este efecto se probó con División (Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A5. Análisis de varianza para el componente botánico grama nativa (Gn, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	15773.3433	15773.3433	213.53	0.0001
División (Pastura) ³	12	886.4224	73.8685	0.35	0.9690
Residual	28	5826.9912	208.1068	---	---
Total	41	22486.7568	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con División (Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A6. Análisis de varianza para el componente botánico pasto amargo (Pa, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	22.3833	22.3833	14.21	0.0027
División (Pastura) ³	12	18.8973	1.5747	2.03	0.0607
Residual	28	21.7645	0.7773	---	---
Total	41	63.0451	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con División (Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A7. Análisis de varianza para el componente botánico maleza de hoja ancha (Ma, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la primera fase experimental (22 Abril- 12 Mayo de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	81.7024	81.7024	11.42	0.0055
División (Pastura) ³	12	85.8531	7.1544	0.59	0.8284
Residual	28	337.1525	12.0412	---	---
Total	41	504.7079	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con División (Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A8. Análisis de varianza de la materia seca presente (MSP) obtenida a partir de muestras de pasturas de gramas nativas y de gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo III	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	1563377.9984	1563377.9984	3.05	0.1026
División (Pastura) ²	5	1904250.14286	380850.0286	0.74	0.6039
Residual	14	71722475.0000	512319.6429	---	---
Total	20	10217536.6667	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Estos efectos se probaron con el residual como error.

Cuadro A9. Análisis de varianza para la digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO, %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo III	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	942.7909	942.7909	12.87	0.0013
Muestreo ²	6	2155.4912	359.2485	4.91	0.0015
Pastura* Muestreo ²	6	827.2237	137.8706	1.88	0.0001
Toro (Pastura* Muestreo) ³	28	2050.4443	73.2302	3.50	---
Residual	135	2827.4538	20.9441	---	---
Total	176	8545.0027	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica

2. Estos efectos se probaron con Toro (Pastura * Muestreo) como error.

3. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A10. Análisis de varianza para el porcentaje de proteína cruda (% PC) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo III	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	144.6506	144.6506	246.04	0.0001
Muestreo ²	6	51.9237	8.6539	5.12	0.0001
Pastura * Muestreo ²	6	18.0782	3.0130	5.12	0.0012
Residual	28	16.4616	0.5879	---	---
Total	41	219.4980	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica

2. Estos efectos se probaron con el residual como error.

Cuadro A11. Análisis de varianza para el componente botánico leguminosa introducida (Li. %; *Arachis pintoi* CIAT 17434) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo III	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	8423.3422	8423.3422	11.69	0.0189
División (Pastura) ³	5	3603.3241	720.6648	99999.99	0.0000
Subdivisión (Pastura * División) ⁴	2	0.0003	0.0002	0.00	1.0000
Residual	12	66.0907	5.5076	---	---
Total	20	13645.6644	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con División (Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con Subdivisión (Pastura * División) como error.
4. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A12. Análisis de varianza para el componente botánico grama nativa (Gn. %) de praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo III	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	7158.7362	7158.7362	14.19	0.0131
División (Pastura) ³	5	2522.2577	504.4515	43.15	0.0228
Subdivisión (Pastura * División) ⁴	2	23.3796	11.6898	0.32	0.7348
Residual	12	443.6703	36.9725	---	---
Total	20	10299.3907	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con División (Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con Subdivisión (Pastura * División) como error.
4. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A13. Análisis de varianza para la digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO, %) de muestras obtenidas a mano imitando el pastoreo ("Hand plucking") en praderas de grama nativa y grama nativa asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la primera fase (22 Abril- 22 Mayo de 2001).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo III	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	4882.8211	4882.8211	8.41	0.0133
División(Pastura) ³	12	6963.9166	580.3264	1.22	0.3154
Subdivisión(Pastura*División) ⁴	28	13267.4382	473.8371	30.26	0.0001
Toro ⁴	2	1147.4840	573.7420	36.64	0.0001
Pastura*Toro ⁴	2	1111.4043	555.7021	35.49	0.0001
Residual	326	5104.4426	15.6578	----	----
Total	371	32120.6892	----	----	----

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con División(Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con Subdivisión(Pastura*División) como error.
4. Estos efectos se probaron con el residual como error.

Cuadro A14. Análisis de varianza para el porcentaje de proteína cruda (% PC) de muestras de forraje colectadas a mano imitando el pastoreo ("hand plucking") en praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la primera fase (22 Abril- 22 Mayo de 2001).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	22.2789	22.2789	0.80	0.3877
División (Pastura) ³	12	332.7239	27.7270	1.88	0.829
Subdivisión (Pastura*División) ⁴	28	413.2921	14.7604	114.99	0.0001
Residual	42	5.3912	0.1284	----	----
Total	83	773.6861	----	----	----

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con División (Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con Subdivisión (Pastura*División) como error.
4. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A15. Análisis de varianza de la digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO, %) de muestras de forraje colectadas a mano imitando el pastoreo ("hand plucking") en pasturas de grama nativa y grama nativa asociada con *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo III	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	2865.4442	2865.4442	389.10	0.0001
Muestreo ²	6	894.3239	149.0540	20.24	0.0001
Pasturas * Muestreo ²	6	1678.5368	279.7562	37.99	0.0001
Toro ³	2	35.9393	17.9697	1.59	0.2072
Pastura * Toro ³	2	1.6884	0.8442	0.07	0.9280
Muestreo * Toro ³	12	98.6029	8.2169	0.73	0.7225
Pasturas* Muestreo * Toro ³	12	63.5100	5.2925	0.47	0.9301
Residual	143	1614.6945	11.2915	----	----
Total	184	7712.7879	----	----	----

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Estos efectos se probaron con el término Toro (Pastura * Muestreo) como error.
3. Estos efectos se probaron con el residual como error.

Cuadro A16. Análisis de varianza para el porcentaje de proteína cruda (% PC) de muestras de forraje colectadas a mano imitando el pastoreo ("hand plucking") en praderas de gramas nativas o gramas nativas asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo III	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	299.1499	299.1499	425.43	0.0001
Muestreo ²	6	86.0656	14.3443	20.40	0.0001
Pastura * Muestreo ²	6	101.0733	16.8456	23.96	0.0001
Residual	28	19.6887	0.7032	----	----
Total	41	479.2481	----	----	----

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Estos efectos se probaron con el residual como error.

Cuadro A17. Análisis de varianza para los tiempos de pastoreo (TP), rumia (TR) y otras actividades (TOA) de vacas que pastaron praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434, durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Variables					
		TP		TR		TOA	
		CM	P>F ¹	CM	P>F ¹	CM	P>F ¹
Pastura ²	1	67270.0000	0.0001	16355.7143	0.0231	206285.7143	0.0001
Muestreo ²	6	13134.7619	0.0009	19360.0000	0.0001	19325.7143	0.0034
Pastura * Muestreo ²	6	17170.0000	0.0001	26392.3810	0.0001	18865.7143	0.0040
Residual	56	2946.4286	---	2995.7143	---	5170.7143	---
Total	69	---	---	---	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica

2. Estos efectos se probaron con el residual como error.

Cuadro A18. Análisis de varianza para la tasa de bocados (bocados/ minuto) de vacas que pastaron en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap). durante la segunda fase (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	12557.7953	12557.7953	115.77	0.0001
Muestreo ²	6	2918.7883	486.4647	4.48	0.0009
Pastura * Muestreo ²	6	10629.4651	1771.5775	16.33	0.0001
Animal (Pastura * Muestreo) ³	56	6074.5644	108.4744	1.05	0.3863
Residual	398	41154.3099	103.4028	---	---
Total	467	73334.9231	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica

2. Estos efectos se probaron con Animal (Pastura * Muestreo) como error.

3. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A19. Análisis de varianza para la tasa de bocados (bocados/minuto) y el tamaño de bocado (g/bocado) de vacas fistuladas al esófago, expresado con base en materia fresca (TBMV), materia seca (TBMS) y materia orgánica (TBMO) en pasturas de gramas nativas (GN) y GN asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados Tipo III							
		Bocados por minuto		TBMV		TBMS		TBMO	
		CM	P>F ¹	CM	P>F ¹	CM	P>F ¹	CM	P>F ¹
Pastura ²	1	68.5614	0.2175	2.0597	0.3454	0.0137	0.6294	0.0102	0.6461
Muestreo ²	6	255.8448	0.0005	5.6038	0.0464	0.1926	0.0132	0.1483	0.0185
Hora ²	1	462.0291	0.0029	2.2525	0.3242	0.1821	0.0859	0.1381	0.0994
Pastura * Muestreo ²	6	95.9041	0.0708	4.0794	0.1313	0.1491	0.0403	0.1218	0.0424
Pastura * Hora ²	1	158.3673	0.0656	11.2200	0.0334	0.2828	0.0349	0.2503	0.0296
Muestreo * Hora ²	6	64.3176	0.2173	2.2403	0.4437	0.0398	0.6565	0.285	0.7264
Pastura * Muestreo * Hora ²	6	44.9987	0.4180	1.9090	0.5399	0.0733	0.2995	0.0621	0.2870
Residual	27	43.0000	---	2.2333	---	0.0573	---	0.0474	---
Total	54	---	---	---	---	---	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica

2. Estos efectos se probaron con el residual como error.

Cuadro A20. Análisis de varianza para digestibilidad *in situ* de la materia orgánica (DISMO, %) de la extrusa colectada mediante vacas fistuladas al esófago en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	F Teórica P<0.01
Pastura ¹	1	1045.0060	1045.0060	28.11	6.87
Muestreo ¹	6	4800.5584	800.0931	21.52	2.97
Vaca ¹	1	61.5527	61.5527	1.66	6.87
Hora ¹	1	704.5038	704.5038	18.95	6.87
Pastura * Muestreo ¹	6	1522.6353	253.7726	6.83	2.97
Pastura * Vaca ¹	1	1.0106	1.0106	0.03	6.87
Pastura * Hora ¹	1	421.8319	421.8319	11.35	6.87
Muestreo * Vaca ¹	6	486.8563	81.1427	2.18	2.97
Muestreo * Hora ¹	6	2572.8347	428.8058	11.54	2.97
Vaca * Hora ¹	1	122.8806	122.8806	3.31	6.87
Otras Interacciones ¹	25	4024.9527	160.9981	4.33	---
Residual	112	4163.112	37.1706	---	---
Total	167	19927.735	---	---	---

1. $P > F$ = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Estos efectos se probaron con el residual como error

Cuadro A21. Análisis de varianza para el porcentaje de proteína cruda (% PC) de la extrusa esofágica colectada mediante vacas fistuladas al esófago en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F. Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	305.2546	305.2446	193.11	0.0001
Muestreo ²	6	200.0828	33.3471	21.10	0.0001
Hora ²	1	19.4759	19.4759	12.32	0.0015
Pastura * Muestreo ²	6	103.4553	17.2426	10.91	0.0001
Pastura * Hora ²	1	0.0238	0.0238	0.02	0.9032
Muestreo * Hora ²	6	1.9565	0.3261	0.21	0.9719
Pastura * Muestreo * Hora ²	6	6.4130	1.0688	0.68	0.6699
Residual	28	44.2605	1.5807	---	---
Total	55	680.9223	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Estos efectos se probaron con el residual como error

Cuadro A22. Análisis de varianza para los componentes botánicos de la extrusa: *Arachis pintoi* (Ap), gramíneas (Gr), leguminosa nativa (Ln) y otras especies (Oe), la cual fue obtenida mediante vacas fistuladas al esófago que pastaron en gramas nativas (GN) y GN asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Componentes botánicos de la extrusa							
		Ap		Gr		Ln		Oe	
		CM	P>F ¹	CM	P>F ¹	CM	P>F ¹	CM	P>F ¹
Pastura ²	1	20282.5547	0.0001	20102.1607	0.0001	1.2902	0.0001	0.0011	0.7083
Muestreo ²	6	1424.8464	0.0001	1392.1458	0.0001	0.2024	0.0106	0.0104	0.2756
Hora ²	1	0.1886	0.9661	1.9687	0.8910	0.0714	0.2767	0.0100	0.2665
Pastura * Muestreo ²	6	1424.8464	0.0001	1343.3482	0.0001	0.8527	0.0001	0.0037	0.8202
Pastura * Hora ²	1	0.1886	0.9661	3.2545	0.8602	0.6429	0.0025	0.0011	0.7083
Muestreo * Hora ²	6	33.0897	0.9199	35.4635	0.9072	0.7277	0.0001	0.0074	0.4745
Pastura * Muestreo * Hora ²	6	33.0897	0.9199	38.0409	0.8922	0.3616	0.0003	0.0037	0.8202
Residual	28	102.7846	---	103.0000	---	0.0580	---	0.0078	---
Total	55	---	---	---	---	16.4955	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Estos efectos se probaron con el residual como error.

Cuadro A23. Análisis de varianza para el consumo de materia seca con base al peso vivo (CMSPV, kg/ 100 kg PV) y al peso metabólico (CMSPM, g/ kg PM^{0.75}) de vacas F1 (Holstein X Cebú) que pastaron en praderas de gramas nativas (GN) y GN con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1 (1) ³	2.77248000 (7642.60563) ³	2.77248000 (7642.60563) ³	26.75 (32.40) ³	0.0001 (0.0001) ³
Método ²	2 (2) ³	20.20172667 (60169.83853) ³	10.10086333 (30024.91926) ³	97.47 (127.52) ³	0.0001 (0.0001) ³
Pastura * Método ²	2 (2) ³	4.23866000 (12424.77026) ³	2.11933000 (6212.38513) ³	20.45 (26.33) ³	0.0001 (0.0001) ³
Residual	24 (24) ³	2.48708000 (5662.02672) ³	0.10362833 (235.91778) ³	---	---
Total	29 (29) ³	29.69994667 (85899.24114) ³	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Estos efectos se probaron con el residual como error.
3. Los valores entre paréntesis son para el CMSPM.

Cuadro A24. Análisis de varianza para el consumo de materia orgánica con base al peso vivo (CMOPV, kg/ 100 kg PV) y al peso metabólico (CMOPM, g/ kg PM^{0.73}) de vacas F1 (Holstein X Cebú) que pastaron en praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1 (1) ³	2.02280333 (5546.08033) ³	2.02280333 (5546.08033) ³	26.60 (33.80) ³	0.0001 (0.0001) ³
Método ²	2 (2) ³	20.67954667 (61634.83485) ³	10.33977333 (30817.41742) ³	135.95 (187.81) ³	0.0001 (0.0001) ³
Pastura * Método ²	2 (2) ³	3.65866667 (10724.46245) ³	1.82933333 (5362.23122) ³	24.05 (32.68) ³	0.0001 (0.0001) ³
Residual	24 (24) ³	1.82540000 (3938.10412) ³	0.07605833 (164.08767) ³	---	---
Total	29 (29) ³	28.18641667 (81843.48175) ³	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica.
2. Estos efectos se probaron con el residual como error.
3. Los valores entre paréntesis corresponden al análisis de varianza del CMOPM.

Cuadro A25. Análisis de varianza para excreción fecal (EF, kg/ día), consumo de materia seca (CMS, kg MS) y nitrógeno fecal (NF, g MS) obtenidos por marcadores en vacas que pastaron praderas de gramíneas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la primera fase experimental (22 Abril- 22 Mayo de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados Tipo I					
		EF		CMS		NF	
		CM	P>F ¹	CM	P>F ¹	CM	P>F ¹
Pastura ²	1	0.9382	0.0815	0.06352	0.8515	0.3349	0.0008
Residual	8	0.2442	----	1.6983	----	0.0124	----
Total	9	----	----	----	----	----	----

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con el residual como error.

Cuadro A26. Análisis de varianza para el porcentaje de cenizas insolubles en ácido (CIA, %) de la extrusa de vacas fistuladas al esófago y de las heces colectadas de vacas, que pastaron praderas de gramíneas nativas (GN) y GN asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap).

Fuente de variación	Grados de Libertad	CIA- Extrusa		CIA- Heces	
		CM	P>F	CM	P>F
Pastura ²	1	8.1481	0.0110	49.8626	0.0001
Vaca (Pastura) ³	2 (8) ⁴	0.0915	0.0015	0.5720	0.0001
Residual	4 (10) ⁴	0.0019	----	0.00674	----
Total	7 (19) ⁴	----	----	----	----

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con Vaca (Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con el residual como error.
4. Grados de libertad para las cenizas insolubles en ácido de heces.

Cuadro A27. Análisis de varianza para la producción de leche vendible (kg) de vacas que pastaron praderas de gramas nativas (GN) y Gn asociadas a *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la segunda fase experimental (18 Julio- 30 Agosto de 2001).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de Cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F Calculada	P > F ¹
Pastura ²	1	9.9277	9.9277	5.38	0.0594
Días de lactación ²	1	2.2499	2.2499	1.22	0.3117
Número de lactación ²	1	2.0229	2.0229	1.10	0.3353
Residual	6	11.0659	1.8443	---	---
Total	9	25.2665	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Estos efectos se probaron con el residual como error.

Cuadro A28. Análisis de varianza para condición corporal (CC) de vacas que pacieron praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la primera y segunda fase experimental (22 Abril- 22 Mayo de 2001 y 18 Julio- 30 Agosto de 2001, respectivamente).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Sumas de cuadrados Tipo I	Cuadrados Medios	F calculada	Pr>F ¹
Pastura ²	1	1.31406250	1.31406250	3.88	0.0630
Vaca(Pastura) ³	20	6.77812500	0.33890625	3.00	0.0150
Fecha ³	1	0.39062500	0.39062500	3.46	0.0815
Tratamiento*Fecha ³	1	0.01953125	0.01953125	0.17	0.6832
Residual	16	1.80859375	0.11303711	---	---
Total	39	10.31093750	---	---	---

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con Vaca(Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con el residual como error

Cuadro A29. Análisis de varianza para el peso vivo (PV, kg/ animal) y peso metabólico (PM, kg PV^{0.73}) de vacas que pacieron praderas de gramas nativas (GN) y GN asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 (GN+Ap), durante la primera y segunda fase experimental (22 Abril- 22 Mayo de 2001 y 18 Julio- 30 Agosto de 2001, respectivamente).

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados Tipo I			
		PV		PM	
		CM	P>F ¹	CM	P>F ¹
Pastura ²	1	2184.05	0.5097	40.0529905	0.5048
Vaca(Pastura)	8	4587.90	0.2498	82.1463239	0.2525
Mes	1	140.45	0.8283	3.2748324	0.8052
Pastura*Mes	1	162.45	0.8156	2.7684241	0.8206
Residual	8	2796.70	----	0.3973709	----
Total	19	----	----	----	----

1. P > F = probabilidad de que la F calculada no sea mayor que la F teórica
2. Este efecto se probó con Vaca(Pastura) como error.
3. Este efecto se probó con el residual como error.

Anexo B.

Composición botánica de la pastura en la segunda fase.

$$Y_{ijkl} = \mu + P_j + D_k(P_j) + S_i(D_k * P_j) + \xi_{ijkl}$$

Donde:

Y: es el componente botánico en la pastura medido en la i-ésima subdivisión, situada dentro de la k-ésima división, dentro de la j-ésima pastura, medido en la segunda fase.

μ : Es la media general

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

$D_k(P_j)$: Variación entre divisiones dentro de pasturas, usado como error para probar el efecto de pasturas

$S_i(D_k * P_j)$: es la variación entre subdivisiones dentro de la interacción de la división por la pastura, usado como error para probar el efecto de divisiones.

ξ_{ijkl} : Variación residual.

Porcentaje de proteína cruda de la pastura en la segunda fase.

$$Y_{ijk} = \mu + P_j + M_k + (P * M)_{jk} + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : es el porcentaje de proteína cruda en la pastura medida en la i-ésima subdivisión, situada dentro de la j-ésima pastura, medido en el k-ésimo día de muestreo, durante la segunda fase.

μ : Es la media general

P_j : Es el efecto de la j-ésima pastura (j= grama nativa (GN), grama nativa más

Arachis pintoi (GN + Ap)

M_k : Es el efecto del k-ésimo día de muestreo ($k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$)

$(P * M)_{jk}$: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo día de muestreo)

ξ_{ijk} : Variación residual.

Porcentaje de proteína cruda de las muestras obtenidas mediante la técnica "Hand plucking" en la segunda fase.

$$Y_{ijkl} = \mu + P_j + M_k + (P * M)_{jk} + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y: es el porcentaje de proteína cruda de la muestra obtenida por medio de la técnica de "Hand plucking" medido en el i-ésimo duplicado tomado en el k-ésimo día de muestreo dentro de la j-ésima pastura, medido en la segunda fase.

μ : Es la media general

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

M_k : Es el efecto del k-ésimo día de muestreo ($k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$)

$(P * M)_{jk}$: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo día de muestreo)

ξ_{ijk} : Variación residual.

Digestibilidad *in situ* de la pastura en la segunda fase.

$$Y_{ijklm} = \mu + P_j + D_k(P_j) + S_i(P * D)_{jk} + T_m + (P * T)_{jm} + \xi_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} : es la digestibilidad *in situ* de la materia seca o de la materia orgánica la cual

se estimó en el m-ésimo toro a partir del forraje proveniente de la l-ésima subdivisión, situada dentro de la k-ésima división, dentro de la j-ésima pastura

μ : Es la media general

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

$D_{k(P)}$: Es la variación entre divisiones entre pasturas, usado como error para probar el efecto de pasturas

$S(P^*D)_{jk}$: Es la variación entre subdivisiones dentro de la interacción de pasturas por divisiones, usada para probar el efecto de las divisiones dentro de pasturas

T_m : Es el efecto del m-ésimo toro (m = Gato, PCL, Perico)

$(P^*T)_{jm}$: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por el m-ésimo toro)

ξ_{ijk} : Variación residual.

Tiempos de pastoreo, rumia y otras actividades

$$Y_{ijk} = \mu + P_j + M_k + (P^*M)_{jk} + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : es cualquiera de los tiempos (pastoreo, rumia, otras actividades) medido en la i-ésima vaca, durante el k-ésimo día de pastoreo en la j-ésima pastura.

μ : Es la media general.

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

M_k : Es el efecto del k-ésimo día de muestreo

$(P^*M)_{jk}$: Es el efecto combinado (interacción) de la j-ésima pastura por el k-ésimo

día de muestreo)

ξ_{ijk} : Variación residual.

Tasa de bocados de las vacas intactas.

$$Y_{ij} = \mu + P_j + A_i(P_j) + \xi_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : es la tasa de bocados medida en la i-ésima vaca, en la j-ésima pastura

μ : Es la media general

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

$A_i(P_j)$: Variación entre animales dentro de pasturas, usado como error para probar el efecto de pasturas

ξ_{ij} : Variación residual.

Tasa de bocados, tamaño de bocado (MV, MS, MO) y componentes botánicos de la extrusa de las vacas fistuladas al esófago.

$$Y_{ijkl} = \mu + P_j + M_k + (P * M)_{jk} + H_l + (P * H)_{il} + (M * H)_{kl} + (P * M * H)_{jkl} + \xi_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : es la tasa de bocados o el tamaño de bocado o el componente botánico medidos en la i-ésima vaca fistulada al esófago, durante el k-ésimo día de muestreo, en la l-ésima hora de muestreo, dentro de la j-ésima pastura

μ : Es la media general

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

M_k : Es el efecto del k-ésimo día de muestreo (j = 1, 2, 3, 4, 5, 6,7)

$(P * M)_{jk}$: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo día de muestreo)

H_l : Es el efecto de la l-ésima hora de muestreo (l = AM, PM)

$(P * H)_{jl}$: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por la l-ésima hora de muestreo)

$(M * H)_{kl}$: Es el efecto combinado (interacción del k-ésimo día de muestreo por la l-ésima hora de muestreo)

$(P * M * H)_{jkl}$: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo día de muestreo por la l-ésima hora de muestreo)

ξ_{ijkl} : Variación residual.

Porcentaje de proteína cruda de la extrusa de vacas fistuladas al esófago.

$$Y_{ijkl} = \mu + P_j + M_k + (P * M)_{jk} + H_l + (P * H)_{jl} + (M * H)_{kl} + (P * M * H)_{jkl} + \xi_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : es el porcentaje de proteína cruda de la extrusa obtenida de la i-ésima vaca fistulada al esófago, en el k-ésimo día de muestreo, durante la l-ésima hora de muestreo, y en la j-ésima pastura

μ : Es la media general

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

M_k : Es el efecto del k-ésimo día de muestreo (j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)

$(P * M)_{jk}$: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo día de muestreo)

H_l : Es el efecto de la l-ésima hora de muestreo (l = AM, PM)

(P * H)_{jl}: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por la l-ésima hora de muestreo)

(M * H)_{kl}: Es el efecto combinado (interacción del k-ésimo día de muestreo por la l-ésima hora de muestreo)

(P * M * H)_{jkl}: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo día de muestreo por la l-ésima hora de muestreo)

ξ_{ijk} : Variación residual.

Digestibilidad *in situ* de la MS y MO de la extrusa de vacas fistuladas al esófago.

$$Y_{ijklm} = \mu + P_j + M_k + H_l + V_m + (P * M)_{jk} + (P * H)_{jl} + (P * V)_{jm} + (M * H)_{kl} + (M * V)_{km} + (H * V)_{lm} + (P * M * H)_{jkl} + (P * M * V)_{jkm} + (P * H * V)_{jlm} + (M * H * V)_{klm} + (P * M * H * V)_{ijklm} + \xi_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} : es el porcentaje de digestibilidad *in situ* de la materia seca u orgánica de la extrusa de la m-ésima vaca fistulada al esófago, en el k-ésimo día de muestreo, durante la l-ésima hora de muestreo, y en la j-ésima pastura

μ : Es la media general

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

M_k : Es el efecto del k-ésimo día de muestreo (k = 1, 2, 3, 4, 5, 6)

H_l : Es el efecto de la l-ésima hora de muestreo (l = AM, PM)

V_m : Es el efecto de la m-ésima vaca (m = 13-1, 56-1)

(P * M)_{jk}: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo

día de muestreo

$(P * H)_{ij}$: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por la i-ésima hora de muestreo)

$(P * V)_{jm}$: Es la interacción de la j-ésima pastura por la m-ésima vaca

$(M * H)_{ki}$: Es la interacción del k-ésimo día de muestreo por la i-ésima hora de muestreo

$(M * V)_{km}$: Es la interacción del k-ésimo día de muestreo por la m-ésima vaca

$(H * V)_{im}$: Es la interacción de la i-ésima hora de muestreo por la m-ésima vaca

$(P * M * H)_{jki}$: Es la interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo día de muestreo por la i-ésima hora de muestreo

$(P * M * V)_{jkm}$: Es la interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo día de muestreo por la m-ésima vaca

$(P * H * V)_{jim}$: Es la interacción de la j-ésima pastura por la i-ésima hora por la m-ésima vaca

$(M * H * V)_{kim}$: Es la interacción del k-ésimo día de muestreo por la i-ésima hora de muestreo por la m-ésima vaca

$(P * M * H * V)_{jkim}$: Es la interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo día de muestreo por la i-ésima hora de muestreo por la m-ésima vaca

ξ_{ijk} : Variación residual.

Cenizas insolubles en ácido en heces o extrusa.

$$Y_{ij} = \mu + P_j + V_i(P)_j + \xi_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : es contenido de cenizas insolubles obtenido a partir las heces o de la extrusa de

la i-ésima vaca, dentro de la j-ésima pastura

μ : es la media general

P_j : Es el efecto de la j-ésima pastura (j = gramas nativas (GN), gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* (GN + Ap))

$V_i(P)_j$: Es la variación entre vacas dentro de pasturas

ξ_{ij} : Variación residual.

Consumo de MS o MO de las vacas de acuerdo su peso vivo o peso metabólico.

$$Y_{ijk} = \mu + P_j + M_k + (P * M)_{jk} + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y: es el consumo de materia seca u orgánica de la i-ésima vaca expresado en peso vivo o peso metabólico, estimado por el k-ésimo método, en la j-ésima pastura

μ : es la media general

P_j : Es el efecto de la j-ésima pastura (j = gramas nativas (GN), gramas nativas asociadas con *Arachis pintoi* (GN+Ap))

M_k : Es el efecto del k-ésimo método (k = CRCIA, CRDIS, HABIT)

$(P * M)_{jk}$: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo método)

ξ_{ijk} : Variación residual

Producción de leche vendible.

$$Y_{ijkl} = \mu + P_j + b_1(X_{1ij} - X_1) + b_2(X_{2ij} - X_2) + \xi_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} : es la producción de leche vendible de la i-ésima vaca, en el k-ésimo día de

lactancia en el l-ésimo número de lactación, dentro de la j-ésima pastura

μ : La media general

P_j : Es el efecto de la j-ésima pastura (j = grama nativa (GN), grama nativa asociada con *Arachis pintoi* (GN+AP))

b_1 : es el coeficiente de regresión lineal simple asociado a la covariable X_1

X_{1ij} : es el efecto lineal de la covariable, días de lactancia

X_1 : es el promedio de días en lactancia de todas las vacas

b_2 : es el coeficiente de regresión lineal simple asociado con la covariable X_2

X_{2ij} : es el efecto lineal de la covariable, número de lactancia

X_2 : es el promedio de número de lactancias de todas las vacas

ξ_{ijk} : Es la variación residual

Condición corporal de las vacas.

$$Y_{ijk} = \mu + P_j + F_k + A_i(P)_j + (P * F)_{jk} + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : es la condición corporal medida en la i-ésima vaca, durante la k-ésima fecha y, dentro de la j-ésima pastura

μ : es la media general

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

$A_i(P)_j$: Es la variación entre animales dentro de pasturas, usada como el error para probar el efecto entre pasturas

F_k : Es el efecto de la k-ésima fecha de muestreo (k = 10-05-01, 04-09-01)

$(P * F)_{jk}$: Es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por la k-ésima

fecha)

ξ_{ijk} : Es la variación residual

Peso vivo y peso metabólico de las vacas.

$$Y_{ijk} = \mu + P_j + M_k + A_i (P)_j + (P * M)_{jk} + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Es el peso vivo o peso metabólico de la i-ésima vaca, en el k-ésimo mes y, dentro de la j-ésima pastura

μ : Es la media general

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

$A_i (P)_j$: es la variación entre animales dentro de pasturas, usada como el error para probar el efecto entre de pasturas

M_k : Es el efecto del k-ésimo mes (k = abril, mayo)

$(P * M)_{jk}$: es el efecto combinado (interacción de la j-ésima pastura por el k-ésimo mes)

ξ_{ijk} : Es la variación residual.