

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

PROGRAMA DE ENSEÑANZA

ÁREA DE POSGRADO

SELECTIVIDAD Y PRODUCCIÓN DE LECHE EN PASTURAS DE ESTRELLA
(*Cynodon nlemfuensis*) SOLO Y ASOCIADO CON LAS LEGUMINOSAS
FORRAJERAS *Arachis pintoii* CIAT 17434 Y *Desmodium ovalifolium*
CIAT 350

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico
Académico del Programa de Postgrado en Ciencias Agrícolas y
Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

Por

MAGDALENA SUYEN GONZALEZ CHAU

Turrialba, Costa Rica
1992

Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



Francisco Romero, Ph.D.
Profesor Consejero

Assefaw Tewolde, Ph.D.
Jefe, Area de Posgrado

Ramón Lastra, Ph.D.
Director, Programa de Enseñanza



Magdalena Suyén González Chau
Candidato

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre, Ing. Raúl González

Por su amor, dedicación y ejemplo.

A mi madre, María Magdalena Chau

Por su gran amor y ejemplo así como por su apoyo incondicional y estímulo constante en todos los momentos de mi vida, sin los cuales me hubiera sido imposible alcanzar este logro.

A mi hijo, Jorge Antonio

Quien es la razón de todo mi esfuerzo.

A mi esposo, Pedro Antonio

A mis hermanos Leyín, Carolina, José Raúl y Jorge René

Por su cariño y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Deseo dejar constancia de mis más sinceros agradecimientos a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de mis estudios de post-grado, en especial:

Al Dr. Francisco Romero, Profesor Consejero Principal, por sus enseñanzas, su valiosa orientación e incondicional apoyo en la realización del presente estudio y sobre todo, por la gran amistad brindada durante mi estancia en CATIE.

Al Dr. Danilo Pezo, por sus enseñanzas y valiosas sugerencias y observaciones durante la realización de este trabajo.

Al Dr. Pedro Argel y M. Sc. Arturo Vargas, por la revisión del texto y acertadas sugerencias.

A mis compañeros de promoción, especialmente a los compañeros nicaraguenses, por todo el tiempo compartido durante estos dos años.

A Gergina Drozco y Maria Engracia Detrinidad, por su gran amistad y apoyo incondicional en todo momento.

A SAREC de Suecia, por el financiamiento de mis estudios de post-grado y permanencia en CATIE.

Al Proyecto Silvopastoril (CATIE-CIID), por el financiamiento para la ejecución de este trabajo y por las facilidades ofrecidas durante la conducción del mismo.

A Luis Carlos Saborío, por su apoyo incondicional en la realización del trabajo experimental y por la amistad brindada.

A Don Víctor López, por la colaboración en la realización del trabajo de campo, así como a todas las personas que laboran en la finca del área de Ganadería Tropical y que contribuyeron a la realización de este trabajo.

A Gerardo Rodriguez, Circe Ramirez y en especial, a Frank López, por su colaboración en el análisis de las muestras en el Laboratorio de Ganadería Tropical.

A Katia Leyva y Rose Mary Garro, por su amistad y labor secretarial.

A los profesores del Programa de Maestría, por sus valiosas enseñanzas.

BIOGRAFIA

La autora nació en Jinotepe, Nicaragua el 24 de octubre de 1963.

En 1983 inició sus estudios superiores en la Universidad Centroamericana (UCA), en Managua, Nicaragua, donde obtuvo el Título de Licenciado Zootecnista.

En 1985 ingresa como docente en esta misma Universidad y en la cual labora actualmente.

En 1990 fue admitida en el Programa de Post-grado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, obteniendo el grado de Magister scientiae en noviembre de 1992.

CONTENIDO

	Pag.
RESUMEN	
SUMMARY	
LISTA DE CUADROS	
LISTA DE FIGURAS	
1 INTRODUCCION	1
2 REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Potencial de los pastos tropicales para la producción de leche	4
2.2 Papel de las leguminosas en pasturas asociadas	9
2.3 Características del <i>D. ovalifolium</i>	12
2.4 Características del <i>A. pintoi</i>	18
2.5 Producción de leche a base de asociaciones gramínea-leguminosa	22
2.6 Componentes de la leche	24
3 MATERIALES Y METODOS	28
3.1 Localización	28
3.2 Manejo general del ensayo	30
3.2.1. Suelos	32
3.3 Variables experimentales	33
3.4 Variables de Respuesta	33
3.4.1 Componente pasto	33
3.4.1.1 Materia seca ofrecida y residual	33
3.4.1.2 Composición botánica del forraje disponible.....	35
3.4.1.3 Calidad del forraje en oferta	37

3.4.1.3.1 Determinación de la digestibilidad <i>in situ</i>	38
3.4.2 Componente Animal	41
3.4.2.1 Selectividad de los animales por los diferentes componentes de la pastura	41
3.4.2.2 Consumo	42
3.4.2.3 Producción y calidad de la leche	43
3.4.2.3.1. Determinación de urea en leche ...	44
3.5 Análisis de la información	46
3.5.1 Mediciones en la pastura	46
3.5.2 Degradabilidad acumulativa en el tiempo	47
3.5.3 Selectividad	48
3.5.4 Consumo de materia seca y producción y composición química de la leche	
4 RESULTADOS Y DISCUSION	52
4.1 Evaluaciones en la pastura	52
4.1.1 Disponibilidad de la biomasa total	52
4.1.2 Material verde y material inerte	56
4.1.3 Composición botánica y disponibilidad de los diferentes componentes de la pradera .	59
4.1.3.1 Contribución del pasto estrella a la biomasa disponible	62
4.1.3.2 Contribución de las leguminosas a la biomasa disponible	67
4.1.3.3 Contribución de las malezas a la biomasa disponible	70
4.1.3.4 Contribución del pasto natural a la biomasa disponible	71
4.1.4 Calidad nutritiva del forraje en oferta .	72
4.1.4.1 Caracterización de las leguminosas bajo estudio	72

4.1.4.1.1	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIVMS) y fracciones nitrogenadas	72
4.1.4.1.2	Degradabilidad ruminal de las especies bajo estudio	74
4.1.4.2	Calidad del forraje en oferta	78
4.1.4.3	Calidad del material verde y del material inerte ofrecidos	82
4.2	Evaluaciones con los animales	84
4.2.1	Selectividad	84
4.2.1.1	Proporción de leguminosas en el material seleccionado	85
4.2.1.2	Calidad del material seleccionado	90
4.2.1.3	Correlación entre la DIVMS y PC en muestras de forraje ofrecido colectadas mediante diferentes formas de muestreo ...	92
4.2.2	Consumo	94
4.2.3	Producción de leche	96
4.2.4	Componentes de la leche	100
5	DISCUSION GENERAL	106
6	CONCLUSIONES	112
7	RECOMENDACIONES	114
8	BIBLIOGRAFIA	115
9	APENDICE	123

GONZALEZ CH., M.S. 1992. Selectividad y producción de leche en pasturas de Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoí* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350.

Palabras claves: *Cynodon nlemfuensis*, *Arachis pintoí* CIAT 17434, *Desmodium ovalifolium* CIAT 350, Selectividad, Producción de leche, Componentes de la leche, urea en leche, Composición botánica, disponibilidad forraje, % PC, % DIVMS.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental del área de Ganadería Tropical del CATIE y tuvo como objetivo determinar la dinámica poblacional y la selectividad animal en pasturas de Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) asociado con las leguminosas herbáceas *Arachis pintoí* y *Desmodium ovalifolium*, así como su efecto sobre la producción de leche y sus componentes.

Las variables bajo estudio fueron tres tipos de pastura: a) Estrella africana fertilizada en monocultivo b) Estrella + *A. pintoí* CIAT 17434 y c) Estrella + *D. ovalifolium* CIAT 350. Se utilizaron 24 vacas lecheras puras y mestizas de las razas Criollo Lechero y Jersey, las cuales fueron escogidas del ható del CATIE.

Las variables de respuesta para el componente pasto fueron disponibilidad de la materia seca total (Haydock y Shaw, 1975) y de sus componentes en términos de material verde y material inerte, composición botánica por el método del rango en peso seco (t' Mannetje y Haydock, 1963) y la calidad del forraje en oferta (materia seca total, material verde y material inerte) en términos de PC y DIVMS. También se evaluó la calidad de las especies evaluadas en términos de la digestibilidad *in situ* de la materia seca y el contenido de proteína y fracciones nitrogenadas (en las leguminosas). Se asignaron al azar, 2 vacas por tratamiento en cada cuadrado resultando en una carga de 2.4 UA/ha. Se midió la producción de leche y su contenido en proteína, grasa, sólidos totales y urea. También se midió el consumo de materia seca durante el cuarto cuadrado de evaluación, así como la selectividad animal por los diferentes componentes de la pastura y la calidad de material seleccionado (PC y DIVMS) al inicio, intermedio y final del primero y segundo periodos de los cuadrados tres y cuatro, respectivamente.

Para la evaluación del consumo y la producción de leche y sus componentes se utilizó un diseño en Cuadrado Latino con tres tratamientos, tres periodos y repetido una, cuatro y dos veces en el tiempo, respectivamente. La composición botánica

y calidad del material seleccionado fue analizado mediante un diseño en Parcelas Divididas con dos repeticiones, en el cual las pasturas constituyeron las parcelas y los días de muestreo las sub-parcelas. El diseño para el componente pasto fue el de Parcelas Divididas en el Espacio y en el Tiempo, en el cual los tratamientos constituyeron las parcelas, los cuadrados las subparcelas y los períodos dentro de cuadrados las sub-subparcelas.

Los resultados muestran que la disponibilidad de la materia seca total, material verde e inerte, presentaron variaciones importantes por efecto de época y tratamiento, encontrándose los mayores valores de disponibilidad en la pastura de Estrella asociada con *A. pintoï*, tanto en la época máxima como de mínima precipitación, seguida por la asociación con *D. ovalifolium*. La composición botánica se vió también favorecida por las leguminosas de tal forma que en las dos asociaciones se encontraron porcentajes más altos de estrella y leguminosa y más bajos de malezas y pasto natural que en la pastura de estrella en monocultivo la cual se degradó a lo largo del experimento. La calidad del forraje ofrecido no presentó diferencias entre los tratamientos que incluyeron leguminosas, pero sí entre éstos y la estrella en monocultivo, el cual presentó los valores más bajos de PC (12%) y DIVMS (53%).

Respecto a la selectividad de las leguminosas, se encontró que los animales seleccionaron más del doble de la leguminosa *A. pintoï* (37.87 %) que de la leguminosa *D. ovalifolium* (16.8 %). El Índice de Selectividad (IS) en el *Arachis* fue a favor de la leguminosa en todas las evaluaciones a diferencia del *Desmodium* en el cual la selectividad fue en contra de la leguminosa. La calidad de la extrusa fue también superior en la pastura con *A. pintoï* (54 % y 15 % para DIVMS y PC, respectivamente) al compararse con el estrella en monocultivo y asociado con *D. ovalifolium*, los cuales no presentaron diferencias (47.8% y 48.4% en DIVMS y 11.0 % y 11.7 % en PC, respectivamente). La leguminosa *A. pintoï* también presentó los valores más altos de consumo (3.42 % PV vs 2.67 y 2.78 % PV para Estrella solo y asociado con *Desmodium*).

La producción de leche obtenida en estas pasturas fue de 10.75, 9.43 y 9.49 kg/vaca/d para *Arachis*, *Desmodium* y estrella solo, respectivamente. La composición química de la leche solo varió en cuanto a su contenido de urea, encontrándose los mayores valores en las pasturas asociadas y durante la época seca. La pastura con *A. pintoï* fue la que presentó los mayores valores tanto en época de mínima como de máxima precipitación.

GONZALEZ, CH., M.S. 1992. Pasture selectivity and milk production of cows grazing African Star grass (*Cynodon nlemfuensis*) in monoculture or associated with the herbaceous legumes *Arachis pintoii* CIAT 17434 and *Desmodium ovalifolium* CIAT 350.

Key words: *Cynodon nlemfuensis*, *Arachis pintoii* CIAT 17434, *Desmodium ovalifolium* CIAT 350, selectivity, milk production, milk composition, milk urea, botanical composition, forage availability, crude protein, digestibility.

SUMMARY

The present experiment was conducted on the livestock Experimental Farm at CATIE, Turrialba, Costa Rica. The main objective was to determine the population dynamics and animal selectivity of Star grass alone or associated with *D. ovalifolium* CIAT 350 or *Arachis pintoii* CIAT 17434 and its effect upon milk yield and its constituents.

The experimental variables evaluated were three different pastures: Fertilized Star grass, Star grass with *D. ovalifolium* and Star grass with *A. pintoii*. Twenty four pure and crossbred Jersey and Jersey-Criollo cows were selected from the CATIE's herd.

The response variables for the pasture component were: Total dry matter availability (Haydock and Shaw, 1975), as well as green and inert matter; botanical composition by the dry weight rank method (t'Mannetje and Haydock, 1963), and offered forage (total dry, total green and inert matter) quality in terms of crude protein (CP,%) and *In vitro* dry matter digestibility (IVDMD, %). In addition *In Situ* ruminal dry matter digestibility and nitrogen fractions of the legumes were evaluated.

Two different cows were randomly assigned per treatment in each of the four latin squares (replicated on time) evaluated, resulting in a stocking rate of 2.4 U.A./ha. Milk yield and its constituents (protein, fat, total solids and urea) were measured during the 6 days of a 28 day period.

In the third and fourth latin square, pasture components selected by esophageal cannulated steers and its quality was determined on the first, third and fifth day of each grazing period. Also, in the first and second period of the fourth square, cow's dry matter intake was estimated using Chromium dioxide as external indicator.

The evaluation of the dry matter intake and milk yield and its constituents was done utilizing a Latin Square design

with three treatments and three periods, replicated on time one, four and two times, respectively. Data related with forage dry matter composition and quality of the selected materials were analyzed using a Split plot design with two replications where the three pastures were the large plots and the sampling days the small ones. The experimental design for the pasture components was also a Split plot over time with the treatments as large plots, the latin squares as subplots and the periods within squares the sub/subplots.

The results indicated that the total and total green dry matter, as well as the inert material varied in a significant manner in the different treatments and seasons evaluated. Thus, the Star grass associated with *A. pintoii* had the highest dry matter production in the dry and rainy season, followed by the association of Star grass and *D. ovalifolium*. In both associated pastures the proportion of Star grass was greater than in the monoculture where it decreased resulting in a degraded pasture with important increases in weeds and native grasses. Offered forage quality was similar between the associated pastures but were superior to the Star grass as monoculture that had the lowest CP content (12%) and IVDMD (53%).

Steers selected more than twice of *A. pintoii* (37.9%) than *D. ovalifolium* (16.8%). The selection index always favored the intake of *A. pintoii* and was negative for *D. ovalifolium*. The quality of the selected material was also superior in the association with *A. pintoii* (14% CP and 54% IVDMD) than in the other two treatments (11.3% CP and 48.1% IVDMD).

Dry matter intake was 3.4% in the *A. pintoii* plots versus 2.7% and 2.8% in Star grass and *D. ovalifolium* plots, respectively.

Daily milk yield differences among treatments were important between the *A. pintoii* plots and the other treatments (10.8, 9.4 y 9.5 kg/c for *Arachis*, *Desmodium* and Star grass, respectively). Milk fat, protein and total solids content in cows grazing associations with *Arachis* was greater in both seasons, comparing with the associations of *Desmodium* where the content of urea in milk only increased during the period of less precipitation.

LISTA DE CUADROS

Cuadro No.		Pag.
1	Características químicas del suelo en el área experimental	32
2	Disponibilidad de biomasa total ofrecida y residual (kg MS ha ⁻¹) en los diferentes tratamientos evaluados	52
3	Disponibilidad de biomasa total (kg MS ha ⁻¹) por cuadrados para materia seca ofrecida y residual	54
4	Porcentajes promedio del material verde e inerte ofrecido y residual para las diferentes pasturas evaluadas	58
5	Porcentajes promedio del material verde e inerte ofrecido y residual por periodo dentro de cuadrado	58
6	Composición botánica de la pradera en los diferentes tratamientos evaluados	62
7	Disponibilidad de componentes en términos de materia seca total (kg MS ha ⁻¹) por cuadrado y tratamiento	67
8	Caracterización nutritiva de las leguminosas evaluadas	73
9	Medias Ajustadas para los parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca de las diferentes especies evaluadas	74
10	Digestibilidad <i>in vitro</i> y proteína cruda de la materia seca total, material verde (M.V.) y material inerte (M.I.) ofrecido durante el experimento	79

11	Digestibilidad in vitro y proteína cruda de la materia seca total, material verde (M.V.) y material inerte (M.I.) ofrecido en los diferentes cuadrados evaluados	81
12	Composición botánica (%) de la extrusa de animales fistulados al esófago en pasturas de Estrella asociado con <i>A. pintoi</i> CIAT 17434 y <i>D. ovalifolium</i> CIAT 350	85
13	Composición botánica (%) de la extrusa de animales fistulados al esófago de acuerdo con el día de pastoreo	87
14	Digestibilidad in vitro y proteína cruda de la materia seca seleccionada por animales fistulados al esófago en los diferentes tratamientos	90
15	Digestibilidad in vitro y proteína cruda de la materia seca seleccionada por animales fistulados al esófago en los diferentes días de pastoreo	92
16	Consumo de Materia Seca (% PV) en los diferentes tratamientos evaluados	95
17	Efecto de las diferentes pasturas evaluadas sobre la producción de leche	97
18	Producción promedio de leche diaria en los diferentes cuadrados evaluados	98
19	Composición de la leche de vacas pastoreando los diferentes tratamientos	101
20	Composición de la leche en los diferentes cuadrados evaluados	103

LISTA DE FIGURAS

Figura No.		Pag.
1	Condiciones climáticas durante la fase experimental y precipitación promedio de 50 años en la zona	29
2	Distribución espacial de los tratamientos	31
3	Disponibilidad de la materia seca total en función de cuadrado y tratamiento	55
4	Disponibilidad del material verde (A) e inerte (B) en función de época (cuadrado) y tratamiento	60
5	Composición Botánica (A) y disponibilidad promedio (B) de los diferentes componentes de las pasturas	63
6	Variaciones en la proporción de pasto Estrella en función de época (cuadrado) y tratamiento ...	65
7	Variaciones en la proporción de leguminosas en función de época (cuadrado) y tratamiento	69
8	Digestibilidad acumulativa de la materia seca de las tres especies evaluadas	77
9	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (A) y contenido de proteína cruda (B) del forraje ofrecido en función de época (cuadrado) y tratamiento	83
10	Variaciones en selectividad del <i>A. pintoi</i> (A) y del <i>D. ovalifolium</i> (B) en función del periodo de evaluación (a y b) y del día de pastoreo	89
11	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (A) y contenido protéico (B) de la extrusa de animales fistulados al esófago	93

12	Variaciones en producción de leche en función de época (cuadrado) y tratamiento	99
13	Variaciones en el contenido de urea en leche en función de época (cuadrado) y tratamiento	103

1 INTRODUCCION

En la mayoría de los países de América Tropical, existe un alto déficit en el consumo de proteína de alto valor biológico como la carne y la leche. Así, las producciones tanto de leche como de carne, constituyen del 10 al 25 % de lo normalmente aceptado en países desarrollados de climas templados. En este contexto, elevar los niveles de producción láctea resulta de suma importancia para aumentar la disponibilidad de un alimento de alta calidad para una población que crece rápidamente.

En los países tropicales, generalmente los sistemas de alimentación para rumiantes están basados en la utilización de pastos y forrajes debido a que, además de no competir con la alimentación humana, son la fuente más abundante y económica de nutrientes. Sin embargo, la producción de leche de vacas alimentadas a base de pasturas tropicales es baja como consecuencia de las limitaciones en valor nutritivo que poseen las gramíneas tropicales.

En suelos con fertilidad moderada a alta y acidez moderada, el pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) se adapta y produce bien, lo que le permite soportar altas cargas animales, obteniéndose producciones adecuadas de carne y leche por hectárea. Sin embargo, requiere la aplicación de fertilizante de mantenimiento, especialmente nitrógeno, para

compensar aquellos nutrientes extraídos al suelo con su alta producción de biomasa. Cuando el nitrógeno se hace deficiente, la pastura de estrella tiende a degradarse.

Como alternativa a la aplicación de fertilizantes, se ha planteado la utilización de asociaciones gramínea/leguminosa, dada la capacidad de ésta última de fijar nitrógeno, induciendo aumentos en disponibilidad de biomasa y calidad nutritiva, tanto en la gramínea asociada como en el forraje en oferta, lo que permite aumentar la producción por vaca y por hectárea. Por otro lado, la utilización de leguminosas representa también una alternativa viable en la recuperación de pasturas en vías de degradación. No obstante, existe consenso en que la falta de persistencia es el mayor obstáculo para la utilización de leguminosas forrajeras tropicales.

El éxito de una asociación gramínea-leguminosa depende de diversos factores, muchos de los cuales no están bien estudiados. Entre estos factores se pueden mencionar: precipitación, tipo de suelos, ataque de patógenos, atributos de la planta (calidad, consumo), producción de semillas, tipo de leguminosa y competencia con la gramínea, y sistema de pastoreo (Kretschmer, 1988).

En este sentido, las investigaciones de Hurtado (1988) y Van Heurck (1990), reportan la capacidad de sobrevida y

asociación de las leguminosas Arachis pintoii CIAT 17434 y Desmodium ovalifolium CIAT 350, con un pasto tan agresivo como el estrella africana.

Con base en estos antecedentes, el presente estudio tuvo los siguientes objetivos:

a) Evaluar el efecto de la asociación del pasto estrella (Cynodon nlemfuensis) con las leguminosas Arachis pintoii (CIAT 17434) y Desmodium ovalifolium (CIAT 350) sobre la producción de leche y sus componentes.

b) Determinar el grado de selectividad de los animales por los diferentes componentes de cada una de las pasturas, así como la calidad del material consumido.

c) Evaluar la dinámica en la composición de las pasturas asociadas cuando se maneja bajo una carga de 2.4 UA/ha.

2 REVISION DE LITERATURA

2.1 Potencial de los Pastos Tropicales para la Producción de Leche

La cantidad de leche que produce una vaca es el resultado de una combinación de factores que influyen sobre la capacidad fisiológica del animal de producir leche (habilidad genética, historia nutricional y estado de lactancia) y sobre la cantidad de nutrientes que consume el animal (plano nutricional y tipo de alimentación) (Moe y Tyrrell, 1975).

Cuando la producción de leche se basa en el uso de pasturas, el promedio y fluctuación de nutrientes contenidos en ellas y la variación en la disponibilidad de forraje a través del año llegan a ser, en gran medida, los factores más determinantes en la producción de leche. La magnitud en que estos factores influyan, dependerá de la capacidad genética de los animales para producir leche.

El bajo valor nutritivo de los pastos tropicales, la limitada capacidad de consumo de las vacas y por lo tanto, la poca posibilidad de cubrir sus requerimientos nutricionales, son los principales factores que restringen la producción de leche en los trópicos. En una asociación gramínea-leguminosa, la leguminosa ejerce un efecto positivo sobre la disponibilidad y calidad del forraje, con un consecuente aumento en el consumo y por ende, en la producción.

Las gramíneas tropicales tienen un extraordinario potencial para la producción de biomasa forrajera. Bajo condiciones de alta humedad y fertilización pueden producir seis veces más biomasa que las gramíneas de clima templado (Pezo, 1982). Sin embargo, las pasturas son afectadas por diversos factores que determinan su calidad y productividad. Entre los principales se pueden citar: factores inherentes a la planta (especie, edad, morfología, etc.), las características del suelo, las condiciones climáticas, la composición botánica de la pastura y el efecto de los animales sobre ella (Cubillos et al, 1975; Pezo, 1982).

La composición química del forraje, su productividad y persistencia, son afectados por las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, las tasas a las cuales los nutrientes son suplidos y renovados en la zona de las raíces y las prácticas de fertilización (Crowder y Chheda, 1982a).

Los principales nutrimentos que limitan la producción de pastos en suelos tropicales, son el N, P, S y en menor grado, el K, el Mg y elementos menores; también la restringen la alta acidez del suelo, su salinidad y los niveles tóxicos de Al y Mn (Jones, 1982). Estos atributos, así como las propiedades físicas del suelo, su profundidad y condiciones topográficas, varían ampliamente en condiciones tropicales (Jones, 1982).

Cuando se hace referencia al crecimiento de los pastos, la variabilidad en la precipitación, tanto en cantidad como en distribución durante el año, juega un papel preponderante por la influencia que ésta ejerce sobre la tasa de crecimiento de los forrajes y por lo tanto, sobre el potencial de producción en la zona. Esta variable climática es quizás la más determinante en cuanto a productividad estacional y total de las pasturas tropicales, ya que la mayoría de los forrajes están sometidos en algún momento del año a "estrés" de humedad, afectándose negativamente la producción de biomasa (Jones, 1982). Aún bajo condiciones de Trópico Húmedo, donde no existe una época seca definida, durante el periodo de menor precipitación, se reduce la tasa de crecimiento de los pastos afectándose la disponibilidad de alimento para el animal. Esta reducción en la tasa de crecimiento puede alcanzar hasta un 40 % de la obtenida en el periodo de máxima producción (Romero et al, 1988).

Si la humedad en el suelo no es limitante, el patrón de crecimiento de las especies tropicales es controlado, en gran medida, por la temperatura (Pezo, 1982). En general, las temperaturas relativamente elevadas durante el año permiten obtener altos rendimientos de materia seca (Jones, 1982), sin embargo, afectan negativamente la calidad nutritiva de los pastos dado que aceleran el crecimiento y el desarrollo de los tallos, lo cual está asociado negativamente con la

digestibilidad y el consumo de la materia seca (Minson, 1982; Wilson, 1982).

El factor edad, o estado de madurez de la planta es, tal vez, el más importante determinante de la calidad nutritiva del forraje (Pezo, 1982). El proceso de maduración, en los tejidos de las plantas, está acompañado por una disminución del contenido celular y un aumento de los constituyentes de la pared celular, particularmente la lignina (Crowder y Chheda, 1982a; Wilson, 1982), reduciéndose la digestibilidad de la materia seca, dado que la lignina no sólo es prácticamente indigestible, sino que además reduce la digestibilidad de otros componentes asociados con ella (Crowder y Chheda, 1982a).

Existe consenso en que el bajo valor nutritivo de los pastos tropicales, la limitada capacidad de consumo de este tipo de forrajes y por lo tanto, la poca posibilidad de cubrir sus requerimientos nutricionales, son los principales factores que restringen la producción de vacas lecheras (Hutton, 1970; Valle *et al*, 1974; Cubillos *et al*, 1975; Stobbs, 1977; Hodgson, 1982; Martinez y Mechaca, 1986).

Dentro de éstos, el bajo consumo de energía digestible es considerado como el principal factor limitante en la producción de leche, ya que en pasturas jóvenes se obtienen contenidos de proteína cruda digestible que exceden a los

requeridos para el nivel de producción determinado por el nivel de la energía (Glover, 1961). Sin embargo, se ha demostrado que el contenido y digestibilidad de la proteína de los pastos tropicales declina rápidamente con la edad (Hutton, 1970), así como a medida que avanza la época seca (Ruiz, 1982) incidiendo negativamente sobre la producción, pues contenidos de proteína cruda inferiores al 6-8%, deprimen el apetito y reducen considerablemente el consumo (Minson y Milford, 1967; Minson, 1982).

En el trópico, las condiciones climáticas adversas junto con los problemas que limitan el buen manejo de los pastizales y animales, hacen que las producciones tanto de leche como de carne, sean aproximadamente del 10 al 25% de lo normalmente aceptado en países desarrollados de climas templados (Pérez-Infante, 1977). Stobbs (1976) reporta producciones promedio de 6-7 kg de leche/vaca/día en pasturas tropicales sin fertilización.

Sin embargo, a pesar de las limitaciones anteriormente planteadas, con los conocimientos actuales de las técnicas de manejo del pastizal, es posible optimizar la producción de leche bajo pastoreo en los países tropicales (Hutton, 1970; Stobbs, 1976).

2.2 Papel de las Leguminosas en Pasturas asociadas

En muchas regiones tropicales, se torna cada vez más difícil el mejoramiento de las pasturas mediante la aplicación de fertilizantes nitrogenados, debido a sus costos elevados. Por tal razón, al tener las leguminosas la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, su uso en asociación con gramíneas surge como la alternativa más económica para sustituir el N mineral, contribuyendo además a mejorar la fertilidad de los suelos (Goncalves, et al, 1987), a incrementar la producción de biomasa de la gramínea asociada y la calidad del forraje en oferta, particularmente en términos de proteína cruda y minerales (t'Mannetje et al, 1980; Hurtado, 1988).

Los valores estimados para la cantidad de nitrógeno fijado por las leguminosas tropicales varía entre 30 y 290 kg de N/ha/año (Henzell, 1968; Vallis y Gardener, 1984). Algunos factores que determinan esta variación son: el nivel de nutrientes en el suelo, las condiciones climáticas, la capacidad fotosintética de la leguminosa y la presencia de cepas apropiadas de bacterias fijadoras.

El papel de las leguminosas en el mejoramiento de las pasturas y de la producción animal es ampliamente reconocido (Evans, 1982; CIAT, 1990), aceptándose que esta producción es siempre mayor en pasturas con leguminosas que en pasturas de gramínea sola (Evans, 1982).

Experimentos de pastoreo conducidos por varios años en los Llanos de Colombia, mostraron que las ganancias de peso vivo individuales fueron 40% mayores en pasturas de gramínea-leguminosa, comparadas con la gramínea sola. Además, las ganancias de peso de los animales, durante la época lluviosa, disminuyeron con el tiempo en la pastura de gramínea, manteniéndose estables en la asociación (Lascano, 1991); resultados similares se obtuvieron en la producción de leche, donde los incrementos en la producción por animal fueron del orden del 16% en el invierno y del 40% en el verano (CIAT, 1990).

Sin embargo, el establecimiento y manejo de una asociación gramínea-leguminosa es complejo. Muchos intentos por establecer asociaciones han fracasado por utilizar especies inadaptadas al medio o incompatibles entre sí (Acosta, 1985).

Existe consenso en que el mayor obstáculo para la utilización de leguminosas forrajeras tropicales es su falta de persistencia en la asociación debido a diversos factores que la afectan. Esta persistencia puede ser afectada por: el tipo de suelos, las condiciones climáticas, la compatibilidad con la gramínea asociada, su aceptabilidad relativa por el animal, su capacidad para producir semillas, su resitencia o tolerancia al ataque de patógenos, el sistema de pastoreo, etc. (Kretschmer, 1988). Tergas (1975), sostiene que el

principal objetivo en el manejo de una asociación, debe ser garantizar la persistencia de la leguminosa, manteniendo al menos un 20% de ésta en la pradera. Sin embargo, en el trópico húmedo las opciones de encontrar leguminosas persistentes pueden ser reducidas (F. Romero, CATIE, Comunicación personal).

Otra alternativa de uso de las leguminosas es su establecimiento en monocultivo, como bancos de proteína, lo cual facilita su utilización estratégica (Valero et al, 1987), permitiendo además incrementos en la producción al mantener una carga superior a la que soporta la gramínea sola y aportar niveles de proteína superior a la de los pastos tropicales (Senra, 1988; Romero et al, 1988); sin embargo en esta forma no se obtienen los beneficios de la fijación biológica de N y frecuentemente ocurre una alta invasión de malezas en el banco (Valero et al, 1987).

Según Crowder y Chheda (1982), la leguminosa es un componente deseable de la pastura cuando: a) El nitrógeno es limitante para el crecimiento de la gramínea asociada, b) Existe la necesidad de incrementar la proteína cruda en el forraje disponible para el pastoreo, c) Se debe continuar el pastoreo durante la época seca y d) La estabilidad del sistema pasturas tiene alta prioridad.

2.3 Características del *Desmodium ovalifolium*

El género *Desmodium* es originario del sureste de Asia y agrupa alrededor de 350 especies, la mayoría de las cuales son perennes herbáceas, subarborescentes o arbustivas (Grof, 1982).

El *Desmodium ovalifolium* se cataloga como un subarborescente perenne, siempre prostrado, fuertemente estolonífero y a alturas que raramente exceden los 75 cm. Se encuentra mejor adaptado a regiones con una precipitación anual de 2000 mm o más, con periodos cortos de sequía (Grof, 1982)

Esta leguminosa es considerada promisorio por su adaptación a varios ecosistemas del trópico. Entre sus atributos deseables se destacan: rusticidad, resistencia a la sequía, buen potencial en producción de forraje, adaptación a suelos ácidos y bajos requerimientos de fertilización (Grof, 1982 ; Lascano y Salinas, 1982 y 1983; CIAT, 1985; Goncalves et al, 1987). El *D. ovalifolium* es muy agresivo y presenta un alto poder de invasión que le permite competir favorablemente con malezas (Valero et al, 1987).

El *D. ovalifolium* se ha destacado por su capacidad de sobrevivencia en condiciones adversas y por sus altas producciones de materia seca al compararse con otras leguminosas de porte bajo. Así, bajo condiciones del trópico húmedo de Costa Rica, donde se evaluaron 17 gramíneas y 30

leguminosas, durante un año, el *D. ovalifolium* CIAT 350 estuvo entre las cinco accesiones de leguminosas que sobrevivieron; demostrando además altas tasas de crecimiento diario, tanto en el periodo de mínima como en el de máxima precipitación (Villarreal y Chávez, 1991). Grof (1982), reporta producciones anuales de 23,400 kg de MS/ha en cultivo puro y bajo cortes cada seis semanas. Estas producciones fueron más altas que las de *Centrosema* spp. y *Galactia striata*, evaluadas en el mismo ensayo. Similares resultados se encontraron en Argentina (Castillo y Cioti, 1988), Brasil (Dias Filho et al, 1991) y Colombia (Giraldo et al, 1989). No obstante, Roig (1989), en una evaluación preliminar de 200 accesiones de leguminosas, también bajo condiciones del trópico húmedo de Costa Rica, encontró que todas las accesiones de *D. ovalifolium* evaluadas no fueron promisorias para este ecosistema al tomar como criterios de selección los rendimientos de materia seca y la calidad nutritiva.

En cuanto a su capacidad de resistencia al estrés hídrico, esta leguminosa se considera resistente a la sequía, no obstante, ha mostrado un comportamiento variable bajo las diferentes condiciones en que ha sido evaluado. Así, en la Amazonia Oriental Brasileña, el *D. ovalifolium* se encontró entre las leguminosas más resistentes a la época seca (Dias Filho et al, 1991), mientras que en Amalfí, Colombia, por el contrario, se encontró entre las más afectadas por la sequía, disminuyendo su producción en un 50 % durante la época seca

(Giraldo et al, 1989). Por su parte, Grof (1984), evaluando asociaciones de *D. ovalifolium* con *B. decumbens* y *B. dyctioneura* encontró que la leguminosa exhibió la más alta tasa de crecimiento en junio, lo cual coincide con el período más alto en lluvias, presentando un segundo pico después de la estación lluviosa, en octubre-noviembre, cuando las condiciones favorecieron su crecimiento. En otro estudio realizado en Rondonia, Brasil, en el cual se evaluaron asociaciones de las gramíneas *A. gayanus*, *B. humidicola* y *B. brizantha* con diferentes leguminosas, las asociaciones con *D. ovalifolium* CIAT 350, se destacaron por las altas producciones de materia seca total y por los altos porcentajes de la leguminosa en la pastura, tanto en la época de máxima como de mínima precipitación; sin embargo, durante esta última, las producciones de materia seca se redujeron considerablemente (Costa et al, 1991).

Por otro lado, sus tasas de crecimiento también se ven afectadas por el exceso de precipitación. Así, en el estudio realizado por Villarreal y Chávez (1991), las tasas de crecimiento se vieron reducidas por el exceso de precipitación y las altas nubosidades que ocurren durante el invierno en dicho ecosistema.

Respecto a su valor nutritivo, el contenido de PC en las hojas de *D. ovalifolium* puede variar entre 12 y 20%, existiendo diferencias marcadas entre accesiones (Schultze-

Kraft y Benavides, 1988), mientras que su digestibilidad es generalmente baja (28-50%), lo cual está relacionado con el alto contenido de taninos que presenta esta leguminosa (CIAT, 1983; Toro, 1990). El contenido de taninos en esta leguminosa (21 a 43%) constituye la principal limitante de esta especie para uso forrajero, pues reduce la digestibilidad, el consumo y la solubilidad del N (Rotar, 1965; Lascano y Salinas, 1982; Abaunza et al, 1991).

En un estudio realizado por Holeczek et al (1990), con cabras, se encontró que cuando éstas fueron alimentadas con dietas que contenían leguminosas ricas en taninos, el balance de N fue negativo, debido a disminuciones en el consumo, la digestibilidad y la retención de N.

Por otro lado, Lascano y Salinas (1983), encontraron que la fertilización del *D. ovalifolium* CIAT 350 con azufre mejora la disponibilidad de forraje, el consumo y la solubilidad del N y disminuye el contenido de taninos.

Una de las características positivas del *D. ovalifolium* CIAT 350, es su resistencia a plagas y enfermedades. Sin embargo, recientemente se ha encontrado en Colombia, que esta planta es muy susceptible al nemátodo del tallo (*Pterotylenchus cecidogenus*) y a la falsa roya (*Synchytrium desmodii*). En la actualidad, el nemátodo del tallo es el

problema fitosanitario más importante de esta leguminosa (Lenné, 1983).

Los resultados de diferentes ensayos de pastoreo, han mostrado la capacidad de asociación del *D. ovalifolium* con gramíneas tan agresivas como las *Brachiarias* y la Estrella africana, mejorando además, la calidad de las pasturas (Grof 1984, Hurtado, 1988, Van Heurk, 1990). Sin embargo, en lo referente a persistencia de la asociación, se han obtenido resultados variables en dependencia de factores climáticos, patológicos y manejo del pastoreo a los cuales ha estado sometida dicha asociación a través del tiempo.

En este sentido, Grof (1984) reporta que asociaciones del *D. ovalifolium* con *B. humidicola* y con *B. decumbens*, mantuvieron un adecuado balance (60:40) al cabo de dos años de uso, a pesar de la alta palatabilidad de las gramíneas con relación a la leguminosa. El autor atribuye estos resultados a la baja carga utilizada (2 UA/ha) en un sistema de pastoreo rotacional.

En Yurimaguas, en el trópico húmedo del Perú, el balance de la asociación *D. ovalifolium/B. decumbens*, fue adecuado por más de tres años, bajo condiciones de pastoreo alterno con 42 días de ocupación y descanso. Sin embargo, el porcentaje de la leguminosa disminuyó considerablemente durante el cuarto año de evaluación debido, aparentemente, a

las condiciones más severas de sequía ocurridas en ese último año, lo cual afectó la disponibilidad y calidad de las gramíneas, favoreciendo la defoliación excesiva de la leguminosa (Reátegui et al, 1985).

En otro ensayo realizado en Quilichao (Colombia), en el cual se evaluó una pastura de *B. dictyoneura* CIAT 6133/*D. ovalifolium* CIAT 350 durante cuatro años, bajo pastoreo rotacional (7 días de ocupación y 21 días de descanso) y tres carga animales (2.8, 3.6 y 5 U.A./ha), se encontró que la asociación podía manejarse con carga alta; pero la leguminosa no persistió independientemente de la carga utilizada. Los autores concluyen que esto fue debido en parte al ataque de chiza (*Eutheola* sp.) ocurrido durante el tercer año de evaluación y en parte a que las condiciones climáticas (patrón de precipitación bimodal) no favorecieron el crecimiento de esta leguminosa, pues ocurrieron defoliaciones frecuentes durante los períodos secos (Lascano et al, 1991).

Estos resultados contrastan con los encontrados, también en Colombia, por Maldonado y Velázquez (1990) y Toro (1990), los primeros en la región del piedemonte Caqueteño y la segunda en los Llanos Orientales, al evaluar asociaciones de *B. humidicola* con *D. ovalifolium*. En ambos casos la leguminosa dominó sobre la gramínea, atribuyéndose esta dominancia a su alta agresividad y a su baja apetecibilidad debida a su alto contenido de taninos.

2.4 Características del *Arachis pintoï*

Las especies del género *Arachis*, en general, son originarias exclusivamente de América del Sur. Crecen de 0 a 1450 m.s.n.m. y se encuentran en diferentes tipos de vegetación así como en diferentes regiones, desde semiáridas hasta muy húmedas (4500 mm de precipitación anual), tanto en zonas de grandes inundaciones como de intensas sequías (Grof, 1985).

El *Arachis pintoï*, llamado también maní forrajero, es una planta rastrera y estolonífera, con hojas de cuatro folíolos de color verde oscuro, grandes, anchas y ovaladas. Sus flores son amarillas y tienen una respuesta fotoperiódica neutral, lo que le permite varios períodos de floración a lo largo del año. Es muy buena productora de semillas, las cuales, al igual que en el resto de las especies de *Arachis*, son producidas en forma subterránea (Grof, 1985).

La leguminosa *A. pintoï* tiene varias características que la ajustan al tipo ideal de una leguminosa para pastoreo. Es resistente al pastoreo gracias a sus estolones postrados, lo cual protege sus puntos de crecimiento a la vez que eleva sus hojas en pecíolos largos, lo que le permite ofrecer competencia a las gramíneas que la acompañan y deja las hojas accesibles al pastoreo. Es sumamente estolonífera, de manera que si los estolones son dañados por los animales en pastoreo, frecuentemente se convierten en individuos

independientes. Produce un gran volumen de semilla enterrada, de modo que las protege, en gran medida de la depredación, produciendo un gran número de plántulas vigorosas (Grof,1985; CIAT 1990; CIAT 1991).

Las limitaciones que presenta esta leguminosa son las siguientes:

- La semilla subterránea es difícil y costosa de cosechar, así que frecuentemente el material vegetativo se utiliza para establecer nuevas pasturas. Esto representa una desventaja ya que eleva los costos de establecimiento y se depende de la cantidad de semilla vegetativa para sembrar nuevas áreas. Durante la etapa de crecimiento, las plantas procedentes de semillas producen más del doble de materia seca, área foliar y extensión radical que las procedentes de material vegetativo (CIAT, 1990; CIAT, 1991).

- La planta pierde sus hojas en respuesta a la sequía. Sin embargo, después de los efectos iniciales de la escasez de agua, la planta puede mantener la producción de área foliar, aunque las hojas aparecen marchitas. *A. pintoii* puede mantener una buena porción de sus partes aéreas a pesar de la sequía, pero a expensas de las raíces en los niveles superiores del suelo. La especie tiende a poner más énfasis en las raíces a mayor profundidad en el perfil del suelo. (CIAT, 1990).

En la evaluación agronómica de diferentes accesiones de *A. pintoï*, bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, la accesión CIAT 17434, se ha destacado por su capacidad de adaptación y productividad. En un estudio de evaluación agronómica de diferentes accesiones de *A. pintoï* en Pucalpa, Perú (Trópico Húmedo), la CIAT 17434 fue una de las accesiones menos afectadas por la defoliación, de más rápida capacidad de rebrote con el inicio de las lluvias y una de las más vigorosa en el periodo de máxima precipitación (CIAT, 1990). Similares resultados se reportaron en otro estudio realizado en Guápiles, Costa Rica (Trópico muy Húmedo), en el cual la producción de materia seca de la accesión CIAT 17434 sólo fue superada por la accesión CIAT 18744, con rendimientos acumulados de dos años de 8.2 y 9.8 t MS/ha, respectivamente (CIAT, 1990).

La calidad de esta leguminosa en términos de PC de la hoja y de la DIVMS está alrededor de 17% y de 62%, respectivamente, pudiendo variar esta última en función de la estación del año encontrándose valores de 28% en la época seca y de 60% en la época húmeda (Lascano y Thomas, 1988). En este sentido, en el estudio realizado por Roig (1989), esta leguminosa se encontró entre las accesiones promisorias para el ecosistema de Bosque tropical lluvioso por su altos valores de digestibilidad y altos contenidos de proteína cruda, a pesar de presentar un bajo rendimiento de materia seca. Por su parte, Hurtado (1988) y Van Heurck (1990),

reportan valores de 51 y 53% para la DIVMS, y de 10.1 y 12% para el contenido de PC, respectivamente, para el forraje proveniente de una asociación con estrella.

Arachis pintoï CIAT 17434 se considera promisorio, tanto por su capacidad de asociarse con gramíneas agresivas como las *Brachiarias* y la estrella africana, como por las altas respuestas animales obtenidas en este tipo de asociaciones.

En un estudio realizado en Carimagua, Colombia, en el cual se evaluaron cuatro asociaciones gramínea-leguminosa (*A. gayanus* cv Carimagua con *S. capitata* cv Capica o *C. acutifolium* cv. Vichada, y *B. dictyoneura* CIAT 6133 con *D. ovalifolium* CIAT 3788 o *A. pintoï* CIAT 17434) durante 4 años, el *A. pintoï* fue la única leguminosa que mostró un comportamiento sobresaliente, a pesar de haber sido afectada por un exceso de precipitación en la época húmeda y por un severo ataque de *Rhizoctonia* en la época seca, durante el año de establecimiento. En el periodo de evaluación bajo pastoreo, la asociación *B. dictyoneura/A. pintoï* tuvo un comportamiento destacado. El ganado aumentó más de 630 gr por día y la proporción de la leguminosa se incrementó hasta un 35% de la biomasa (CIAT, 1990).

Estudios realizados en Colombia y Costa Rica, indican que esta leguminosa es afectada por el manejo del pastoreo. De esta forma, su proporción en la pastura ha aumentado

cuando se han utilizado cargas altas o pastoreos frecuentes (CIAT, 1990; CIAT, 1991). Lascano (1991), plantea que los atributos de persistencia de esta leguminosa y el sistema de pastoreo utilizado, pueden contribuir a su dominancia en la pastura.

2.5 Producción de leche con base en asociaciones gramínea-leguminosa

El beneficio de las pasturas asociadas de gramíneas y leguminosas se ha demostrado mayormente en términos de ganancia de peso vivo, en cambio, es limitada la información existente sobre la contribución de las leguminosas en la producción de leche.

Van Heurck (1990), en un experimento realizado en Turrialba (Costa Rica), encontró que el *Arachis pintoi* asociado con Estrella africana tuvo un efecto positivo sobre la calidad del forraje, mejoría que se vió reflejada en una mayor producción de leche (8.8 kg/vaca/día en la asociación vs 7.7 kg/vaca/día con la gramínea sola). Por su parte, Stobbs (1976), plantea que la máxima producción diaria de leche que se puede obtener de vacas pastoreando gramíneas fertilizadas es similar a la de vacas que pastorean asociaciones gramínea-leguminosa (8-9 kg/vaca/día para razas pequeñas y 12-14 kg/vaca/día, para razas grandes).

Esta mejoría en la producción es debida, principalmente, a un mayor incremento en el consumo de leguminosas que de gramíneas (Gibb y Treacher, 1976) así como a una mayor eficiencia en la utilización de la energía metabolizable (Evans, 1982). Otro atributo importante de las leguminosas es una menor tasa de disminución de la digestibilidad con la madurez y un mayor contenido de minerales, con excepción del sodio, en comparación con las gramíneas (Evans, 1982).

Minson y Milford (1967) mostraron que la declinación de la digestibilidad con la edad, fue más rápida en las gramíneas que en las leguminosas tropicales, las cuales la mantienen relativamente alta aún cuando están maduras. En un estudio con pasto pangola, *Sorghum almun* y Siratro, estos mismos autores encontraron que la tasa de caída en el porcentaje de energía digestible con la madurez fue menor en Siratro que en las dos gramíneas, presentándose un nivel más alto de consumo diario de energía digestible en el caso de la leguminosa.

En un experimento realizado en Quilichao (Colombia), en el cual se evaluó durante tres años el efecto de dos leguminosas adaptadas a suelos ácidos (*C. acutifolium* y *C. macrocarpum*) asociadas con *A. gayanus* o *B. dictyoneura*, sobre la producción de leche, se encontró que la producción de leche de vacas Holstein fue sistemáticamente mayor en la pastura de *B. dictyoneura* asociada con leguminosa, en

comparación con la gramínea sola; siendo la ventaja del orden del 16% en la época de lluvia y del 40% en la época seca. En el caso de la pastura de *A. gayanus*, hubo una tendencia a una mayor producción (1 kg/día) en las pasturas que incluían las leguminosas (CIAT, 1991).

En este mismo ensayo, se evaluó la producción de leche, durante dos periodos (lluvioso y transición lluvia/sequía) con vacas de bajo potencial genético (cruces Cebú x europeo) agrupadas con vacas de mayor potencial genético (alto mestizaje Holstein). Los resultados muestran que las vacas Holstein produjeron en promedio un 15% más de leche en las pasturas asociadas. En contraste, los cruces con Cebú sólo produjeron un 8% más de leche en las pasturas que incluían la leguminosa. Lo anterior demuestra la interacción existente entre el potencial genético y la capacidad productiva de las pasturas.

2.6 Componentes de la leche

Desde hace varios años, la industria lechera ha establecido precios diferenciales en la leche de acuerdo a su composición, principalmente, a su contenido de grasa, proteína o de sólidos totales. De ahí que desde el punto de vista productivo, para clasificar a un animal como buen productor, se debe tener en cuenta la composición química de

la leche. La corrección de la cantidad de leche debido a su contenido de grasa, proteína o sólidos totales es el indicador más adecuado cuando se comparan registros productivos de animales que difieren en la composición química de la leche (García y Ponce, 1988).

Los principales factores que afectan la composición de la leche son de tipo fisiológico, nutricional, sanitario, genético, ambiental y de manejo (Carnevali y Chicco, 1973). Estos mismos autores, refiriéndose al efecto de la nutrición, plantean que la composición de la leche puede modificarse, hasta cierto punto, según sea el régimen alimenticio.

El efecto de la dieta sobre la proteína de la leche, se manifiesta cuando la alimentación es escasa en proteínas o en energía, reduciéndose el contenido de sólidos no grasos, principalmente a expensas de la producción de proteína (Carnevali y Chicco, 1973; Maglierina, 1976). García-López y Crespo (1983), reportan que la proteína láctea de vacas pastoreando Pangola, fue menor durante la época seca debido a un mayor consumo de material fibroso y por consiguiente, bajos consumos de energía digestible.

En cuanto al contenido de grasa de la leche, una dieta baja en energía provoca una disminución en la producción de leche y un aumento en la concentración de grasa; sin

embargo, este aumento es obtenido a expensas de las reservas corporales del animal (Carnevali y Chicco, 1973).

En condiciones de pastoreo, la producción y composición química de la leche dependerá, en gran medida, del consumo y de la calidad nutritiva de los pastos. Así, García-López y Crespo (1983), trabajando con vacas pastoreando Pangola, con cargas de 4.2 vacas/ha encontraron porcentajes de grasa y sólidos totales superiores al ser comparadas con cargas de 3.2 y 5 vacas/ha, debido a que con esta carga se obtuvo un rebrote de pasto más uniforme y de mejor calidad nutritiva.

García y Ponce (1988), señalan que el pastoreo de variedades más palatables y de mejor calidad, como es el caso de las gramíneas asociadas con leguminosas, producen incrementos en proteína y grasa de la leche hasta de 38 y 33%, respectivamente. Sin embargo, en el estudio realizado por Van Heurck (1990) los contenidos de grasa y proteína lácteos, no difirieron para los tratamientos de gramínea pura o asociada con leguminosas.

Resultados similares fueron reportados por Lascano y Avila (1991), quienes indican que los contenidos de grasa y sólidos no grasos en la leche de vacas Holstein y cruzadas son similares tanto en las gramíneas puras como en las asociación de éstas con leguminosas. No obstante, se detectaron niveles más altos de urea en la leche de vacas que

pastoreaban asociaciones gramínea-leguminosa. Esto podría indicar que la energía proveniente de la gramínea fue insuficiente para equilibrar en el rumen un mayor nivel de amonio proveniente de la leguminosa. En general, un alto contenido de urea en la leche (25-50 mg/dl de suero) se ha relacionado con una sobrealimentación de proteína o con un desequilibrio de energía-proteína en la dieta (CIAT, 1991).

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

El presente experimento se llevó a cabo en la Finca Experimental de Ganadería Tropical del CATIE en Turrialba, Costa Rica, durante los meses de Mayo de 1991 a Julio de 1992.

Turrialba está situado a 639 m.s.n.m., entre los 9^º 53' latitud norte y 83^º 38' longitud oeste y corresponde a la zona de vida de bosque Húmedo Premontano Tropical (Holdridge, 1978). La precipitación media anual en Turrialba es de 2636 mm; el período de menor precipitación ocurre entre los meses de Marzo y Abril, pero aún en estos meses llueve al menos 100 mm/mes. La temperatura media anual es de 22.3 °C, la humedad relativa promedio anual es de 87.7% y el promedio de radiación solar es de 417.7 cal/cm²/d.

En la Figura 1 se presentan las características climáticas de precipitación, temperatura promedio máxima y mínima durante los meses de mayo de 1991 a julio de 1992, además de la precipitación promedio mensual de la zona en los últimos 50 años.

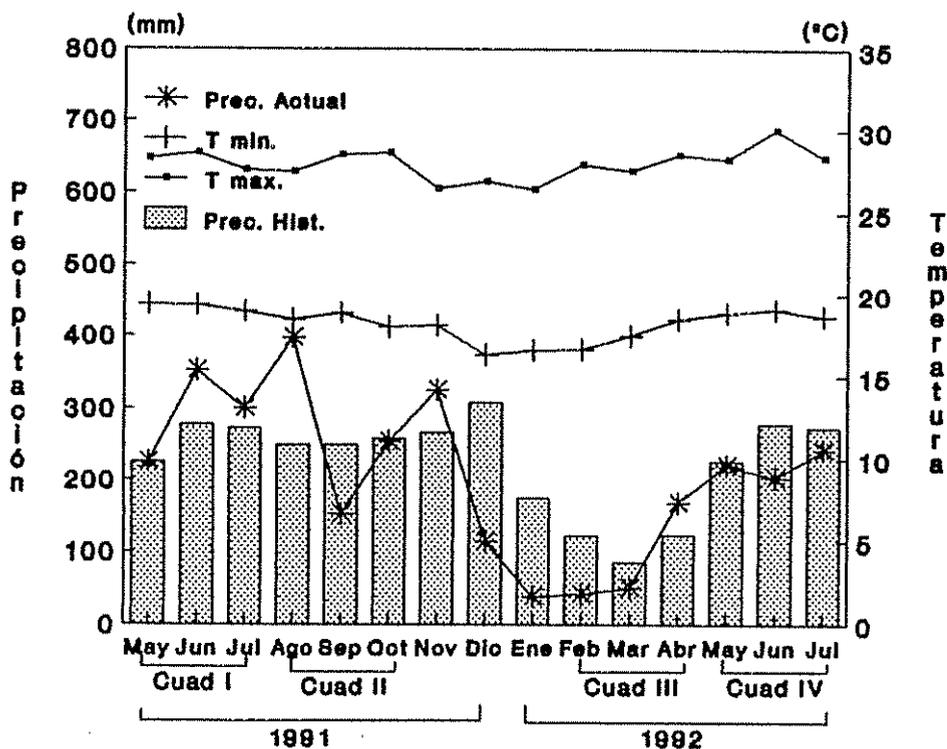


Figura 1. Condiciones climáticas durante la fase experimental y precipitación promedio de 50 años en la zona.

3.2 Manejo General del Ensayo

El área donde se realizó el experimento tiene una extensión de 1.9 hectáreas, en las cuales se encuentran potreros de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), sola y asociada a las leguminosas *Arachis pintoii* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Las leguminosas fueron sembradas en franjas en Noviembre de 1986. A partir de esta fecha hasta Septiembre de 1988, se determinó la dinámica poblacional de estas especies utilizando novillas de lechería como cosechadoras (Hurtado, 1988), realizándose posteriormente (Noviembre de 1989 hasta Agosto de 1990), un estudio preliminar sobre la capacidad de estas leguminosas para la producción de leche (Van Heurck, 1990). Hasta el momento de iniciar el presente ensayo, estos potreros habían sido pastoreados por novillas.

La superficie total del área experimental se encuentra subdividida en 16 parcelas (Fig. 2), las cuales se utilizaron bajo un sistema de pastoreo rotacional, con 3 ó 5 días de ocupación y 21 ó 23 días de descanso para los potreros utilizados en los periodos de adaptación y de medición, respectivamente. Entre los meses de noviembre de 1991 y enero de 1992, el pastoreo fue suspendido realizándose un corte de uniformización en cada potrero.

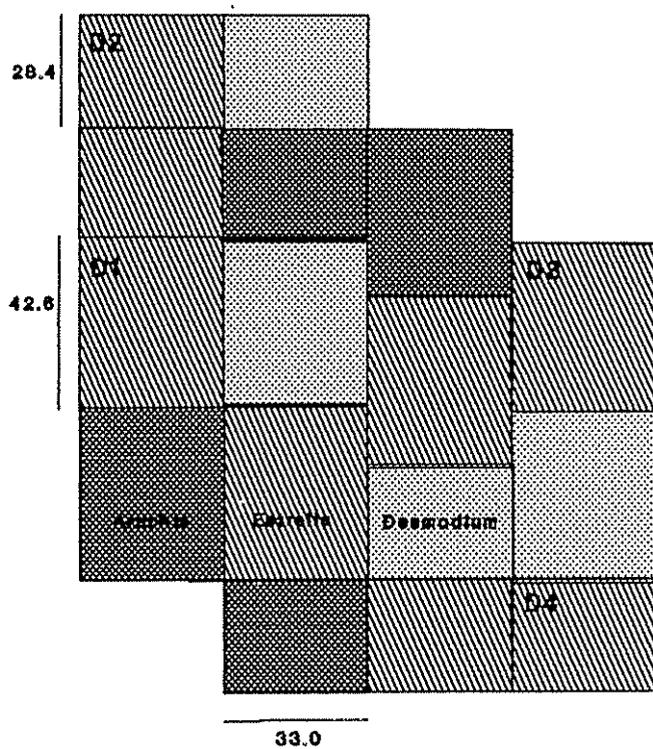


Figura 2. Distribución espacial de los tratamientos

El diseño utilizado para el análisis de los datos fue de Cuadrado Latino Repetido en el Tiempo, para las variables de producción y calidad de la leche, y de Parcelas Divididas en el Espacio y en el Tiempo, para las variables del componente pasto.

3.2.1 Suelos

El suelo del área en estudio corresponde a la Serie Colorado, de orden Inceptisol de origen andesítico (Aguirre, 1971). El terreno es plano, pedregoso, bien drenado y de textura franco-limosa (Hurtado, 1988).

Las características químicas del suelo se presentan a continuación:

Cuadro 1. Características químicas del suelo en el área experimental*

Rep	Prof. (cm)	pH	MO (%)	P (ppm)	Ca	Mg	K	Mn	Zn	Cu
					(meq/100 gr suelo)			(ppm)		
1	10-15	5.28	9.45	16.6	9.6	2.8	0.66	43	5	17
2	10-15	4.78	6.43	20.1	5.6	1.7	0.55	41	5	25

* Valores promedio de cinco muestras analizadas por cada repetición, los que a su vez correspondían a 20 sub-muestras por muestra (Hurtado, 1988).

3.3 Variables Experimentales

Las variables bajo estudio fueron tres tipos de pastura:

- a) Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*): Los potreros de estrella no recibieron ningún tipo de fertilización durante los dos primeros cuadrados de evaluación. En los últimos dos cuadrados los potreros se fertilizaron con 100 kg de N/ha/año en forma fraccionada, al final de cada período de utilización.

- b) Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) asociada con *Arachis pintoii* CIAT 17434.

- c) Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) asociada con *Desmodium ovalifolium* CIAT 350.

3.4 Variables de respuesta

3.4.1 Componente pasto

3.4.1.1 Materia seca ofrecida y residual

La determinación de la materia seca ofrecida y residual, se realizó antes de la entrada de los animales al potrero y después de la salida de los mismos, utilizándose la técnica del "Rendimiento Comparativo" (Haydock y Shaw, 1975). En

cada potrero se seleccionaron cinco puntos de referencia, representativos de las diferentes disponibilidades de forraje, asignándoseles un puntaje (nota) de uno (1) a cinco (5) de acuerdo a la menor o mayor cantidad de forraje presente, respectivamente. En estos puntos se colocó un marco cuadrado de 0.25 m² cortándose y pesándose la fitomasa presente en cada uno de ellos. Estas muestras se denominaron "muestras reales". Previo al corte, se seleccionaron al azar 80 puntos en los cuales se estimó la disponibilidad de forraje, utilizando la escala descrita para las muestras reales. Estas muestras se denominaron "muestras visuales".

De cada muestra real, se tomó una sub-muestra, de aproximadamente 200 gr para la determinación del contenido de materia seca (MS), mediante la utilización de una estufa de aire forzado a 60 °C. Con base en los porcentajes de materia seca y el peso encontrado en base fresca, se estimó la disponibilidad de forraje seco en cada marco de 0.25 m².

Con los puntajes asignados a las muestras reales y las disponibilidades de forraje seco encontradas en dichas muestras, se aplicó un modelo de regresión lineal simple, para posteriormente, con base en la ecuación de regresión y los puntajes asignados a las muestras visuales, estimar la disponibilidad de forraje ofrecido utilizando la siguiente ecuación:

$$Y = \mu + \beta (X' - X)$$

donde:

Y = Producción estimada de materia seca por 0,25 m².

μ = Producción promedio de todas las observaciones reales.

X' = Valor promedio de todas las estimaciones hechas en las observaciones visuales tomadas en cada potrero.

X = Valor promedio de las observaciones visuales correspondientes a cada observación real.

β = Coeficiente de regresión entre observaciones visuales y valores obtenidos para disponibilidad de materia seca en las muestras reales tomadas en cada potrero.

El forraje disponible, antes y después de cada ciclo de pastoreo, también fue evaluado en función de la cantidad de material verde y material inerte presente. Se tomó una muestra de aproximadamente 0.75 kg y en ella se determinó la contribución de cada componente en base seca, luego de la separación manual de los mismos.

3.4.1.2 Composición botánica del forraje disponible

La composición botánica para las pasturas utilizadas en este experimento se determinó utilizando el método del Rango en Peso Seco (t' Mannelje y Haydock, 1963). Esta determinación se realizó antes de la entrada de los animales

al potrero durante todos los períodos de cada cuadrado. Además fue realizada durante los días en que se utilizaron los animales fistulados al esófago para la determinación del Índice de Selección.

El método consiste en utilizar marcos de 0.25 m², los cuales fueron lanzados 80 veces en cada parcela experimental (1,406 m²), definiéndose para cada marco qué especie(s) hace(n) la mayor contribución, en términos de peso seco, a la biomasa total; a esta(s) especie(s) se le(s) asignó el primer lugar. Bajo el mismo criterio se determinó qué especies ocupan el segundo y tercer lugar.

Los datos de las lecturas de los 80 marcos fueron tabulados para obtener la proporción en que cada especie ocupó el primero, segundo y tercer lugar. El cálculo final de la contribución porcentual de cada especie o componente a la biomasa seca total, se hizo sumando los resultados de multiplicar la proporción en que cada especie o componente ocupó el primero, segundo o tercer lugar por las constantes 70.2, 21.1 y 8.7 por ciento, respectivamente.

Los componentes considerados en la determinación de la composición botánica fueron los siguientes:

- a.- Estrella africana
- b.- Leguminosa establecida
- c.- Pasto Natural
- d.- Malezas

3.4.1.3 Calidad del forraje en oferta

Para la determinación de la calidad del forraje total, del material verde y del material inerte ofrecidos, se prepararon muestras, de aproximadamente 100 g en base seca, a partir de la submuestra correspondiente a la nota más frecuente obtenida en la determinación de disponibilidad (muestras visuales) y de las muestras resultantes de la separación manual de cada componente realizada durante cada muestreo.

Todas las muestras que se utilizaron para los análisis de calidad nutritiva fueron molidas en un molino Willey, utilizando una malla con poros de 1 mm de diámetro.

Los parámetros de calidad nutritiva que se evaluaron fueron: a) proteína cruda (PC) por el método de micro-Kjeldahl (Bateman, 1970) y b) digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) por el método de Tilley y Terry (1963) el cual ha sido modificado reduciéndose la fase digestión con pepsina ácida a 24 hrs.

Estos mismos parámetros se determinaron en muestras tomadas simulando el pastoreo, con el objetivo de relacionarlos con los obtenidos en las muestras cortadas para determinaciones de disponibilidad de materia seca y de la extrusa de los animales fistulados al esófago.

Además de los parámetros de calidad antes mencionados, se realizó la caracterización del Estrella, del Arachis y del Desmodium, en función de su degradabilidad *in situ* (Orskov et al, 1980) así como la caracterización de las leguminosas en función de sus fracciones nitrogenadas.

Las muestras utilizadas para esta caracterización fueron tomadas cuando el pasto tenía 28 días de rebrote, edad correspondiente a la edad de rebrote de las pasturas al momento del pastoreo. Para la obtención del material a analizar se prepararon muestras compuestas a partir del material colectado en cada uno de los dos potreros utilizados en la evaluación de cada pastura, realizando luego una separación manual de las leguminosas.

3.4.1.3.1 Determinación de la degradabilidad ruminal

Para determinar la degradación ruminal de la materia seca de los pastos evaluados (Estrella fertilizada, *A. pintoi* y *D. ovalifolium*), se colectaron muestras en los potreros de evaluación cuando el pasto tenía 28 días de rebrote.

Las muestras fueron secadas en un horno con aire forzado caliente a 65 °C, durante 72 hrs. y molidas en un molino Willey utilizando una malla de 2 mm de diámetro.

Para realizar estas determinaciones se utilizaron tres animales fistulados al rumen, en los cuales se colocaron bolsas de dacrón de manera escalonada en el tiempo, según los tiempos de incubación definidos, siendo retiradas todas en el mismo momento. Los tiempos de incubación ruminal utilizados fueron: 0, 2, 4, 6, 12, 18, 24, 48 y 72 h y en cada tiempo se introdujo una muestra de cada forraje en cada animal.

Se utilizaron bolsas de dacrón de 9 cm de ancho por 15 cm de largo en las cuales se colocaron 5.0 gr de muestra, y se introdujeron en el saco ventral del rumen de cada animal fistulado, amarradas a una cadena de acero inoxidable. Transcurridas 72 h desde que se colocaron las primeras bolsas se extrajo la cadena con todas las bolsas sujetas a ella, realizando un lavado preliminar con agua potable, volviéndose a lavar posteriormente, en una lavadora automática durante 20 minutos hasta que el agua no presentó coloración. Luego se dejaron secar, en un horno a 65 °C, durante 72 h; se enfriaron en un desecador y se pesaron.

El cálculo de la degradabilidad para cada tiempo de incubación, se hizo mediante la siguiente fórmula:

$$DMS = \frac{MSi - MSr}{MSi} \times 100$$

donde:

DMS = Degradabilidad de la Materia Seca (%)

MSi = Materia seca inicial (gr)

MSr = Materia seca residual (gr)

La degradabilidad ruminal acumulativa en función del tiempo, se definió por la ecuación descrita por Orskov, Hovell y Mould (1980):

$$Y = A + B (1 - e^{-ct})$$

donde:

Y = Degradabilidad ruminal (%)

A = Intercepto de la curva de degradación en tiempo cero. Representa el componente del alimento que es soluble en el licor ruminal, también conocido como Degradabilidad Inicial (en %).

B = Degradabilidad de la fracción potencialmente disponible del alimento, la cual se degradará cuando el tiempo no sea limitado (en %).

C = Constante para la tasa de degradación.

t = Tiempo de incubación en el rumen (hrs).

e = Base de los logaritmos naturales.

3.4.2 Componente Animal

3.4.2.1 Selectividad de los animales por los diferentes componentes de la pastura.

Para determinar el grado de selectividad de los animales por los diferentes componentes de la pastura, así como la calidad del material consumido y el efecto de época sobre estos dos aspectos, se utilizaron animales fistulados al esófago durante el primer período del cuadrado III (época seca) y el segundo período del cuadrado IV (época lluviosa). Dos de estos animales, con ayuno previo de 6-8 horas, se introdujeron por 20 minutos a cada pastura (tratamiento) en el primero, tercero y quinto día de ocupación del potrero utilizado en la fase de medición.

Cada muestra de extrusa fue dividida en dos submuestras, una para evaluación de calidad, en términos de PC y DIVMS; y otra para identificar la presencia de gramíneas y leguminosas en el material ingerido. Esta última se realizó mediante la utilización de un estereoscopio en el cual se leyeron 180-200 puntos siguiendo la técnica descrita por Heady y Torrel (1959), determinándose la proporción de hojas y tallos de estrella y leguminosa, de material inerte y de otras gramíneas presentes en la dieta seleccionada.

Con base en los datos de composición botánica de la pastura y de la presencia de gramíneas y leguminosas en el

material consumido, se calculó el Índice de Selección para cada componente, mediante la siguiente fórmula:

$$IS = \frac{\text{Frec. de presencia del componente en la extrusa}}{\text{Frec. de presencia del componente en la pastura}}$$

3.4.2.2 Consumo

La determinación del consumo de vacas en pastoreo se realizó durante el cuarto cuadrado de evaluación.

La estimación del consumo se efectuó mediante la administración de 10 gr de Cr_2O_3 por día (5 gr por la mañana y 5 por la tarde) durante los diez días de evaluación de cada período, los cuales incluyeron cinco días de adaptación y cinco de recolección de heces dos veces diarias.

Las muestras de heces colectadas en cada periodo, fueron congeladas para su posterior análisis en el laboratorio.

La relación entre la dosis diaria de marcador y su concentración promedio en las heces, permitió estimar la producción fecal diaria.

$$\text{kg de heces/día} = \frac{\text{g de marcador/día (dosis)}}{\text{g de marcador en heces/día}} \times 100$$

Con los datos de producción de heces y los de digestibilidad de la materia seca del material seleccionado por animales fistulados al esófago, se calculó el consumo diario por animal mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo/día} = \frac{\text{Producción de heces diaria}}{100 - \text{Digestibilidad}} \times 100$$

3.4.2.3 Producción y Calidad de leche

Para medir la producción y calidad de la leche obtenida en las parcelas experimentales, se asignaron al azar, 2 vacas de las razas Jersey, Criollo o de los cruces Jersey x Criollo, a cada secuencia de tratamientos (hileras del cuadrado), las cuales fueron reemplazadas al final de cada cuadrado. Estas vacas se seleccionaron del hato del CATIE, con base en el número de partos, producciones de leche actuales y en lactancias anteriores y estado de lactación entre los 45 y 60 días.

El manejo de los animales fue el siguiente:

-. Antes de iniciar cada cuadrado los animales fueron tratados contra parásitos externos e internos.

- . En cada período, se midió la producción de leche, tanto en el ordeño de la mañana como en el de la tarde, durante el segundo, tercero y cuarto día de permanencia de los animales en cada uno de los potreros de medición.

- . Durante los días en que se midió producción de leche, se tomaron muestras de la misma, a cada una de las vacas, durante el ordeño de la mañana y de la tarde, para luego preparar una muestra compuesta, tomando alícuotas de acuerdo a la producción de leche, tanto en cada uno de los ordeños, como en cada uno de los tres días de medición de cada potrero. Estas muestras se utilizaron para analizar los contenidos de proteína (por el método del formol), grasa (por el método de Babcock), sólidos totales por el método gravimétrico, (Bateman, 1970) y la concentración de urea (Sigma, 1985).

3.4.2.3.1 Determinación de Urea en Leche

Adicionalmente a los análisis regulares de calidad de leche (proteína, grasa y sólidos totales), se determinó el contenido de urea en leche por el método de Sigma (1985). Este método se basa en la reacción del amonio, obtenido a partir de la hidrólisis de la urea presente en el suero de la leche, con hipoclorito alcalino y fenol, en presencia de nitroprusiato de sodio, como catalizador, para formar

indofenol. La concentración de amonio es proporcional a la absorbancia del indofenol, la cual es leída a 570 nm en un espectrofotómetro.

Para la determinación de la concentración de urea en el suero de la leche, se utilizó el Kit No. 640 de Sigma Chemical¹, siguiendo el procedimiento que se describe a continuación:

Se separó el suero de cada muestra de leche mediante la adición, a cada una de ellas, de 2 ml de una solución preparada a partir de la disolución de la cuarta parte de una pastilla de cuajo (125 mg) en 40 ml de agua destilada, dejando reposar por 4-6 h hasta la separación total del suero que luego fue filtrado con papel Whatman No. 40.

Una vez obtenido el suero, se determinó en él su contenido de urea, siguiendo la metodología propuesta por Sigma (1985) para la determinación de urea en sangre. Dado que en el suero de la leche se encuentran diferentes cantidades de nitrógeno en forma de amonio, se preparó, además del blanco de rutina para el análisis de urea, un blanco por cada muestra de suero, a los cuales no se les adicionó la solución de ureasa, de tal forma que la lectura obtenida correspondió a la cantidad de nitrógeno amoniacal presente en la leche antes de la hidrólisis de la urea. La

¹/Sigma Chemical Company. St. Louis, Mo. U.S.A.

lectura de cada blanco fue restada a la lectura de urea de la muestra correspondiente para determinar así, sólo la cantidad de nitrógeno amoniacal proveniente de la urea y no de otros compuestos no protéicos siempre presentes en la leche.

3.5 Análisis de la Información

3.5.1 Mediciones en la pastura

El diseño experimental para el componente pasto fue el de Parcelas Divididas en el Espacio y en el Tiempo, con dos repeticiones (Steel y Torrie, 1985).

Los tratamientos (diferentes pasturas), constituyeron las parcelas, los cuadrados las sub-parcelas y los periodos dentro de cuadrados, las sub-subparcelas.

Las variables analizadas mediante este diseño fueron: composición botánica, disponibilidad de la materia seca ofrecida y residual (con sus componentes materia seca total, verde e inerte) y calidad (por componentes) del forraje ofrecido.

El modelo estadístico para el análisis de la información fue el siguiente:

$$Y_{ijk1} = \mu + B_i + T_j + \alpha_{ij} + C_k + CT_{jk} + \beta_{kj} + P(C)_{k1} + TP(C)_{jk1} + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk1}	= Cualquier variable de respuesta estudiada
μ	= Media general
B_i	= Efecto del i-ésimo bloque
T_j	= Efecto del j-ésimo tratamiento
α_{ij}	= Error asociado a las parcelas principales
C_k	= Efecto del k-ésimo cuadrado
CT_{jk}	= Efecto de la interacción del k-ésimo cuadrado por el j-ésimo tratamiento
β_{kj}	= Error asociado a las subparcelas
$P(C)_{k1}$	= Efecto del l-ésimo período dentro del k-ésimo cuadrado
$TP(C)_{jk1}$	= Efecto de la interacción del j-ésimo tratamiento por el l-ésimo período dentro del k-ésimo cuadrado
E_{ijk}	= Error asociado a las sub-subparcelas (error experimental)

3.5.2 Degradabilidad acumulativa en el tiempo

Los parámetros de la degradabilidad acumulativa en el tiempo se analizaron mediante un diseño de Parcelas Divididas, con dos repeticiones, en el cual los animales constituyeron la parcela grande y los tratamientos (pastos), las subparcelas.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + A_j + \alpha_{ij} + T_k + AT_{jk} + E_{ijk}$$

donde:

- Y_{ijk} = Cualquier parámetro estudiado
- μ = Media general
- R_i = Efecto de la i -ésima repetición
- A_j = Efecto del j -ésimo animal
- α_{ij} = Error asociado a las parcelas principales
- T_k = Efecto del k -ésimo Tratamiento
- AT_{jk} = Efecto de la interacción del k -ésimo animal por el j -ésimo tratamiento
- E_{ijk} = Error asociado a las sub-subparcelas (error experimental)

3.5.3 Selectividad

El diseño experimental utilizado para el análisis de calidad y composición botánica del material seleccionado por los animales fistulados al esófago fue también el de Parcelas Divididas, con dos repeticiones, en el cual los tratamientos (pasturas) constituyeron las parcelas grandes y los días de muestreo, las subparcelas.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + T_j + \alpha_{ij} + D_k + DT_{jk} + E_{ijk} + e_{ijk}$$

donde:

Y_{ijklk}	=	Cualquier variable de respuesta estudiada
μ	=	Media general
R_i	=	Efecto de la i-ésima repetición
T_j	=	Efecto del j-ésimo tratamiento
α_{ij}	=	Error asociado a las parcelas principales
D_k	=	Efecto del k-ésimo Día
DT_{jk}	=	Efecto de la interacción del k-ésimo día por el el j-ésimo tratamiento
E_{ijklk}	=	Error asociado a las sub-subparcelas (error experimental)
e_{ijklk}	=	Error muestral (variabilidad asociada a animales)

3.5.4 Consumo de materia seca y Producción y Composición Química de la Leche

El análisis estadístico de los resultados para las variables de producción de leche y sus constituyentes (grasa, proteína, sólidos totales y urea), así como el consumo de materia seca, se realizó mediante un diseño de Cuadrado Latino con tres tratamientos, tres períodos y repetido en el tiempo cuatro, dos y una vez, respectivamente. En cada cuadrado, las vacas constituyeron las columnas y los períodos las filas. Cada par de vacas rotó por todos los tratamientos, obteniéndose entonces 6 repeticiones por tratamiento, en cada cuadrado.

Cada período tuvo una duración de 26 días, incluyendo una fase de adaptación a la pastura de 6 días y un período de medición de 10 días. En los 10 días restantes, los animales

estuvieron en un potrero común el cual contenía pasto estrella y natural.

La duración de cada cuadrado fue de 78 días y la del experimento de 312 días.

En el caso de las variables de producción de leche y sus constituyentes, inicialmente se habían introducido en el modelo las fuentes de variación raza, número de parto y días de lactancia de las vacas al momento de ingresar al experimento. Sin embargo, fueron eliminadas del análisis debido a que no resultaron significativas. Se exceptúa la variable producción de leche, para la cual la fuente de variación número de parto tuvo un nivel de probabilidad altamente significativo ($P < 0.0009$).

El modelo estadístico para el análisis de la información fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + C_i + T_j + P(C)_{ik} + V(C)_{il} + TC_{ij} + E_{ijk} + e_{ijkl}$$

donde:

- Y_{ijkl} = Cualquier variable de respuesta estudiada.
- μ = Media General
- C_i = Efecto del i -ésimo cuadrado
- T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento
- $P(C)_{ik}$ = Efecto del k -ésimo periodo dentro del i -ésimo cuadrado
- $V(C)_{il}$ = Efecto de la l -ésima vaca dentro del i -ésimo cuadrado
- TC_{ij} = Efecto de interacción del i -ésimo cuadrado por el j -ésimo tratamiento
- E_{ijkl} = Error experimental
- e_{ijkl} = Error muestral

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Evaluaciones en la pastura

4.1.1 Disponibilidad de la biomasa total

Las leguminosas favorecieron de forma importante la producción de biomasa total, ofrecida y residual. En el Cuadro 2 se muestra cómo la producción de materia seca no mostró diferencias importantes entre las pasturas que incluyeron leguminosas, pero sí entre éstas y la pastura de estrella como monocultivo.

Cuadro 2. Disponibilidad de biomasa total ofrecida y residual (kg MS ha⁻¹) en los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamientos	M.S. Ofrecida	M.S. Residual
Estrella	3501 ^b	2633 ^b
Estrella + Arachis	3964 ^a	3226 ^a
Estrella + Desmodium	3967 ^a	3359 ^a
Error estándar	86	138

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel (P<0.05) según la prueba de Duncan.

Estos resultados coinciden con los obtenidos en diferentes trabajos en los cuales la producción de materia seca total fue superior en las pasturas que contenían leguminosas que en las de gramíneas en monocultivo, y concuerdan en que en pasturas asociadas, las leguminosas

aumentan la oferta de forraje para los animales en pastoreo (t'Mannetje et al, 1980; Hurtado, 1988; Seiffert y Zimmer, 1988; CIAT, 1990; Van Heurck, 1990).

En cuanto a la variación en el tiempo de la disponibilidad de materia seca total, ofrecida y rechazada, los análisis de varianza mostraron que hubo diferencias importantes entre cuadrados, periodos dentro de cuadrados y tratamiento por cuadrado (Cuadro 1A).

En el análisis de medias para la disponibilidad de la biomasa total, ofrecida y residual, por cuadrado (Cuadro 3), se observó que en ambos casos la mayor disponibilidad se presentó en el cuadrado I para luego descender en los cuadrados II y III, y aumentar posteriormente en el cuadrado IV. Estas variaciones responden al patrón de precipitación ocurrido durante la fase de evaluación (Figura 1) coincidiendo la mayor y menor disponibilidad, en todos los tratamientos, con los periodos de máxima y mínima precipitación, respectivamente.

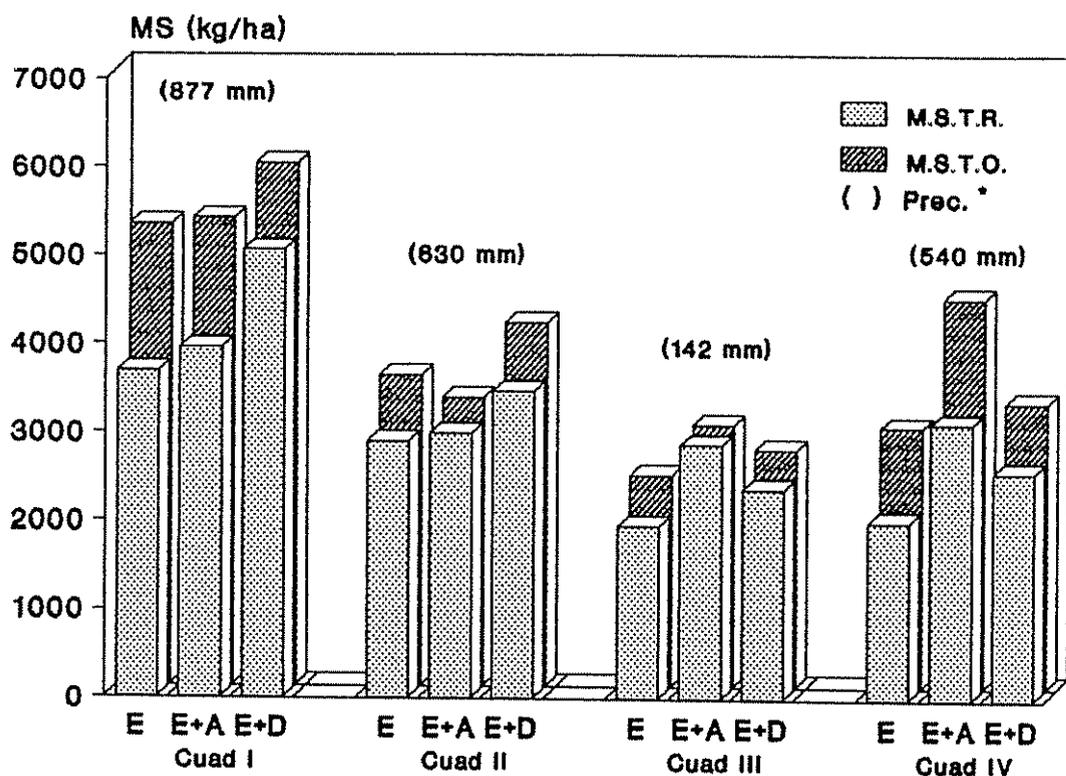
La respuesta de cada tratamiento a las condiciones de precipitación presentadas en los diferentes cuadrados (Cuadros 1A y 2A), difirió significativamente para materia seca total ofrecida ($P < 0.01$) y residual ($P < 0.02$). En la Figura 3, se puede observar que durante los meses de Mayo a

Cuadro 3. Disponibilidad de biomasa total (kg MS ha⁻¹) por cuadrados para materia seca ofrecida y residual

	M.S. Ofrecida	M.S. Residual
Cuadrado I	5456 ^a	4225 ^a
Cuadrado II	3613 ^b	3115 ^b
Cuadrado III	2668 ^c	2391 ^c
Cuadrado IV	3507 ^b	2559 ^c
Error estándar	125	118

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel (P<0.05) según la prueba de Duncan.

Octubre de 1991 (cuadrados I y II, sin limitaciones de precipitación), las medias de disponibilidad por tratamiento y cuadrado para la pasturas de Estrella sola y asociada con *A. pintoi*, fueron similares entre ellas e inferiores a las de la asociación Estrella-*D. ovalifolium*. Sin embargo, durante el periodo comprendido entre febrero y julio de 1992 (Cuadrados III y IV, periodo seco e inicio del periodo lluvioso, respectivamente), la mayor disponibilidad se presentó en la asociación Estrella-*A. pintoi*, siendo la pastura que tuvo la mayor recuperación una vez iniciado el periodo de lluvias. La pastura de estrella asociado con *D. ovalifolium* presentó valores intermedios mientras que la de estrella en monocultivo presentó los valores más bajos a pesar de la fertilización aplicada en estos dos cuadrados. Estos resultados nos indican que el nitrógeno aportado por las leguminosas, en especial el *A. pintoi*, es utilizado más



* (): Precipitación acumulada durante cada cuadrado.

Figura 3. Disponibilidad de la materia seca total ofrecida (MSTO) y rechazada (MSTR) en función de época (cuadrado) y tratamientos.

eficientemente por la pastura, sobre todo durante la época seca, al compararse con el nitrógeno aplicado en forma química.

Por otro lado, estos resultados difieren de los encontrados por Van Heurck (1990), trabajando con las mismas asociaciones, la cual reporta mayores disponibilidades para la asociación de Estrella con *D. ovalifolium*, independientemente de la época.

Estas diferencias posiblemente se debieron a que la época seca en el año 1990 fue menos drástica y la precipitación mejor distribuida en comparación con el periodo seco del año 1992, en el cual las condiciones de sequía fueron superiores y con periodos hasta de 20 días con ninguna precipitación (Cuadro 26A), pudiéndose considerar anormales en comparación con los patrones de lluvia promedio de 50 años de la zona (Figura 1).

4.1.2 Material verde y material inerte

Es aceptado que debido a los cambios que ocurren en las características de las pasturas durante las diferentes épocas del año y a la selección del material de mejor calidad ejercida por el animal, no necesariamente existe relación entre la disponibilidad de materia seca total en la pastura y

la producción animal. En este sentido, las variaciones en la relación *material verde:material inerte*, se relacionan mejor con las variaciones en el consumo de materia seca realizado por el animal (CIAT, 1983; Hodgson, 1982).

En el análisis de medias de los porcentajes de material verde e inerte ofrecidos y rechazados, se encontró que no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, debido a los pocos grados de libertad para esta fuente de variación (Cuadro 1A). No obstante, las pasturas que incluyeron leguminosas tendieron a presentar mayores valores de material verde y menores de material inerte ofrecidos, en comparación con la pastura de estrella en monocultivo. Estas diferencias entre tratamientos no se encontraron en el material verde e inerte rechazado, cuyos porcentajes fueron muy similares entre las diferentes pasturas (Cuadros 4 y 5A). Sin embargo es claro que los animales tendieron a seleccionar a favor del material verde, a juzgar por la mayor proporción de material inerte en el forraje residual.

En cuanto a las variaciones en el tiempo, la relación entre la materia verde y la materia inerte también presentó variaciones debido a las condiciones de precipitación presentadas a lo largo del experimento. En el Cuadro 5 se muestra como a medida que avanzó la época seca (cuadrado III), la materia muerta se incrementó a través de los ciclos

Cuadro 4. Porcentajes promedio del material verde e inerte ofrecido y residual para las diferentes pasturas evaluadas.

Tratamiento	Ofrecido		Residual	
	M.V.	M.I.	M.V.	M.I.
Estrella	79.2 ^a	20.8 ^a	67.7 ^a	32.3 ^a
Estrella + Arachis	85.0 ^a	15.0 ^a	67.5 ^a	32.5 ^a
Estrella + Desmodium	84.6 ^a	15.4 ^a	69.8 ^a	30.2 ^a
Error estándar	1.7	1.6	2.4	2.4

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel ($P < 0.05$) según la prueba de Duncan.

Cuadro 5. Porcentajes promedio del material verde e inerte ofrecido y residual por período dentro de cuadrado

Cuadrado	Período	Ofrecido		Residual	
		M.V.	M.I.	M.V.	M.I.
III	1	85.8	14.2	73.0	27.0
	2	82.8	17.2	67.8	32.2
	3	72.2	27.8	63.3	36.7
IV	1	86.8	13.2	66.0	34.0
	2	85.7	14.5	69.7	30.3
	3	84.2	15.8	70.2	29.8
Error estándar		1.5	1.4	2.9	2.9

de pastoreo desde 14% en el primer periodo, hasta 28% en el tercer periodo, dando lugar a una disminución en los porcentajes de materia verde. Cuando se inició el periodo lluvioso (primer periodo del cuadrado IV), el porcentaje de material muerto disminuyó considerablemente (13%) posiblemente debido a un incremento en las tasas de crecimiento de los pastos, lo cual produjo incrementos en la cantidad de materia verde seca y en la materia seca total como se mostró en el Cuadro 3. En los siguientes ciclos de pastoreo, la tendencia fue a aumentar los porcentajes de material inerte ofrecido y de material verde rechazado.

En la Figura 4 se muestran las variaciones en material verde e inerte en los diferentes cuadrados y tratamientos. En este sentido, la pastura que incluyó *A. pintoi* fue la que presentó mejor comportamiento, mostrando además de una mayor producción de materia seca total (Cuadro 2), un mayor porcentaje de materia verde en comparación con las otras pasturas evaluadas.

4.1.3 Composición botánica y disponibilidad de los diferentes componentes de la pradera

Los análisis de varianza para los diferentes componentes de la pradera (Cuadro 9A), mostraron que hubo diferencias significativas entre tratamientos para los componentes

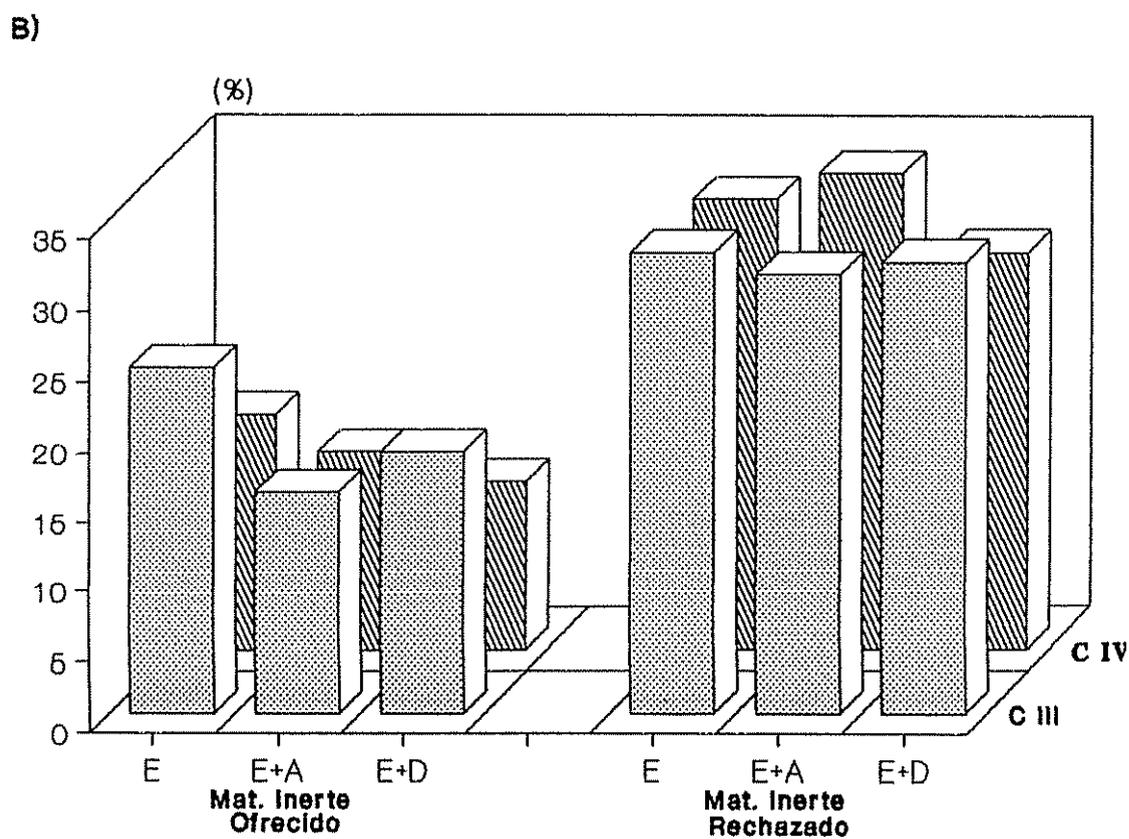
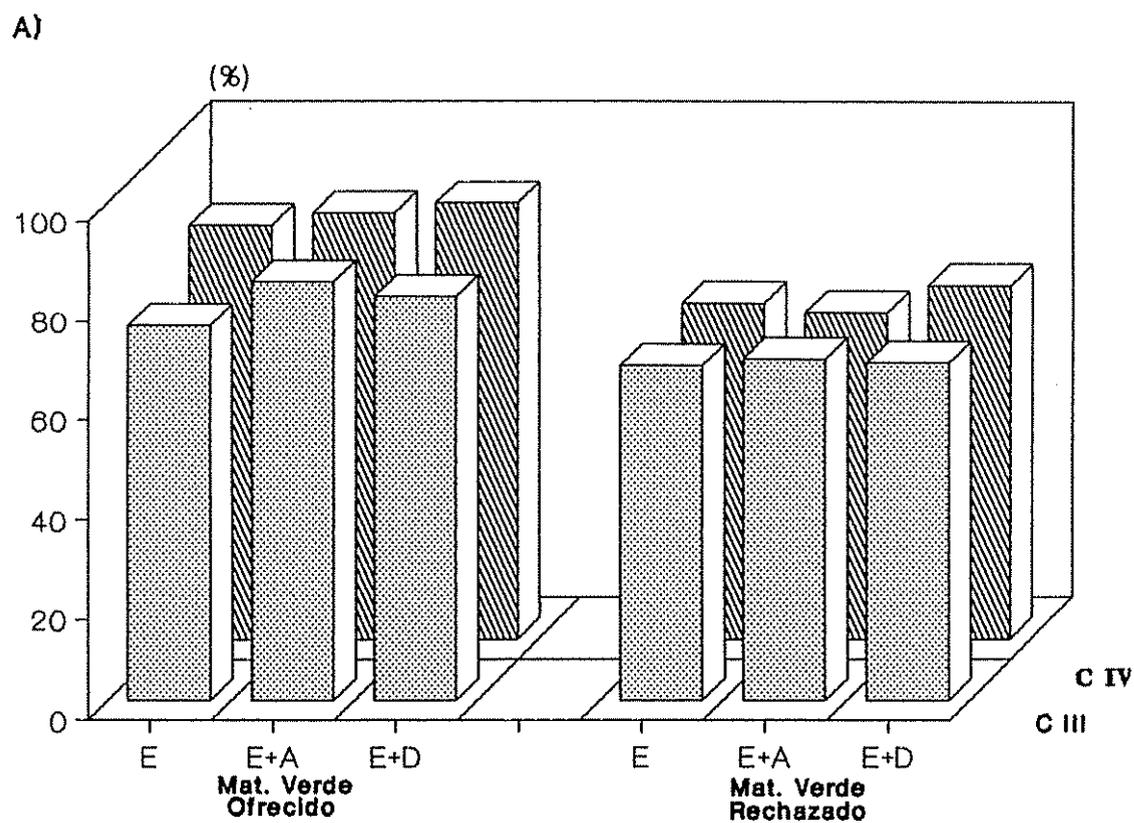


Figura 4. Disponibilidad del material verde (A) e inerte (B) en función de época (cuadrado) y tratamiento.

malezas y pasto natural; entre cuadrados para los componentes leguminosa y pasto natural; y entre tratamiento por cuadrado y período dentro de cuadrado, para todos los componentes excepto el pasto natural.

Respecto a las disponibilidades de cada componente, se encontraron diferencias entre tratamientos para el componente malezas; entre cuadrados y períodos dentro de cuadrados para todos los componentes y entre tratamiento por cuadrado para todos los componentes, excepto para el pasto natural (Cuadro 12A). Las variaciones entre tratamientos para el componente leguminosa no resultaron significativas ($P < 0.2113$) dado que para este análisis, los datos del tratamiento con la gramínea sola no fueron utilizados y las disponibilidades de las leguminosas a lo largo del experimento no difirieron entre si.

En la Figura 5 se muestran las variaciones de los diferentes componentes de acuerdo a las pasturas evaluadas. En ellas se puede observar como la pastura de estrella en monocultivo es insostenible, bajo las condiciones climáticas y de manejo en las que fue evaluada, mostrando los mayores porcentajes y disponibilidades de pasto natural y de malezas. En cambio, en las pasturas que incluyeron leguminosas, no ocurre lo mismo. Así, aunque el porcentaje y la disponibilidad de estrella en estas pasturas muestran valores similares a los presentados por la pastura de estrella en

monocultivo, las leguminosas ocupan el lugar del pasto natural evitando que tanto éste como las malezas invadan la pastura.

4.1.3.1 Contribución del pasto estrella a la biomasa disponible

Como se muestra en el Cuadro 6, el porcentaje promedio del pasto estrella no varió entre los tratamientos evaluados. Sin embargo, a lo largo del experimento, en el tratamiento en monocultivo, la proporción de este componente disminuyó a medida que avanzó el experimento para dar lugar a un incremento del pasto natural. Así, el mayor porcentaje de Estrella se presentó en el primer cuadrado (41%), disminuyendo a 31% en el cuadrado IV.

Cuadro 6. Composición botánica de la pradera en los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamiento	Estrella	Leguminosa	Maleza	Natural
	(%)			
Estrella	33 ^a	0	10 ^a	57 ^a
Estrella + Arachis	37 ^a	38 ^a	2 ^b	23 ^b
Estrella + Desmodium	38 ^a	33 ^a	2 ^b	28 ^b
Error estándar	13	2	0.15	12

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel ($P < 0.05$) según la prueba de Duncan.

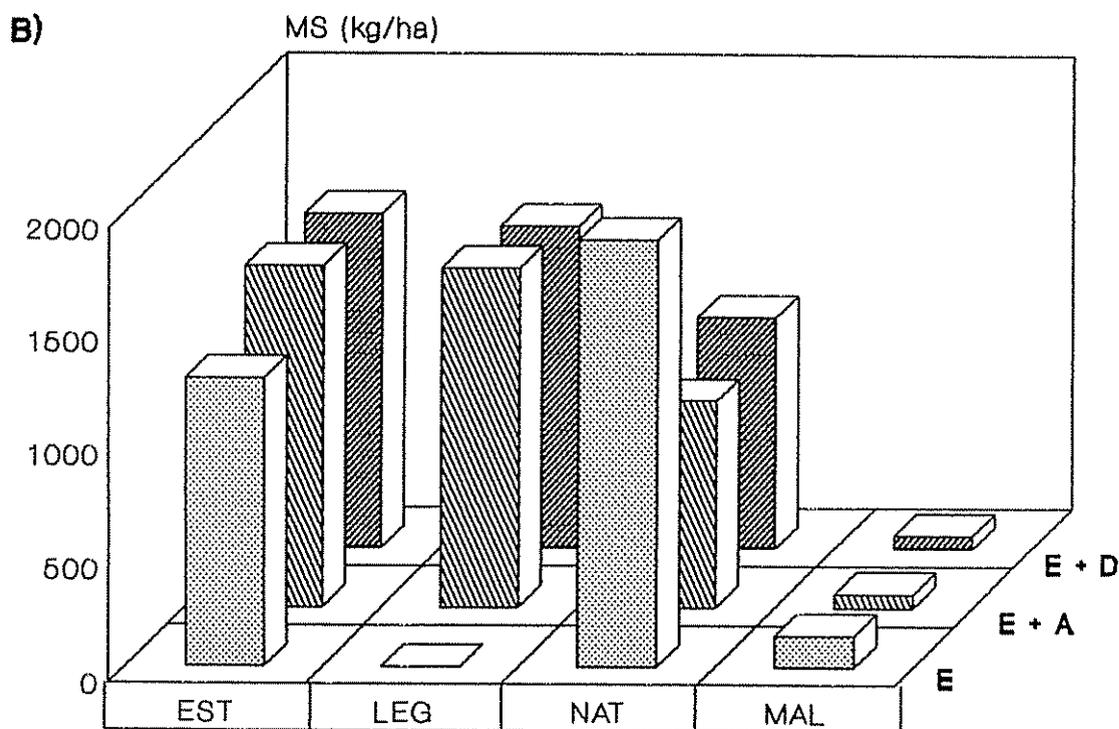
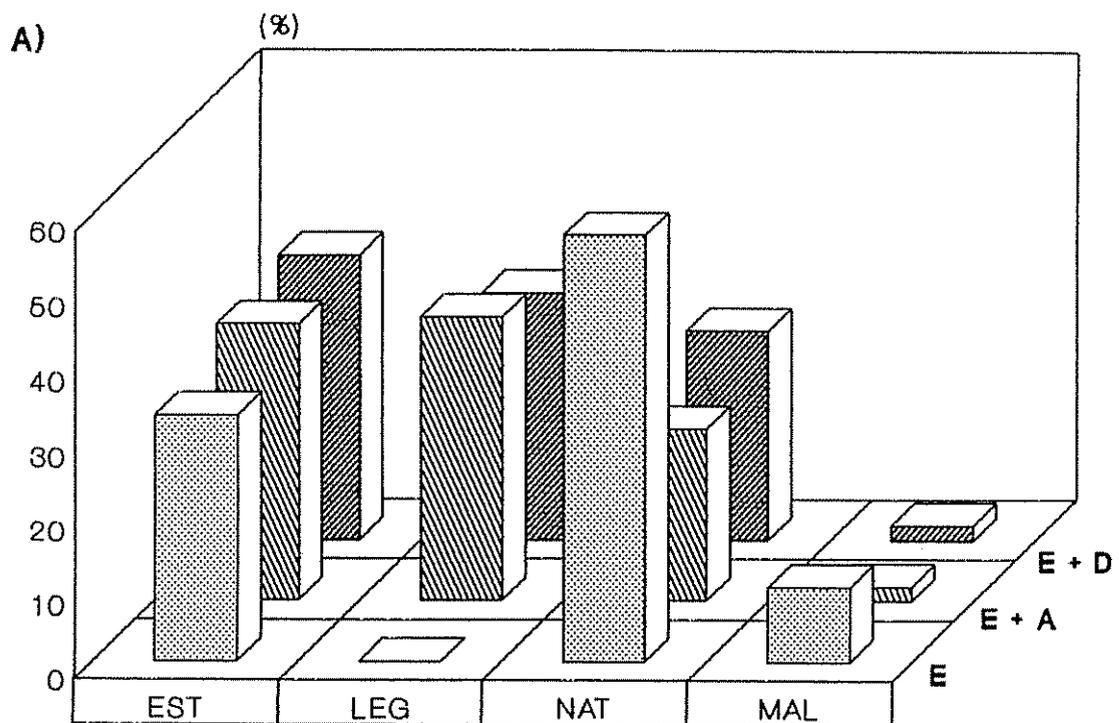


Figura 5. Composición botánica (A) y Disponibilidad promedio (B) de los diferentes componentes de las pasturas evaluadas.

Al analizar las variaciones del pasto estrella en cada tratamiento y cuadrado (Figura 6), se encontró que las leguminosas favorecieron a este componente, especialmente durante la época seca. Así, durante los dos primeros cuadrados los mayores porcentajes se presentaron en la pastura de Estrella sola (49 y 40%), seguidas por la asociación con *Arachis* (40 y 34%) y la asociación con *Desmodium* (34 y 33%). Sin embargo, en los cuadrados III y IV, el porcentaje de estrella disminuyó drásticamente en la pastura de gramínea sola (26 y 18% respectivamente), a pesar de haber sido fertilizada en cada ciclo de pastoreo de estos últimos dos cuadrados. No obstante, ocurrió lo contrario en las pasturas asociadas, en las cuales el estrella aumentó a 36 y 38% para la asociación con *Arachis* y a 45 y 38% para la asociación con *Desmodium*, respectivamente.

En cuanto a la disponibilidad del pasto estrella, no se encontraron diferencias importantes entre tratamientos (Cuadros 10A y 12A); pero sí entre cuadrados, tratamientos por cuadrados y periodos dentro de cuadrados (Cuadro 12A).

La disponibilidad del estrella, al igual que la de los demás componentes, tendió a disminuir a través del experimento, hasta el cuadrado III, (2113 y 972 kg de MS/ha para los cuadrados I y III, respectivamente) para luego aumentar en el cuadrado IV (1139 kg de MS/ha), cuando se inició el periodo lluvioso. Este incremento en

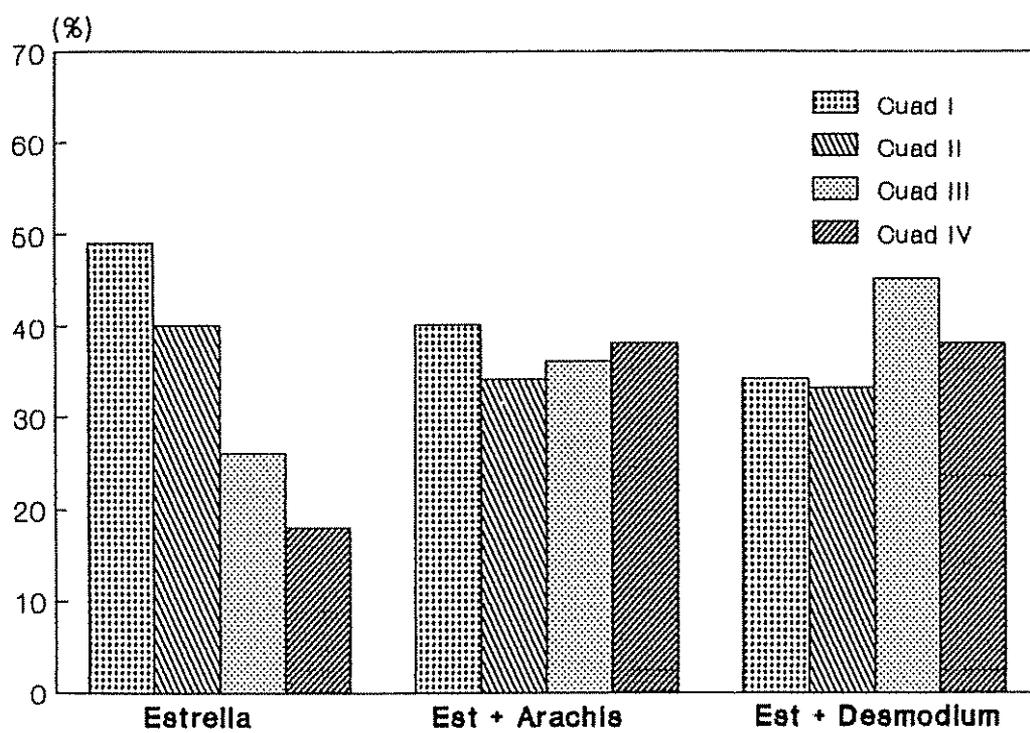


Figura 6. Variaciones en la proporción de pasto Estrella en función de época (cuadrado) y tratamiento.

disponibilidad total no coincide con la disminución de su porcentaje en la pastura, ocurrida durante este cuadrado, debido a que por efecto de la precipitación, la producción de materia seca durante el cuadrado IV se incrementó en todos los componentes, especialmente en el pasto natural presente en la pastura de la gramínea sola.

Al analizar las medias de disponibilidad por cuadrado y tratamiento, se encontró que las leguminosas tuvieron un efecto positivo sobre la disponibilidad del pasto estrella, especialmente durante la época seca.

En el Cuadro 7 se muestra cómo al inicio del experimento, la mayor disponibilidad de pasto estrella la presentaba la pastura de la gramínea en monocultivo (2528 kg MS/ha); sin embargo, fue disminuyendo hasta alcanzar un valor de 523 kg de MS/ha en el cuarto cuadrado. En el caso de las asociaciones con leguminosas, aunque existió la misma tendencia, la disminución no fue tan drástica y ocurrió hasta el tercer cuadrado para luego aumentar durante el cuarto.

Por otro lado, durante la época de menor precipitación (cuadrado III), la asociación con *Desmodium* fue la que presentó una disponibilidad mayor de pasto estrella, sin embargo, al iniciar el período de lluvias, la mayor disponibilidad tanto de gramínea como de leguminosa, se presentó en la asociación con *Arachis*.

Cuadro 7. Disponibilidad de componentes en términos de materia seca total (kg MS ha⁻¹) por cuadrado y tratamiento.

Cuadrado	Tratamiento*	Estrella	Leguminosa	Maleza	Natural
I	E	2528	0	146	2169
	E + A.p	2078	2202	63	932
	E + D.o	2032	2684	70	1112
II	E	1375	0	185	1595
	E + A.p	1187	1355	48	660
	E + D.o	1393	1756	55	882
III	E	622	0	91	1596
	E + A.p	1064	972	60	834
	E + D.o	1228	574	54	803
IV	E	523	0	122	2131
	E + A.p	1671	1431	65	1193
	E + D.o	1225	651	49	1275
Error estándar		190	115	9	221

*/ E. = Estrella; A.p = *Arachis pintoi* CIAT 17434;
D.o = *Desmodium ovalifolium* CIAT 350.

4.1.3.2 Contribución de las leguminosas a la biomasa disponible

Los porcentajes y disponibilidades promedio de leguminosas en las pasturas asociadas no mostraron diferencias entre tratamientos (Cuadros 6 y 12A), pero sí entre los diferentes ciclos de pastoreo. En este sentido,

los análisis de varianza (Cuadro 9A y 12A) indicaron que hubo diferencias importantes entre cuadrados, período dentro de cuadrado y tratamiento por cuadrado.

La tendencia a través de los diferentes cuadrados evaluados fue similar a la del componente estrella, disminuyendo de 29% en el primer cuadrado a 18% en el cuarto cuadrado de evaluación. La disponibilidad mostró un comportamiento similar, disminuyendo de 2442 kg de MS/ha en el primer cuadrado, a 773 kg de MS/ha en el cuadrado III, para luego aumentar a 1041 kg de MS/ha en el cuadrado IV.

En cuanto a la variación de las pasturas en los diferentes cuadrados, los análisis de medias por cuadrado y tratamiento (Cuadro 7 y Figura 7) muestran que la disminución del *Arachis pintoï* en la pastura, durante los cuadrados III y IV, fue mucho menor que la del *Desmodium ovalifolium*. Esta mayor disminución en el *D. ovalifolium* posiblemente sea debido a que el corte de uniformización realizado dos meses antes de iniciar el cuadrado III, aunado con el efecto de la época seca, lo hayan afectado más que al *A. pintoï*, provocando la mayor reducción en su tasa de crecimiento.

En este sentido, en un estudio realizado en Perú, bajo condiciones de trópico húmedo, se encontró que la leguminosa *Arachis pintoï* CIAT 17434, a pesar de haber disminuido su producción, mostró baja defoliación por efecto de la época y

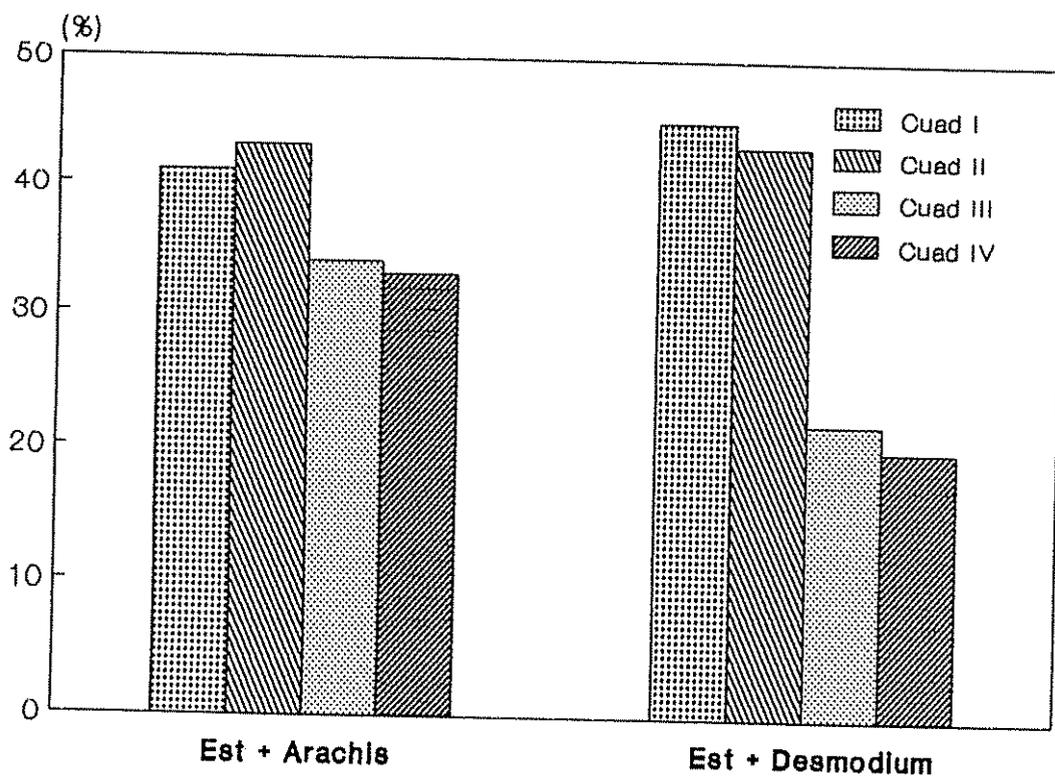


Figura 7. Variaciones en la proporción de leguminosas en función de época (cuadrado) y tratamiento.

rápida capacidad de rebrotar a partir de los estolones al iniciar el período de lluvias (CIAT, 1988). Por otro lado, en diferentes estudios con *D. ovalifolium* CIAT 350, bajo diferentes condiciones, se ha encontrado que esta leguminosa es muy vigorosa durante la época de lluvias, sin embargo, disminuye drásticamente su producción de materia seca durante los períodos de mínima precipitación (CIAT, 1988).

4.1.3.3 Contribución de las malezas a la biomasa disponible

La cantidad de malezas fue bastante más alta en la pastura de estrella solo (10%) que en las pasturas de estrella asociado con las leguminosas (2%). Esta situación se presentó en los cuatro cuadrados evaluados, tanto en porcentaje como en disponibilidad de malezas en las pasturas (Cuadros 6 y 7, y Figura 5).

Estos datos coinciden con los reportados por Hurtado (1988) y Van Heurk (1990), quienes reportan mayores porcentajes de malezas en el tratamiento sin leguminosa. Además indican que el pasto estrella requiere de niveles de fertilidad adecuados, los cuales pueden ser suplidos por la leguminosa asociada ya que en el monocultivo esta especie se degrada y permite la invasión de malezas.

4.1.3.4 Contribución del pasto natural a la biomasa disponible

El pasto natural fue el componente mayoritario en las pasturas de estrella como monocultivo (57%). No ocurrió lo mismo en las pasturas de estrella asociada con leguminosas, en las cuales se encontraron 28% para la pastura asociada con *Desmodium* y 23% para la pastura asociada con *Arachis* (Cuadro 6 y Figura 5). Un comportamiento similar se observó para la disponibilidad de materia seca proveniente de este componente (Cuadro 10A y Figura 5).

En cuanto a la variación del pasto natural a través del periodo experimental, se observó que aumentó a través de los cuadrados evaluados (Cuadro 7). Sin embargo, cuando se analizaron las medias porcentuales de los tratamientos, se encontró que en la pastura con *Arachis*, la proporción de natural se mantuvo en 27% partir del tercer cuadrado (Cuadro 8A).

Los resultados de los análisis de la composición botánica y de la disponibilidad por componentes muestran que las leguminosas, especialmente *A. pintoii* CIAT 17434, favorecen la disponibilidad del estrella, sobre todo durante la época seca. Esto ocurre posiblemente, debido al aporte de nutrientes suplidos por la leguminosa. Este incremento en disponibilidad parece permitir un aumento en la capacidad de competencia de la gramínea, lo cual, aunado con la

competencia ejercida por la leguminosa, podría ser el factor que está controlando el desarrollo de malezas y de pasto natural en las pasturas asociadas.

4.1.4 Calidad nutritiva del forraje en oferta

4.1.4.1 Caracterización de las leguminosas bajo estudio

La caracterización nutritiva de las leguminosas bajo estudio se realizó en términos de la digestibilidad de la materia seca (*in vitro* e *in situ*), además del contenido de proteína cruda y fracciones nitrogenadas. El pasto estrella fertilizado fue caracterizado en función de la digestibilidad de su materia seca (*in vitro* e *in situ*).

4.1.4.1.1 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y fracciones nitrogenadas

Los valores correspondientes a la calidad nutritiva de las leguminosas bajo estudio se presentan en el Cuadro 8. Se puede observar que el valor más bajo en digestibilidad de la materia seca se presentó en el *D. ovalifolium* CIAT 350 y el más alto en el *A. pintoi* CIAT 17434. El pasto estrella fertilizado presentó un valor intermedio (51.2 %).

Así mismo, *A. pintoi* también presentó los menores valores de pared celular y los mayores de PC, aunque una mayor proporción de su fracción nitrogenada se encuentra localizada en la pared. Sin embargo, el potencial de utilización de esta fracción por las bacterias del rumen, está en dependencia de cuanta de esta proteína se encuentra asociado a la FDA (N-FDA), y como se puede observar, el porcentaje de N asociado a esta fracción es también más bajo en esta leguminosa que en *D. ovalifolium*.

Cuadro B. Caracterización nutritiva de las leguminosas evaluadas

Parámetro*	<i>A. pintoi</i> CIAT 17434	<i>D. ovalifolium</i> CIAT 350
DIVMS (%)	64.00	40.30
FDN (%)	43.60	56.40
FDA	37.00	46.20
PC (%)	14.70	11.64
N-FDN (%)	31.70	29.21
N-FDA (%)	11.36	15.89

*/ DIVMS = Digestibilidad *in vitro* de la materia seca
 FDN = Fibra Detergente neutro; FDA = Fibra Detergente
 Acido; PC = Proteína Cruda; N-FDN = Nitrógeno Fibra
 Detergente neutro (% de la PC); N-FDA = Nitrógeno Fibra
 Detergente Acido (% de la PC);

4.1.4.1.2 Degradabilidad ruminal de las especies bajo estudio

Los parámetros de velocidad de degradación ruminal medidos fueron degradabilidad inicial de la materia seca (A), fracción insoluble potencialmente digerible (B), degradabilidad potencial (P) y tasa de degradación (c). Los análisis de varianza para cada uno de estos parámetros (Cuadro 13A), muestran que todos ellos presentaron diferencias significativas debido a tratamientos. En el Cuadro 9 se muestran las medias de estos parámetros en cada una de las especies evaluadas.

Cuadro 9. Medias Ajustadas para los parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca de las diferentes especies evaluadas.

Fracción*	Estrella	<i>A. pintoi</i> CIAT 17434	<i>D. ovalifolium</i> CIAT 350	E.S.
A	16.05 ^b	26.40 ^a	20.52 ^b	1.31
B	50.18 ^a	52.20 ^a	46.28 ^b	1.07
P	66.24 ^b	78.59 ^a	66.80 ^b	1.68
c	0.04 ^b	0.12 ^a	0.04 ^b	0.01

Medias con diferente letra dentro de filas difieren al nivel de ($P < 0.05$) según la prueba de Duncan.

- */ A = Degradabilidad Inicial (%)
 B = Fracción insoluble potencialmente digestible (%)
 P = Degradabilidad Potencial (%)
 c = Tasa de degradación (%/h)

Como se puede observar, la leguminosa *A. pintoi* fue la que presentó los valores más altos para todos los parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca evaluados. Los valores encontrados para todos los parámetros de degradabilidad de esta leguminosa, excepto para la fracción A (degradabilidad inicial), son superiores a los reportados por Obando (1990), el cual evaluó la digestibilidad *in situ* de *D. ovalifolium* CIAT 350, *D. ovalifolium* CIAT 3793, *C. pubescens* CIAT 438, *C. macrocarpum* CIAT 5887 y *C. macrocarpum* CIAT 5740, con 6 y 12 semanas de rebrote, creciendo bajo condiciones de Guápiles, Costa Rica.

En cuanto a la degradabilidad del *D. ovalifolium* CIAT 350, este mismo autor reporta valores superiores a los encontrados en este experimento, para la fracción A (28.9% y 23.5%), valores inferiores para las fracciones B (39.1% y 27.8%) y P (67.9% y 51.3%) y valores iguales para la tasa de degradación (0.04%/h), para 6 y 12 semanas de rebrote, respectivamente.

Los bajos valores de digestibilidad presentados por el *D. ovalifolium* CIAT 350 se han relacionado con el alto contenido de taninos presente en esta leguminosa. Así, en un estudio realizado en Quilichao, en el cual se evaluó la degradabilidad *in situ* de la proteína de seis leguminosas forrajeras, se observó que las leguminosas con mayor contenido de taninos (entre ellas *D. ovalifolium* CIAT 350)

presentaron tasas de degradación significativamente más bajas que las leguminosas con bajo o ningún contenido en éstos. Así mismo, la correlación entre el contenido de taninos y las tasas de degradación fue significativa ($P < 0.05$) y del orden de $- 0.72$, indicando que los taninos de ciertas leguminosas podrían influenciar negativamente la cantidad de nitrógeno disponible en el rumen (CIAT, 1983). Sin embargo, como se muestra en el Cuadro 8, esta leguminosa presenta también valores altos en lo que respecta a la FDA, lo que podría también estar determinando esta baja digestibilidad.

Al comparar los resultados de digestibilidad *in vitro* (DIVMS) y degradabilidad *in situ* (DISMS) de la materia seca (Cuadros 8 y 9), se puede observar que los valores obtenidos por el primer método, son menores que los obtenidos por el segundo. Esto puede ser debido a que el contenido de taninos presente en las leguminosas puede afectar más la actividad microbiana en el caso de la DIVMS en el cual se utiliza un medio cerrado con un número fijo y mucho menor de bacterias, que en el caso de la DISMS, en el cual el medio de incubación es el rumen del animal, y por ende el número de bacterias y su actividad es mayor, siendo menos susceptible al efecto de los taninos.

En la Figura 8 se ilustran los cambios en los valores de digestibilidad acumulativa de la materia seca de las tres especies evaluadas, en función del tiempo de fermentación.

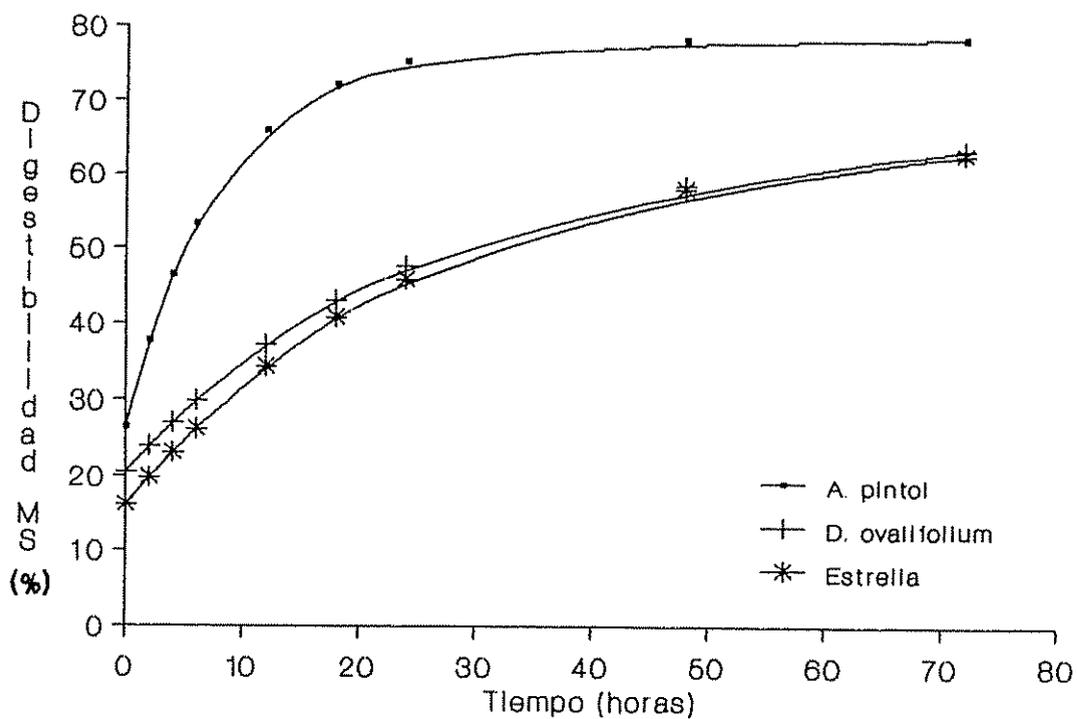


Figura B. Digestibilidad acumulativa de la materia seca de las tres especies evaluadas.

En ella se puede observar como el *A. pintoï* CIAT 17434, presenta una tasa de degradación alta, alcanzando un valor muy cercano a su degradabilidad potencial aproximadamente a la 23 h de incubación. En el caso del estrella fertilizado y del *D. ovalifolium* CIAT 350, las tasas de degradación son más bajas y similares entre sí, requiriendo un tiempo de incubación mucho mayor para alcanzar un valor cercano a su degradabilidad potencial.

4.1.4.2 Calidad del forraje en oferta.

Los análisis de varianza para la DIVMS (Cuadro 15A), muestran que ésta presentó variaciones de acuerdo con los tratamientos y con los ciclos de pastoreo, encontrándose diferencias entre cuadrados, periodos dentro de cuadrados y tratamiento por cuadrado.

En el Cuadro 10 se muestra que aunque el análisis de varianza no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.14$), las medias de digestibilidad de las pasturas que contenían leguminosas fueron superiores a la digestibilidad del estrella fertilizado en monocultivo.

Cuadro 10. Digestibilidad *in vitro* y proteína cruda de la materia seca total, material verde (M.V.) y material inerte (M.I.) ofrecido durante el experimento.

Tratamiento*	DIVMS Total	DIVMS M.V.	DIVMS M.I.	PC Total	PC M.V.	PC M.I.
	----- (%) -----					
E	52.8 ^b	59.2 ^a	32.0 ^a	11.9 ^b	12.4 ^b	7.2 ^a
E + A.p	55.1 ^{a,b}	58.6 ^a	29.4 ^b	14.7 ^a	14.8 ^a	7.0 ^a
E + D.o	56.3 ^a	59.4 ^a	33.0 ^a	14.2 ^a	14.5 ^{a,b}	7.9 ^a
Error estándar	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel de (P<0.05) según la prueba de Duncan.

* / E = Estrella; A.p = *Arachis pintoii* CIAT 17434;
D.o = *Desmodium ovalifolium* CIAT 350

Contrario a lo esperado, debido a la baja digestibilidad del *D. ovalifolium* CIAT 350, la pastura de estrella asociada con esta leguminosa fue la que presentó mayores valores de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (56%), superando a las pasturas de estrella fertilizado en monocultivo (53%) y asociada con *A. pintoii* CIAT 17434 (55%). Sin embargo, resultados similares fueron obtenidos en Carimagua, Colombia, al evaluar una asociación de *B. humidicola* con *D. ovalifolium* CIAT 350, en donde se obtuvieron digestibilidades 62.4% y 56.4% para dos periodos de lluvia (CIAT, 1982).

Por otro lado, estos resultados son contrastantes con los reportados por Hurtado (1988) y Van Heurck (1990), los

cuales encontraron valores superiores de DIVMS para la pastura de estrella asociada con *Arachis* (51 y 53% , respectivamente), y muy semejantes entre la pastura de estrella solo sin fertilización (46 y 45%) y asociada con *Desmodium* (44 y 45%).

Estas diferencias podrían ser atribuidas a que posiblemente la proporción de *D. ovalifolium* fue muy baja en las muestras analizadas, debido a que durante los cuadrados III y IV (en los cuales se evaluó la calidad de las pasturas), los porcentajes de esta leguminosa en la pradera fueron relativamente bajos (22 y 20%, respectivamente). En este sentido, en Quilichao, Colombia, al evaluar el efecto de tres cargas animales (alta, media y baja) sobre una pastura de *B. dictyoneura* asociada con *D. ovalifolium* CIAT 350, se encontró que la mayor digestibilidad se presentó con la carga alta. Esto fue asociado a una mejor calidad del rebrote de la gramínea y menor proporción de la leguminosa en la pastura (CIAT, 1985).

En cuanto a la proteína cruda, no se detectaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las pasturas asociadas (Cuadro 10 y 15A), pero sí entre la pastura que incluyó *Arachis* (15%) y el estrella fertilizado en monocultivo (12%). La asociación estrella- *Desmodium* presentó valores intermedios (14%). Estos valores son superiores a los reportados por Hurtado (1988) y Van Heurck

(1990), los cuales encontraron valores 10 y 12% para la asociación *Estrella-Arachis*, 9 y 11%, para la asociación *Estrella-Desmodium*, y 11.9 y 9% para el *estrella* en monocultivo sin fertilización.

Respecto a las variaciones entre cuadrados, se encontró que tanto los valores de DIVMS como los de PC fueron inferiores en el cuadrado III comparado con el cuadrado IV (Cuadro 11). Estas diferencias pueden ser atribuidas a una mejor calidad del rebrote y a un incremento en el material verde ofrecido debido al inicio del período lluvioso.

Cuadro 11. Digestibilidad in vitro y proteína cruda de la materia seca total, material verde (M.V.) y material inerte (M.I.) ofrecido en los diferentes cuadrados evaluados.

	DIVMS Total	DIVMS M.V.	DIVMS M.I.	PC Total	PC M.V.	PC M.I.
	----- (%) -----					
Cuadrado III	50.6 ^b	56.4 ^b	32.5 ^a	12.9 ^b	13.1 ^b	7.8 ^a
Cuadrado IV	58.9 ^a	61.8 ^a	30.5 ^a	15.8 ^a	14.7 ^a	6.9 ^b
Error estándar	0.5	0.8	0.5	0.4	0.3	0.1

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel de ($P < 0.05$) según la prueba de Duncan.

En la Figura 9 se presenta como varió la DIVMS y la PC de acuerdo con los diferentes tratamientos y cuadrados evaluados. Se puede observar que durante la época seca (Cuadrado III) el aporte de nitrógeno por las leguminosas tuvo mayor efecto sobre la calidad de la pastura que la aplicación de fertilizante nitrogenado. Esto puede estar relacionado con una pobre incorporación del N_2 al suelo debido a la falta de agua en el mismo. Durante la época de lluvias (Cuadrado IV), aún cuando la calidad en las pasturas con leguminosas continuó siendo superior, las diferencias en calidad entre las tres pasturas se redujeron, llegando a presentar valores de DIVMS muy similares.

4.1.4.3 Calidad del material verde y del material inerte ofrecidos

Los análisis de varianza de la DIVMS y de la PC para el material verde y el material inerte ofrecido, se muestran en el Cuadro 15A.

El valor promedio de la DIVMS del material verde, de acuerdo a tratamiento fue igual para las tres pasturas evaluadas (59%). En el caso de la PC, los valores fueron iguales a los encontrados para la materia seca total en cada tratamiento (Cuadro 10).

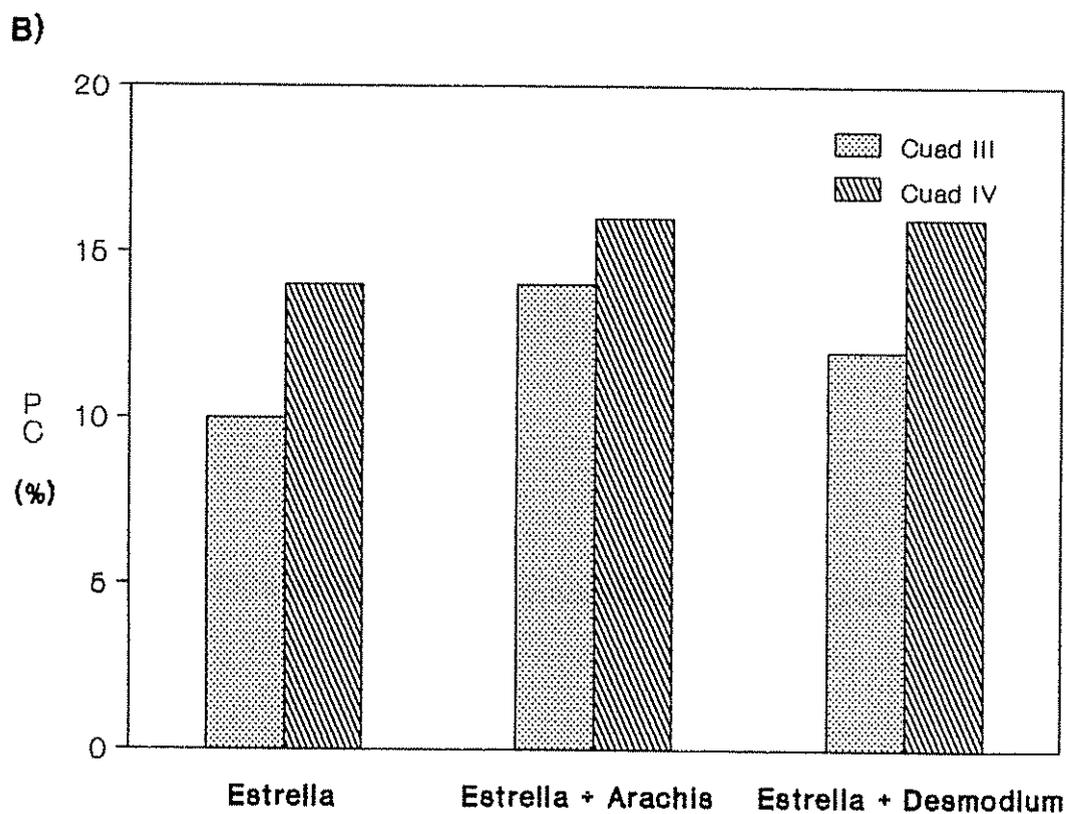
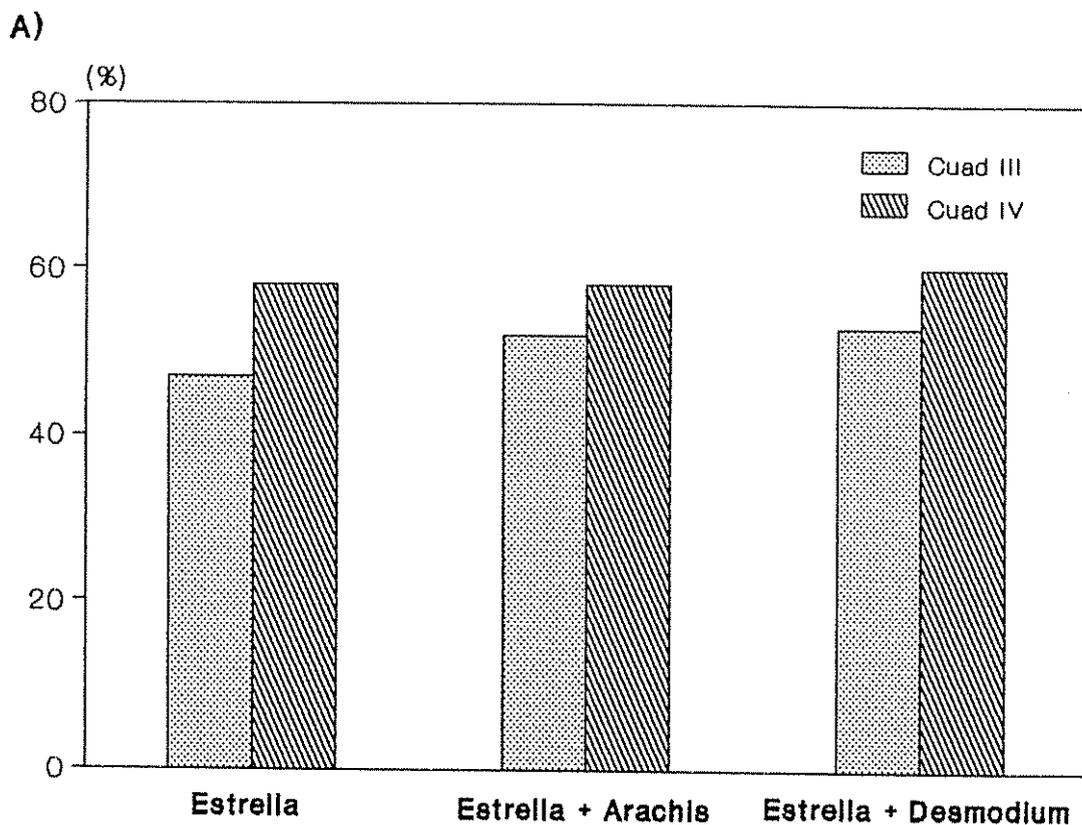


Figura 9. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (A) y contenido de proteína cruda del forraje ofrecido en función de época (cuadrado) y tratamientos.

En cuanto al material inerte, el valor más bajo para la DIVMS se encontró en la asociación con *Arachis* (29%). Las otras dos pasturas mostraron digestibilidades semejantes (33% para la asociación con *Desmodium* y 32% para la gramínea sola). Respecto a los contenidos de PC, los valores no mostraron diferencias entre los tratamientos evaluados (7, 8 y 7%, respectivamente).

Por otro lado, las variaciones entre cuadrados, tanto del material verde como del material inerte, fueron similares a las de la materia seca total (superiores en el cuadrado IV).

4.2 Evaluaciones en los animales

4.2.1 Selectividad

La utilización de animales fistulados al esófago, ha permitido obtener más información sobre la selección de especies realizada por el animal en pastoreo, así como sobre la calidad nutritiva del material consumido, permitiendo por lo tanto, corroborar mejor los resultados en cuanto al efecto de las pasturas sobre la producción animal.

4.2.1.1 Proporción de leguminosa en el material seleccionado

El análisis de varianza para la composición botánica del material seleccionado por animales fistulados al esófago (Cuadro 17A) muestra que el porcentaje de leguminosa seleccionado presentó variaciones debido a tratamientos y a la interacción día por tratamiento. Los demás componentes, sólo mostraron variación de acuerdo con los días de pastoreo, con excepción del porcentaje de estrella el cual también varió de acuerdo con la interacción día de muestreo por tratamiento.

La composición botánica del material seleccionado se muestra en el Cuadro 12. Como se puede observar, el porcentaje de leguminosa en el material seleccionado en la pastura con *A. pintoi*, fue más del doble del encontrado en la extrusa de animales que pastorearon *D. ovalifolium* CIAT 350.

Cuadro 12. Composición botánica (%) de la extrusa de animales fistulados al esófago en pasturas de Estrella asociado con *A. pintoi* CIAT 17434 y *D. ovalifolium* CIAT 350

Tratamiento*	Estrella	Leguminosa	Natural	Muerto
E + A.p	47.21 ^a	37.87 ^a	4.87 ^a	10.79 ^a
E + D.o	64.69 ^b	16.80 ^b	4.66 ^a	13.50 ^a
Error estándar	2.0	1.0	0.2	0.7

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel de ($P < 0.05$) según la prueba de Duncan.

*/ E = Estrella; A.p = *Arachis pintoi* CIAT 17434;
D.o = *Desmodium ovalifolium* CIAT 350

En lo que respecta a la selectividad del *A. pintoii*, resultados similares se han encontrado en diferentes ensayos realizados en Carimagua, en los cuales se ha evaluado la selectividad de esta leguminosa en asociación con *Brachiaria* spp. (CIAT, 1987; CIAT, 1989). Los porcentajes de *A. pintoii* encontrados en el presente ensayo, indican que esta leguminosa es bien consumida por los animales. En contraste, los resultados encontrados para *D. ovalifolium* CIAT 350, indican que la aceptabilidad de esta leguminosa fue baja. Resultados similares se han encontrado en diferentes estudios realizados en Colombia, atribuyéndose la baja aceptabilidad de esta leguminosa, a su alto contenido en taninos (CIAT, 1985; CIAT, 1987; CIAT, 1989; Toro, 1990).

Al analizar la variación de la composición botánica del material seleccionado a través de los días de pastoreo, se encontró que los porcentajes de leguminosa y estrella en el material seleccionado disminuyeron a medida que avanzó el período de pastoreo, dando lugar a incrementos en los porcentajes de pasto natural y material muerto. En este sentido, los mayores incrementos se dieron en el consumo de material muerto, a pesar de la mayor disponibilidad y calidad del pasto natural, lo cual es indicativo de la poca apetecibilidad de este pasto, y por ende, del efecto negativo que puede tener sobre la producción animal.

En el Cuadro 13 se puede observar que los cambios ocurridos fueron de mayor magnitud entre los días 1 y 3, lo cual es debido, posiblemente, a una reducción en la capacidad de selección del animal a medida que disminuye la disponibilidad de pasto en los potreros.

Cuadro 13. Composición botánica (%) de la extrusa de animales fistulados al esófago de acuerdo con el día de pastoreo.

Día de Past.	Estrella	Leguminosa	Natural	Muerto
1	62.25 (1.92)	29.00 (2.24)	2.50 (0.75)	6.25 (1.49)
3	53.86 (2.68)	27.69 (3.12)	5.44 (1.05)	13.42 (2.08)
5	51.74 (2.10)	25.33 (2.45)	6.37 (0.82)	16.77 (1.63)

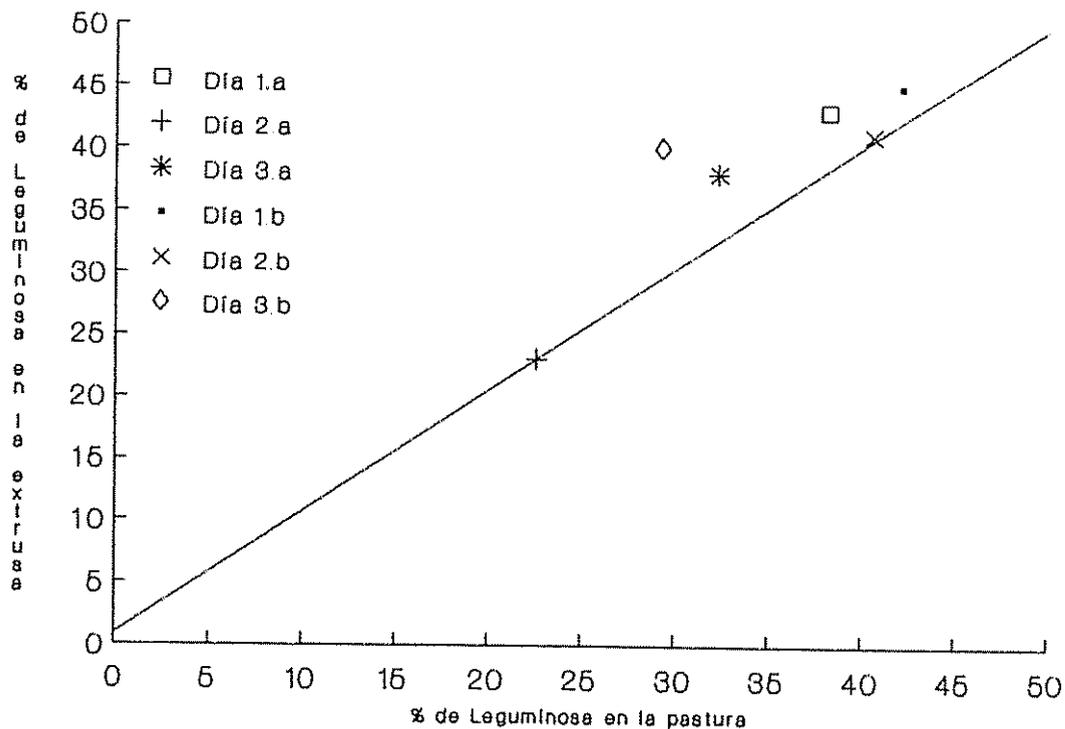
*/ Los números entre paréntesis corresponden a los errores estándar.

Resultados similares se encontraron con respecto a la mayor selectividad del *A. pintoii* con respecto al *D. ovalifolium*, cuando se calculó el Índice de Selección de las leguminosas (relación entre el porcentaje de leguminosa presente en la extrusa de animales fistulados con el porcentaje presente en la pastura). En la Figura 10 se muestran los índices de selección para las dos leguminosas en función de los días de pastoreo y del período de evaluación. En ellas se puede observar que en la pastura con *Arachis* hubo selección a favor de la leguminosa (valor del índice superior

a 1) independientemente del día de pastoreo, mientras que en la pastura con *Desmodium*, la selección fue en contra de la leguminosa, con excepción de los días dos y tres del segundo periodo de evaluación.

Los resultados de diferentes trabajos en los cuales se ha medido la selectividad de las leguminosas en asociaciones gramíneas-leguminosas, en función de la época del año, han demostrado que los porcentajes de leguminosa en la dieta, aumentan durante la época seca del año. Por otro lado, trabajos realizados en Quilichao, Colombia, indican que la leguminosa en la dieta también se incrementa a medida que aumentan los días de ocupación. En estos estudios, la presencia más frecuente de leguminosas en la dieta se ha asociado con una disminución del contenido de proteína de la gramínea disponible, lo cual sugiere que el consumo de leguminosas aumentó cuando la calidad de la gramínea disminuyó, como sucede durante los periodos secos del año (Lascano, 1982). En este sentido, al analizar las variaciones del índice de selección de cada leguminosa a través de los días de pastoreo se encontró que éstos presentan un comportamiento variable (Figura 10), lo cual puede ser debido a que los datos generados hayan sido pocos para detectar alguna tendencia, dado que esta evaluación se realizó sólo dos veces durante el experimento.

A)



B)

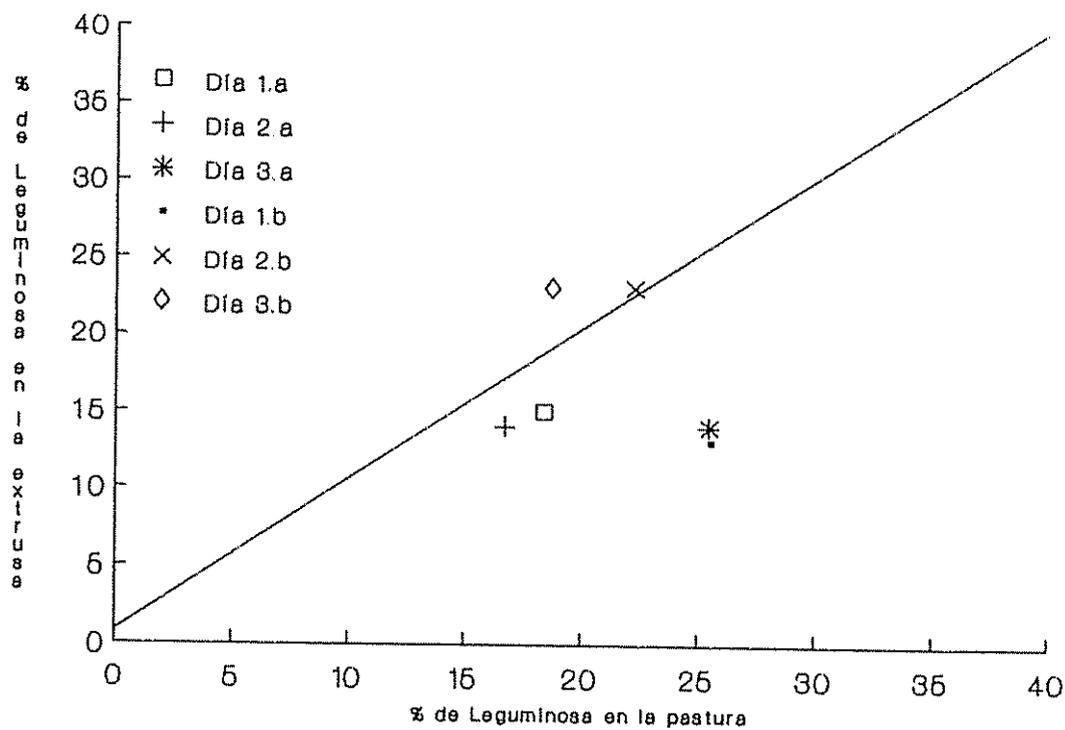


Figura 10. Variaciones en selectividad del *A. pintoi* (A) y del *D. ovalifolium* (B) en función del periodo de evaluación (a y b) y del día de pastoreo.

4.2.1.2 Calidad del material seleccionado

A diferencia de los resultados obtenidos en la calidad de la materia seca total ofrecida (Cuadro 10), el material seleccionado por animales fistulados al esófago en la pastura de estrella asociada con la leguminosa *A. pintoi*, mostró valores de digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) y de proteína cruda (PC), significativamente más altos que las pasturas de estrella-*D. ovalifolium* CIAT 350 y de estrella fertilizada en monocultivo, los cuales no difirieron entre sí (Cuadros 14 y 19A).

Cuadro 14. Digestibilidad in vitro y proteína cruda de la materia seca seleccionada por animales fistulados al esófago en los diferentes tratamientos

Tratamiento	DIVMS*	PC*
	----- (%) -----	-----
Estrella	47.80 ^b (2.54)	11.02 ^b (0.32)
Estrella + Arachis	54.00 ^a (2.54)	14.66 ^a (0.32)
Estrella + Desmodium	48.43 ^b (2.65)	11.70 ^b (0.33)
Promedio	50.07	12.46

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel de (P<0.05) según la prueba de Duncan.

*/ Los números entre paréntesis corresponden a los errores estándar.

Estas diferencias pueden ser atribuidas a los altos contenidos de pasto natural en las muestras utilizadas en la determinación de la calidad del forraje ofrecido, el cual presenta valores más altos de digestibilidad que el pasto estrella, el que representó el componente mayoritario en la extrusa. Además, en el caso del *D. ovalifolium*, posiblemente su contenido en la extrusa haya sido mayor que en las muestras del forraje ofrecido.

La mayor calidad en el material seleccionado en las pasturas con *Arachis*, se explica cuando relacionamos los resultados obtenidos al caracterizar las especies bajo estudio y los datos de composición botánica del material seleccionado (Cuadros 8 y 12), en los cuales se muestra la superioridad de esta leguminosa en cuanto a calidad nutritiva y apetecibilidad por los animales.

Por otro lado, en el Cuadro 15 se observa la disminución que ocurre en la calidad del alimento seleccionado, a medida que transcurren los días de pastoreo, especialmente entre el primer y tercer día de ocupación. Esto está relacionado también con una disminución en la proporción de estrella y leguminosa seleccionados durante este período, como se discutió anteriormente. Entre el tercer y quinto día de pastoreo, prácticamente no existen diferencias respecto a la calidad del material seleccionado.

En la Figura 11 se muestran las variaciones en calidad de la extrusa en función de tratamientos y días de pastoreo.

Cuadro 15. Digestibilidad *in vitro* y proteína cruda de la materia seca seleccionada por animales fistulados al esófago en los diferentes días de pastoreo

Día de pastoreo	DIVMS*	PC*
	----- (%) -----	-----
1	55.09 ^a (0.97)	14.53 ^a (0.42)
3	48.13 ^b (1.13)	11.23 ^b (0.50)
5	47.01 ^b (1.03)	11.64 ^b (0.45)
Promedio	50.07	12.46

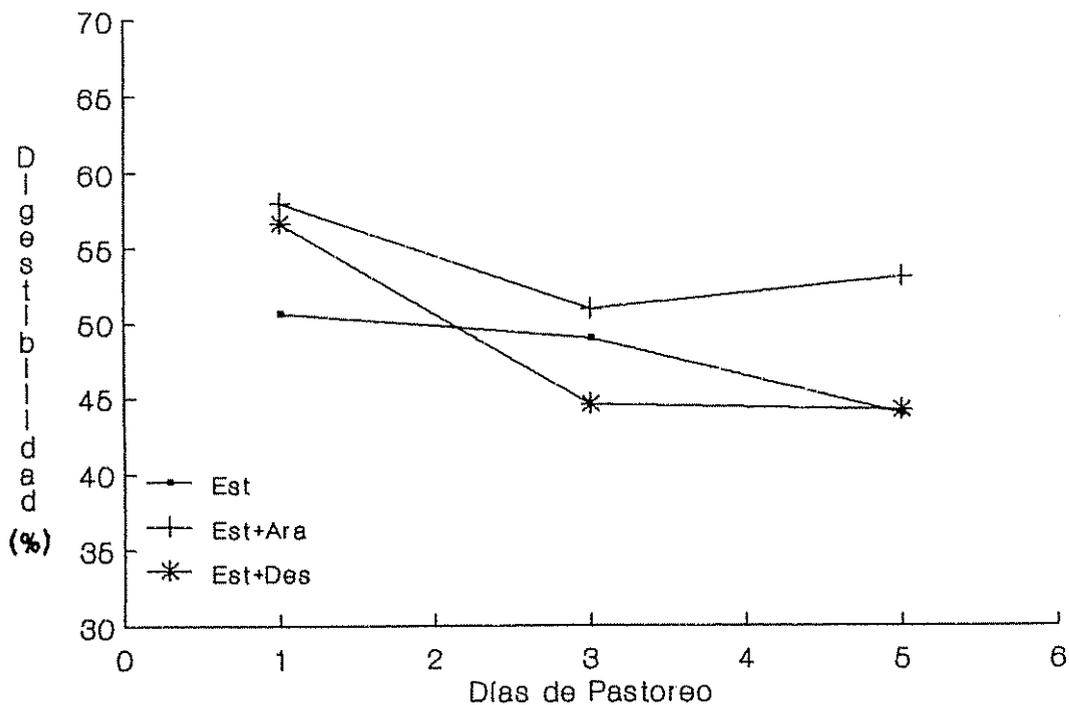
Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel de (P<0.05)

*/ Los números entre paréntesis corresponden a los errores estándar.

4.2.1.3 Correlación entre la DIVMS y la PC en muestras de forraje ofrecido colectadas mediante diferentes formas de muestreo.

En los resultados del análisis de correlación de los parámetros de calidad en muestras de extrusa de animales fistulados al esófago, muestras tomadas simulando el pastoreo (Cuadro 27A) y muestras de forraje total ofrecido y de material verde (Cuadro 20A), se encontró que la digestibilidad *in vitro* de la materia seca de los tres últimos tipos de muestras presentaron coeficientes de correlación altos y significativos (P<0.0001). Sin embargo,

A)



B)

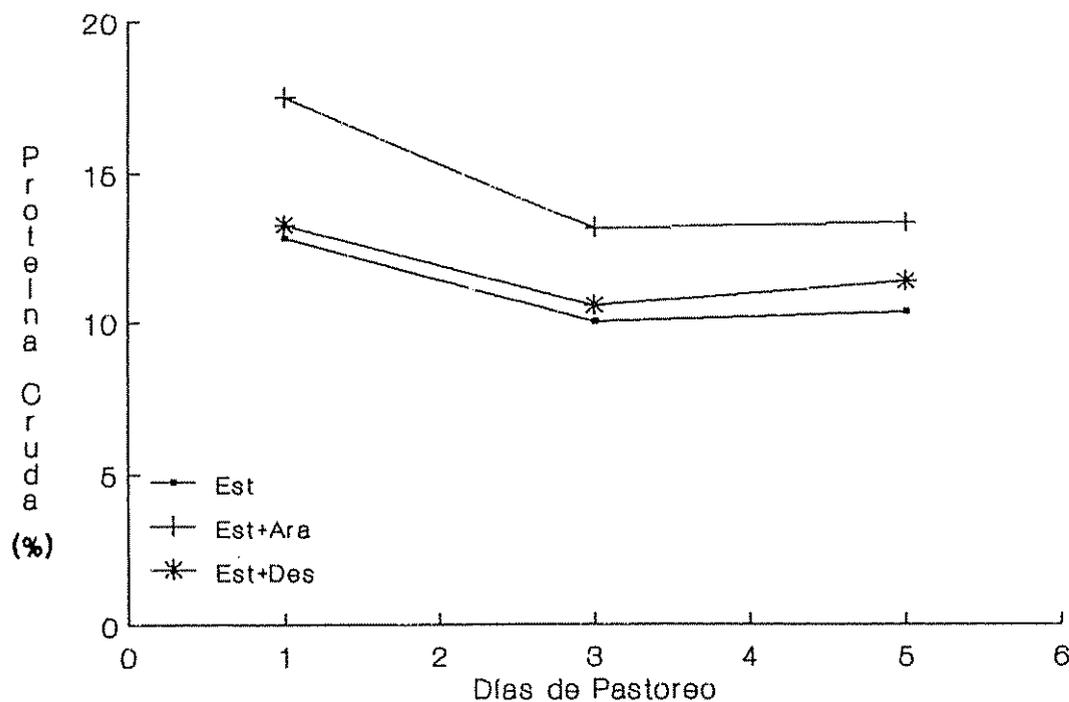


Figura 11. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (A) y concentración proteica (B) de la extrusa en función de tratamiento y día de pastoreo.

no existió correlación entre la digestibilidad de estas muestras y la digestibilidad de las muestras de extrusa. Esto posiblemente sea debido a la alta proporción de estrella presente en las extrusa a diferencia de lo encontrado en las otras muestras, donde hubo mayores porcentajes de pasto natural, determinando posiblemente las diferencias en digestibilidad anotadas. Además, las muestras de extrusa fueron ligeramente lavadas antes del análisis lo que pudo haber resultado en la pérdida de partículas pequeñas altamente solubles y digestibles.

En cuanto a la proteína cruda, los coeficientes de correlación para las muestras de material verde, de forraje total ofrecido y tomadas simulando el pastoreo, también fueron altos y significativos ($P < 0.0001$) aunque un poco más bajos que en el caso de la digestibilidad. En el caso de la proteína cruda en la extrusa, se encontró correlacionada con el contenido de proteína cruda presente en el material verde, presentando un coeficiente de correlación significativo ($P < 0.05$) y del orden de 0.80.

4.2.2 Consumo

El consumo de materia seca por los animales en pastoreo fue evaluado durante el cuadrado cuatro. En el Cuadro 16 se muestra que los mayores valores de consumo se presentaron en

la pastura con *Arachis pintoi* CIAT 17434. Las pasturas de estrella en monocultivo y asociado con *Desmodium ovalifolium* CIAT 350, fueron menores y similares entre sí.

Cuadro 16. Consumo de Materia Seca (% PV) en los diferentes tratamientos evaluados

Tratamiento	Consumo
Estrella	2.67 ^b
Estrella + Arachis	3.42 ^a
Estrella + Desmodium	2.78 ^b
Promedio	2.96
Error estándar	0.13

Es importante notar que la asociación con *D. ovalifolium* realmente no favoreció el consumo de materia seca, mientras que el asocio con *A. pintoi*, además de los beneficios ya mencionados, produjo también un aumento significativo en el consumo de materia seca, el cual es un factor primordial en la producción de leche.

Los cambios en el consumo de animales alimentados con raciones alta pared celular son regulados por factores tales como la capacidad física del animal, la tasa de pasaje y la

digestibilidad de la materia seca, siendo esta última la que aparentemente, ejerce mayor influencia.

En este sentido, los resultados obtenidos parecen indicar que las variaciones en consumo entre las diferentes pasturas, en gran medida están asociadas a las variaciones en digestibilidad y en la tasa de degradación del material seleccionado por el animal. Como se discutió anteriormente, la digestibilidad del material seleccionado, así como la tasa de degradación de la leguminosa, fueron superiores en la pastura con *Arachis*, al compararse con las pasturas de estrella solo y en asociación con *Desmodium*, las cuales presentaron valores más bajos y similares entre sí (Cuadros 9 y 14), concordando con los resultados obtenidos en la evaluación del consumo de materia seca.

4.2.3 Producción de Leche

La producción de leche presentó variaciones importantes debido a la época de evaluación (cuadrado y periodo dentro de cuadrado), al potencial de las vacas para producir leche (número de parto, vaca dentro de cuadrado) y a los tratamientos evaluados (Cuadro 23A).

En cuanto a las variaciones debido a tratamientos, en el Cuadro 17 se muestra como la producción de leche en las pasturas de estrella asociada con *D. ovalifolium* y de

estrella fertilizada en monocultivo fue superada en más de 1.2 kg/vaca/día (13.3%) por la producida a partir de la pastura que incluyó *A. pintoi* CIAT 17434.

Cuadro 17. Efecto de las diferentes pasturas evaluadas sobre la producción de leche.

Tratamiento	Prod. de Leche kg/v/d
Estrella	9.49 ^b
Estrella + <i>Arachis</i>	10.75 ^a
Estrella + <i>Desmodium</i>	9.43 ^b
Error estándar	0.24

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel de ($P < 0.05$) según la prueba de Duncan.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Van Heurck (1990), quien también obtuvo las mayores producciones en la pastura asociada con *A. pintoi* y confirman el más alto potencial que tiene la asociación de estrella con *Arachis pintoi* para la producción de leche. Por otro lado, el potencial de esta leguminosa para la producción animal en función de las ganancias de peso, ha sido demostrado en Carimagua, en donde se han obtenido ganancias de peso de 550 kg/ha/año en pasturas de esta leguminosa en asociación con *B. dictyoneura*, lo cual se considera un récord para ese lugar (CIAT, 1990).

La producción de leche no presentó diferencias durante los primeros tres cuadrados de evaluación (Cuadro 18), lo que

parece indicar que ésta no fue afectada por la disminución en la disponibilidad de la materia seca total y por los cambios en composición botánica ocurridos en las pasturas hasta ese cuadrado. Por otro lado, los animales sí respondieron a la mejor calidad presentada por las pasturas durante el cuarto cuadrado, en el cual se presentaron las mayores producciones para todos los tratamientos.

Cuadro 18. Producción promedio de leche diaria en los diferentes cuadrados evaluados

Cuadrado	Prod. de leche (kg/v/d)	E. Est.
I	9.54 ^b	0.27
II	9.30 ^b	0.31
III	9.55 ^b	0.29
IV	11.17 ^a	0.30

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel de ($P < 0.05$) según la prueba de Duncan.

Cuando se analizaron las producciones de leche a través de los diferentes cuadrados y tratamientos (Figura 12) se encontró que las diferencias en producción de leche a favor de la pastura con *Arachis*, fueron persistentes durante los cuatro cuadrados evaluados. Estos resultados confirman que la utilización de *A. pintoi* CIAT 17434 para ser asociado en pasturas, incrementa la calidad del forraje, su consumo y por lo tanto, la producción de leche.

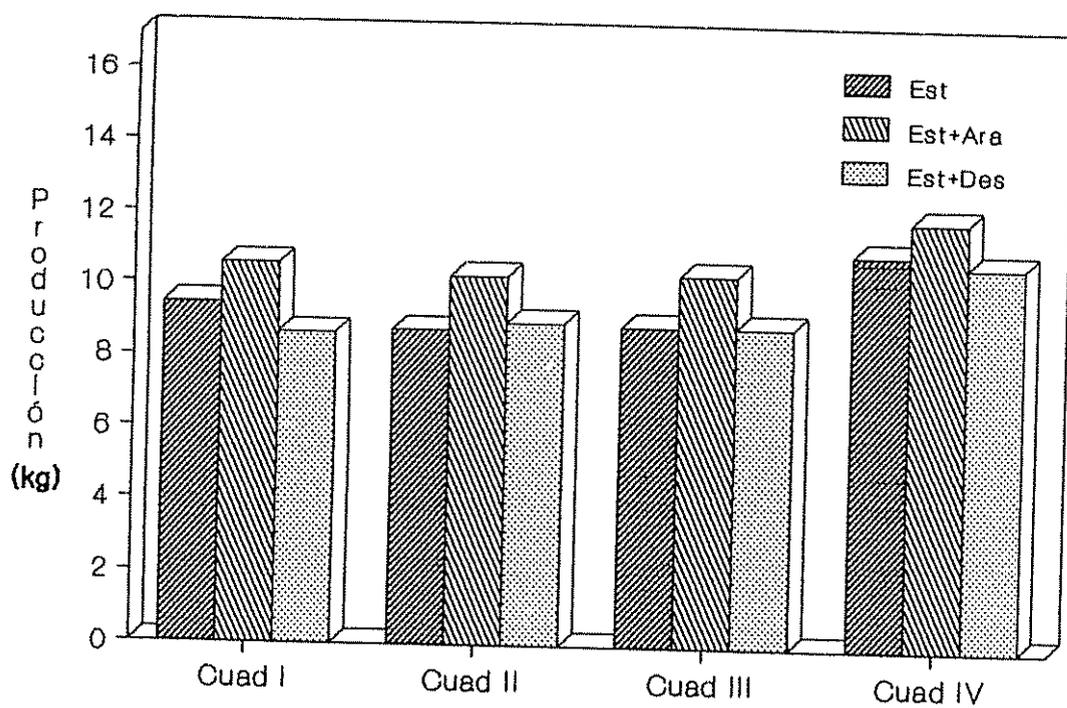


Figura 12. Variaciones en producción de leche en función de época (cuadrado) y tratamiento.

4.2.4 Componentes de la Leche

La composición química de la leche fue evaluada en función de sus contenidos de proteína, grasa, sólidos totales y urea. Los análisis de varianza para cada una de estas variables (Cuadro 26A) muestran que con excepción del contenido de urea, la composición de la leche no fue afectada por el tipo de pastura, pero si por la época de evaluación.

En el Cuadro 19 se muestran los contenidos de grasa, proteína y sólidos totales en los diferentes tratamientos. Estos resultados concuerdan con los reportados por Lascano y Avila (1991), quienes encontraron que los contenidos en grasa y sólidos no grasos de la leche de vacas Holstein y cruzadas, fueron similares tanto en gramíneas puras como en asociación de éstas con leguminosas. Sin embargo, en cuanto al contenido de sólidos totales, difieren de los valores encontrados por Van Heurck (1990), quien reporta valores superiores para las pasturas con *A. pintoï* CIAT 17434.

Por otro lado, en el Cuadro 20 se muestra como los contenidos de proteína, grasa y sólidos totales, fueron superiores en el cuadrado III al compararse con el cuadrado IV. Esto se relaciona con una menor producción de leche durante el III cuadrado debido a una menor calidad del pasto ofrecido y seleccionado y por lo tanto, un menor consumo de nutrientes, especialmente energía. En este sentido,

Cuadro 19. Composición de la leche de vacas pastoreando los diferentes tratamientos.

Tratamiento*	Proteína* (%)	Grasa* (%)	Sól.Tot.* (%)	Urea* (mg/dl)
E	3.64 ^a (0.18)	3.90 ^a (0.17)	13.04 ^a (0.32)	16.26 ^b (2.38)
E + A.p	3.36 ^a (0.17)	3.91 ^a (0.16)	13.00 ^a (0.30)	34.96 ^a (2.24)
E + D.o	3.27 ^a (0.17)	3.90 ^a (0.16)	12.80 ^a (0.30)	30.27 ^a (2.24)

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel de (P<0.05) según la prueba de Duncan.

*/ Números entre paréntesis corresponden a los errores estándar; E = Estrella; A.p = *Arachis pintoi* CIAT 17434; D.o = *Desmodium ovalifolium* CIAT 350

Carnevali et al (1973), plantea que una dieta baja en energía provoca una disminución en la producción de leche y un aumento en su concentración de grasa; sin embargo, este aumento es obtenido a expensas de las reservas corporales del animal.

En cuanto al contenido de urea, los valores más altos se presentaron en las pasturas que contenían leguminosas (Cuadro 19). Similares resultados obtuvieron Lascano y Avila (1991) quienes encontraron valores de urea en leche más altos en las asociaciones gramínea-leguminosa en comparación con los de la gramínea pura.

En cuanto a las variaciones en el contenido de urea en la leche producida a partir de las pasturas asociadas,

aunque no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 19), la asociación con *D. ovalifolium* presentó menores valores que la asociación con *A. pintoii*, lo cual coincide con el mayor contenido protéico y la mayor selectividad presentada por esta última leguminosa.

Por otro lado, el contenido de urea fue el doble durante el cuadrado III al compararse con el cuadrado IV (Cuadro 20). Esto podría estar relacionado con un menor contenido de energía en las pasturas durante la época seca del año, debido a una disminución en la digestibilidad de la materia seca.

En general, los contenidos altos de urea en leche (25-50 mg/dl) se han relacionado con sobrealimentación de proteína o con desequilibrio de energía-proteína en la dieta (CIAT, 1991). Los pocos estudios realizados sobre el contenido de urea en la leche producida en pasturas asociadas, parecen indicar que la energía proveniente de la gramínea no es suficiente para equilibrar en el rumen el mayor nivel de amonio proveniente de la leguminosa, por lo que mucho de éste podría ser secretado en la leche en forma de urea.

En la Figura 13 se muestran las variaciones en los niveles de urea de acuerdo a cuadrado y tratamiento. En ella se puede observar que los valores fueron superiores en el tercer cuadrado, para todos los tratamientos y que las pasturas con leguminosas presentaron cantidades similares y

Cuadro 20. Composición de la leche en los diferentes cuadrados evaluados.

Cuadrado	Proteína* (%)	Grasa* (%)	Sól.Tot.* (%)	Urea* (mg/dl)
III	3.84 ^a (0.15)	4.17 ^a (0.13)	13.02 ^a (0.25)	36.42 ^a (1.91)
IV	3.01 ^b (0.14)	3.64 ^b (0.12)	12.87 ^a (0.24)	17.90 ^b (1.83)

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel de (P<0.01).

*/ Números entre paréntesis corresponden a los errores estándar.

superiores a la de estrella en monocultivo. En cambio, durante el cuarto cuadrado, la cantidad de urea disminuyó considerablemente en todos los tratamientos, reduciéndose las diferencias entre las pasturas de estrella en monocultivo y asociada con *Desmodium*. Los valores semejantes durante el cuadrado III, en las dos asociaciones, a pesar del más bajo aporte protéico del *Desmodium* puede ser debido a que posiblemente las deficiencias energéticas también fueron mayores dada la menor digestibilidad presentada por esta pastura. En cambio, durante el cuadrado IV, las diferencias entre la pastura de estrella en monocultivo y estrella asociada con *Desmodium* se reducen considerablemente, debido posiblemente a que cuando mejora la calidad de las pasturas, la cantidad de energía consumida es suficiente para balancear el aporte de nitrógeno proporcionado por el *Desmodium*. Esto no ocurre en la pastura con *Arachis*, en la cual los

incrementos en digestibilidad no son suficientes para balancear el también mayor aporte protéico.

Lo anterior pudo ser comprobado cuando se realizó un balance energético protéico con la información de consumo y calidad de la materia seca, encontrándose que los animales que pastoreaban *A. pintoi* consumieron una relación proteína/energía equivalente a 2.85 veces más que la recomendada indicando un desbalance proteína-energía. A su vez, los animales que consumen *D. ovalifolium* varias veces no llegaron a alcanzar la relación proteína/energía recomendada para su nivel de producción debido a la menor digestibilidad y consumo de esta leguminosa.

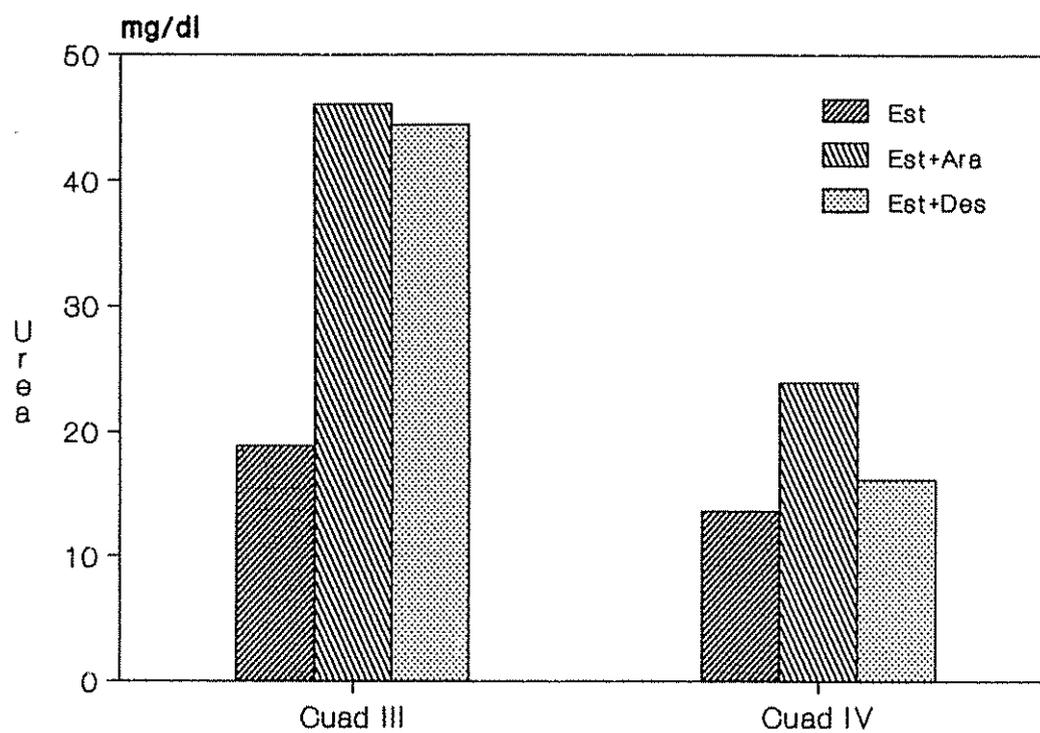


Figura 13. Variaciones en en contenido de ureas en leche en función de época (cuadrado) y tratamiento.

5 Discusión General

Todas las variables de respuesta evaluadas en el componente pastos, presentaron variaciones importantes debidas a tratamientos y a la época de evaluación (cuadrados).

Los resultados de este estudio indican que las leguminosas, en especial el *A. pintoi* CIAT 17434, tuvieron un efecto positivo sobre la cantidad y calidad del forraje ofrecido, sobre todo en la época de mínima precipitación. En este sentido, la disminución en la precipitación ocurrida hasta el tercer cuadrado de evaluación, provocó que la disponibilidad de la materia seca total y de la materia seca verde, así como la calidad del forraje ofrecido disminuyeran en todos los tratamientos. Sin embargo, en las pasturas asociadas las disminuciones en disponibilidad y calidad del forraje fueron de menor magnitud al compararse con la pastura de estrella en monocultivo.

Por otro lado, al comparar las dos pasturas asociadas en función de su resistencia a la sequía, se encontró que la pastura que incluyó *A. pintoi* CIAT 17434 fue la que presentó las mayores disponibilidades durante esta etapa y una mayor recuperación cuando se inició el período lluvioso. En cuanto a la pastura con *D. ovalifolium* CIAT 350, sus

disponibilidades fueron menores y similares a las del estrella en monocultivo.

En cuanto a los porcentajes de material verde e inerte ofrecidos, no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.2115$ y $P < 0.2081$, respectivamente). No obstante, los mayores valores para el porcentaje de material verde y los menores para el porcentaje de material inerte ofrecidos, se presentaron en las pasturas asociadas, tanto durante la época seca (cuadrado III) como en el período de lluvias (Cuadrado IV).

En cuanto a las variaciones en composición botánica de las pasturas, los resultados obtenidos indican que la pastura de estrella en monocultivo es insostenible bajo las condiciones de clima y manejo en las que fue evaluada. A lo largo de experimento se observó como la pastura de estrella en monocultivo se degradó dando lugar a incrementos de pasto natural y de malezas, a costa de la reducción del pasto estrella. Por el contrario, en las pasturas asociadas, la presencia de leguminosas favoreció tanto la disponibilidad como los porcentajes de estrella, lo que podría significar que los altos requerimientos nutritivos del estrella pudieron haber sido suplidos en gran medida, por las leguminosas. Estos incrementos en disponibilidad del estrella parecen aumentar su capacidad de competencia, lo cual aunado a la competencia ejercida por las leguminosas, parecen ser el

factor que está controlando el desarrollo de malezas y el incremento en pasto natural.

Un aspecto importante que pudo incidir considerablemente en la degradación de la pastura de estrella en monocultivo, además de los altos requerimientos nutritivos de este pasto, fue la presión de selección ejercida por los animales en pastoreo, la cual fue mucho mayor sobre el pasto estrella que sobre los demás componentes de la pastura (ver selectividad), pudiendo incidir incluso en la disponibilidad de pasto natural. Al mantener la carga constante y disminuir la disponibilidad de forraje total ofrecido debido a la disminución en precipitación, la presión ejercida sobre el estrella se incrementó no permitiendo su recuperación, aún cuando se inició el período de lluvias.

En este sentido, es importante notar que el mayor efecto de las leguminosas, en especial del *A. pintoi*, sobre la composición botánica de la pastura se dió durante la época de menor precipitación lo cual permitió que se mantuviera un balance aceptable de los diferentes componentes, aún cuando la presión de pastoreo aumentó.

Los resultados de calidad de las pasturas muestran que los menores valores de proteína cruda y digestibilidad se presentaron en el estrella solo, mientras que las pasturas asociadas no presentaron diferencias entre ellas, a pesar de

la baja digestibilidad del *D. ovalifolium* CIAT 350. Esto puede ser debido a una baja proporción de esta leguminosa en la muestra obtenida para análisis como consecuencia de su baja disponibilidad durante los períodos en que se evaluó la calidad de las pasturas (III y IV cuadrado). Por otro lado, la calidad de las pasturas fue mucho menor durante el cuadrado III (época de mínima precipitación) que durante el cuadrado IV (período lluvioso).

En cuanto a la selectividad de las leguminosas, se encontró que el *D. ovalifolium* es menos consumido que el *A. pintoï*. Así, el porcentaje de *D. ovalifolium* en la extrusa de animales fistulados al esófago, fue duplicado por el porcentaje de *A. pintoï*. Similares resultados se encontraron en cuanto al Índice de Selección (frecuencia de la leguminosa en la extrusa/frecuencia de la leguminosa en la pastura), el cual fue a favor de la leguminosa en el caso del *A. pintoï*, ocurriendo lo contrario con el *D. ovalifolium*.

Por otro lado, los porcentajes de leguminosa y estrella en la extrusa disminuyeron conforme transcurrieron los días de pastoreo, debido a que los animales no pudieron consumirlos al reducirse la disponibilidad de estos forrajes en la pastura, dando lugar a incrementos en los porcentajes de pasto natural y de material muerto.

Respecto al consumo de materia seca, se encontró que fue favorecido por la pastura asociada con *A. pintoi*, la cual superó al estrella en monocultivo y a la asociación con *D. ovalifolium*, los que a su vez, no difirieron entre ellos.

Por su parte, la producción de leche fue determinada principalmente por la calidad de material seleccionado y por el consumo realizado por los animales en pastoreo. De esta forma, se encontró que las mayores producciones durante todo el experimento se produjeron a partir de la pastura con *A. pintoi*, no encontrándose diferencias estadísticas entre las otras dos pasturas. Además, la producción de leche fue estable durante los tres primeros cuadrados, aumentando en el cuarto cuadrado, lo cual es resultado de una mayor calidad en la dieta.

Por otro lado, las leguminosas evaluadas no produjeron cambios en la composición química de la leche, con excepción del contenido de urea, el cual también presentó variaciones debido a la época de evaluación. Los resultados parecen indicar que los altos contenidos de urea en la leche dependen en gran medida del balance energía-proteína de la dieta. Así, durante la época seca, cuando se presentaron los menores valores en digestibilidad de las pasturas, también se presentaron las mayores valores en contenido de urea para todos los tratamientos, así como las mayores diferencias entre el estrella en monocultivo y las dos asociaciones, las

cuales presentaron valores semejantes. Mientras que durante la época de lluvias, cuando mejoró la digestibilidad de las pasturas y por lo tanto, el aporte energético fue mayor, los contenidos de urea disminuyeron para todos los tratamientos, llegando incluso a ser muy semejantes en las pasturas de estrella en monocultivo y asociado con *D. ovalifolium*, posiblemente debido a que en esta última pastura, el aporte protéico es menor permitiendo un mejor balance energía-proteína.

6 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos bajo las condiciones climáticas y de manejo en las cuales se realizó el presente estudio, permiten generar las siguientes conclusiones.

- 6.1 Las leguminosas, especialmente el *A. pintoii* CIAT 17434, favorecieron la sostenibilidad de las pasturas asociadas, ocurriendo lo contrario en la pastura de estrella en monocultivo, la cual tendió a degradarse dando lugar a la invasión de malezas y de pasto natural.
- 6.2 La leguminosa *A. pintoii* CIAT 17434 favoreció el consumo, la disponibilidad y la calidad nutritiva del forraje en oferta, especialmente durante la época seca, presentando también los mayores valores de selectividad, lo que permite un mayor suministro de nutrientes a los animales en pastoreo.
- 6.3 La asociación Estrella- *A.pintoii* tiene un alto potencial para la producción de leche, superior al de la asociación con *D. ovalifolium*.
- 6.4 Las leguminosas evaluadas no producen cambios en la composición química de la leche, con excepción del contenido de urea, el cual posiblemente se incrementa debido a que el aporte energético de la gramínea es

insuficiente para balancear la mayor cantidad de nitrógeno aportado por las leguminosas.

7 RECOMENDACIONES

- 1.- Validar a nivel de productores, la asociación de Estrella y *A. pintoï* CIAT 17434 en ecosistemas de trópico húmedo, donde la fertilidad y drenaje del suelo permiten un buen establecimiento de esta asociación.
- 2.- Evaluar el asocio de *A. pintoï* con otras gramíneas de menores requerimientos nutricionales para ampliar la utilización de asociaciones con esta leguminosa en suelos de fertilidad moderada y baja, muy frecuentes en la región tropical húmeda.
- 3.- Implementar métodos prácticos y económicos que permitan la obtención de semilla de *A. pintoï* para favorecer así, su difusión.
- 4.- Realizar evaluaciones respecto al efecto de la suplementación energética sobre la producción de leche y su contenido de urea cuando se utilizan asociaciones gramínea-leguminosa.

BIBLIOGRAFIA

- ABAUNZA, M.A.; LASCANO, C.E.; GIRALDO, H.; TOLEDO, J.M. 1991. Valor nutritivo y aceptabilidad de gramíneas y leguminosas tropicales en suelos ácidos. *Pasturas Tropicales*. Boletín (Col.) 13(2):2-9.
- ACOSTA, A. C. 1985. Establecimiento de asociaciones gramínea-leguminosa en Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 105 p.
- AGUIRRE, V. 1971. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación (CTEI). Tesis Mag. Sci., IICA, Turrialba, C.R. 139 p.
- BATEMAN, J.V.; PERALTA, M. 1962. Digestibilidad de una mezcla de Kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y pasto Honduras (*Axonopus unisetus*) (Paesil Schlecht). Turrialba (C.R.). 12(4):200-203.
- _____. 1970. Nutrición Animal. Manual de Métodos analíticos. México, D.F. Herrero. 468 p.
- CARNEVALI, H. A.A.; CHICCO, C.F. 1973. Composición de la leche y factores que la modifican. *In* Seminario sobre la Producción de Leche en Venezuela. (1973. Maracaibo, Ven.). Trabajos presentados. Caracas, Consejo Nacional de Investigaciones Agrícolas. p. 371-388.
- CASTILLO, A.E.; CIOTTI, E.M. 1988. Producción de forraje de gramíneas y leguminosas tropicales en Corrientes, Argentina. *Pasturas Tropicales*. Boletín. (Col.) 10(3):22-23.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1982. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1981. Cali, Col. 362 p.
- _____. 1983. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1982. Cali, Col. 387 p.
- _____. 1984. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1983. Cali, Col. 279 p.
- _____. 1985. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1984. Cali, Col. 408 p.
- _____. 1988. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1987. Cali, Col. 323 p.

- _____ 1990. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1989. Cali, Col. 354 p.
- _____ 1991. Programa de Pastos Tropicales. Informe Anual 1990. Cali, Col. 476 p.
- COSTA, N.de L.; GONCALVES, C.A.; OLIVEIRA, J.R. da C. 1991. Aviliacao agronomica de gramineas e leguminosas forrageiras associadas em Rondonia, Brasil. Pasturas Tropicales. Boletín (Col.) 13(3):35-38.
- CROWDER, L.V.; CHHEDA, H. R. 1982a. Herbage quality and nutritive value. In Tropical grassland husbandry. London, Longman. p. 346-384.
- _____ 1982b. Dairy production on tropical pastures. In Tropical grassland husbandry. London, Longman. p. 249-258
- CUBILLOS, H.; VOHNOUT, K.; JIMENEZ, C. 1975. Sistemas intensivos de alimentación del ganado en pastoreo. In El potencial para la producción de ganado de carne en América Tropical. Cali, Colombia, CIAT. p 215-241. (Serie c5-10)
- DIAS FILHO, M.B.; SIMAO NETO, M.; SERRAO, E.A.S. 1991. Avaliacao agronomica de leguminosas forrageiras para a Amazonia oriental brasileira. Pasturas Tropicales. Boletín (Col.) 13(3):31-34.
- EVANS, T. R. 1982. Overcoming nutritional limitations through pasture management. In Nutritional limits to animal production from pastures. J. B. Hacker (ed.). Farnham Royal, G.B. CAB p. 343-361
- FLORES, J.F.; STOBBS, T.H.; MINSON, D.J. 1979. The influence of the legume *Leucaena leucocephala* and formol-casein on the production and composition of milk from grazing cows. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 92(2):351-357.
- GARCIA-LOPEZ, R.; CRESPO, G. 1983. Efecto de la carga en la producción de leche de vacas en pastoreo de Pangola (*Digitaria decumbens* Stent). Revista Cubana de Ciencia Agrícola 17 (1):23-28.
- GARCIA L.,R.; PONCE,C. 1988. Principales factores que influyen en la composición de la leche. In Producción de leche a base de pastos tropicales: conferencias. La Habana, Cuba. EDICA. p. 109-176

- GIBBS, M.A.; TREACHER, T.T. 1976. The effect of herbage allowance on herbage intake and performance of lambs grazing perennial ryegrass and red clover swards. *Journal of Agricultural Science, Cambridge.* 86:355-365.
- GIRALDO, L.A.; HINCAPIE, A.C.; VASQUEZ, M.E.; ZAPATA, C.M. 1989. Evaluación de gramíneas y leguminosas en Amalfi, Colombia. *Pasturas Tropicales. Boletín (Col.)* 11(2):20-24.
- GLOVER, J. 1961. Milk production from pastures. *Tropical Grasslands (Australia)* 56:261-264.
- GONCALVES, C.A. 1984. Yield attributes of three grasses in association with *Desmodium ovlifolium* in an isohypertermic savanna environment of South America. *Tropical Agriculture (Trin.)* 61(2): 117-120.
- ; COSTA, N. de L.; OLIVEIRA, J.R.da C. 1987. Aviliacao de gramíneas e leguminosas forrageiras em Presidente Médici, Rondonia, Brasil. *Pastos Tropicales. Boletín (Col.)* 9(1):2-5
- GROF, B. 1982. Performance of *Desmodium ovalifolium* Wall, in legume-grass associations. *Tropical Agriculture (Trin.)* 59(1): 33-37.
- GROF, B. 1984. Yield attributes of three grasses in association with *Desmodium ovalifolium* in an isohyperthermic savanna environment of South America. *Tropical Agriculture (Trin.)* 61(2):117-120.
- 1985. *Arachis pintoii*, una leguminosa forrajera promisoría para los Llanos Orientales de Colombia. *Pastos Tropicales. Boletín Informativo (Col.)* 7(1):4-5
- HAYDOCK, K.; SHAW, N. 1975. The comparative yield method for stimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry (Australia).* 15:663-670.
- HEADY, J.F.; TORREL, D.T. 1959. Forage preference exhibited by sheep with esophageal fistula. *Journal of Range Management (EE.UU.)* 12(1):28-34.
- HENZELL, E. 1968. Sources of nitrogen for Queensland pastures. *Tropical Grasslands (Australia).* 2:1-17.
- HODGSON, J. 1982. Influence of sward characteristics on diet selection and herbage intake by the grazing animal. In *Nutritional limits to animal production from pastures.* J. B. Hacker (ed.). Farnham Royal, G.B., CAB. p. 153-166.

- HOLECHECK, J.L. 1990. Influence of six shrub diets varying in phenol content on intake and nitrogen retention by goats. *Tropical Grassland (Australia)*. 24 (2):93-98.
- HURTADO, M. J.A. 1988. Introducción de leguminosas y manejo del pastoreo en praderas degradadas de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sci. CATIE. Turrialba, C.R. 107 p.
- HUTTON, E.M. 1970. Tropical pastures. *Advances in Agronomy* 22:2-66.
- JONES, R.J. 1982. Efecto del clima, el suelo y el manejo del pastoreo en la producción y persistencia del germoplasma forrajero tropical. *In* O. Paladines y C. Lascano (eds.). *Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas: Metodologías de evaluación*. Reunión de Trabajo. Memorias. Cali, (Col.). CIAT. p 11-31.
- KRETSCHMER Jr., A.E. 1988. Consideraciones sobre factores que afectan la persistencia de leguminosas forrajeras tropicales. *Pasturas Tropicales*. Boletín. 10(1):28-33.
- LASCANO, C.E. 1982. Factores edáficos y climáticos que intervienen en el consumo y selección de plantas forrajeras bajo pastoreo. *In* O. Paladines y C. Lascano (eds.). *Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas: Metodologías de evaluación*. Reunión de Trabajo. Memorias. Cali, (Col.). CIAT. p 49-64.
- _____. 1991. Managing the grazing resource for animal production in savannas of tropical America. *Tropical Grassland (Australia)* 25:66-72.
- _____; AVILA, P.; QUINTERO, C.I.; TOLEDO, J.M.; 1991. Atributos de una pastura de *Brachiaria dictyoneura-Desmodium ovalifolium* y su relación con la producción animal. *Pasturas Tropicales*. Boletín (Col.) 13(2):10-20.
- _____; SALINAS, J. 1982. Efecto de la fertilidad del suelo en la calidad del *Desmodium ovalifolium*. *Pastos Tropicales*. Boletín Informativo (Col.) 7:4-5
- _____. 1983. La fertilización con azufre mejora la calidad de *Desmodium ovalifolium*. *Pastos Tropicales*. Boletín Informativo (Col.) 5(1):1-2.
- _____; THOMAS, D. 1988. Forage quality and animal selection of *Arachis pintoi* en asociación with tropical grasses in the Eastern Plains of Colombia. *Grass and Forage Science (G.B.)* 43:433-439.

- LENNE, J.M. 1983. Dos enfermedades amenazan el *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Pastos Tropicales, Boletín Informativo (Col.) 5(3):1-2.
- MAGLIERINA, R. 1976. Factores que afectan la composición de la leche. In 1^{er} Seminario de Producción Lechera. (1976. Montevideo, Uruguay). Montevideo, Ministerio de Educación y Cultura. Cap. XIV.
- MALDONADO, G.; VELASQUEZ, J. 1990. Evaluación preliminar del manejo del pastoreo en asociaciones gramíneas-leguminosas en el piedemonte caquetense, Colombia. Paturas Tropicales. Boletín (Col.) 12(2):11-14.
- MANNETJE, L. 't.; HAYDOCK, K.P.; 1963. The dry weight-rank method for the botanical analysis of pasture. Journal of British Grassland society (G.B.) 18:268-275.
- ; EBERSOHN, J.P. 1980. Relations between sward characteristics and animal production. Tropical Grasslands (Australia) 14:273-280.
- MARTINEZ, R.O.; MENCHACA, M.A. 1986. Respuesta a la suplementación energética o protéica de vacas en pastoreo. Revista cubana de Ciencia Agrícola 20(1):25-31.
- MINSON, D.J.; MILFORD, R. 1967. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature Pangola grass (*Digitaria decumbens*). Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry (Australia) 7:546-551.
- 1982. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. In Nutritional limits to animal production from pastures. J. B. Hacker (ed.). Farnham Royal, G.B., CAB. p. 167-182.
- MOE, P.W.; TYRREL, H.F. 1975. Efficiency of conversion of digested energy to milk. Journal of Dairy Science 58(4):602-610.
- OBANDO, T. S. 1990. Digestibilidad *in situ* de cinco leguminosas herbáceas con potencial forrajero para la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. UCR. Turrialba, C.R. 66 p.
- ORSKOV, B.R.; HOVELL, F.D.; MOULD, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. Producción Animal Tropical (R.D.) 5:213-233.
- PERALTA, A. et al. 1987. Recolección de leguminosas forrajeras nativas en el trópico de México. Pastos Tropicales. Boletín (Col.) 9(1):21-26

- PEREZ-INFANTE, F. 1977. Potencial nutritivo de los pastos tropicales para la producción de leche. In Reunión Latinoamericana de Producción Animal (5, 1977, La Habana, Cuba). Resúmenes. La Habana, ALPA. 26 p.
- PEZO, D. 1982. El pasto como base de la producción bovina. In CATIE (C.R.). Aspectos nutricionales en los sistemas de producción bovina en el trópico. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No.15. Turrialba, C.R. p. 87-109.
- REATEGUI, K; ARA, M.; SCHAUS, R. 1985. Evaluación bajo pastoreo de asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras en Yurimaguas, Perú. Pasturas Tropicales. Boletín (Col.) 7(3):11-14.
- ROIG, C.A. 1989. Evaluación preliminar de 200 accesiones de leguminosas forrajeras tropicales en un ecosistema de Bosque tropical lluvioso (Guápiles, Costa Rica). Tesis Mag. Sci. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 179 p.
- ROMERO, F.; BOREL, R.; CAMERO, A.; SIJBRANDIJ, S. 1988. Evaluación agronómica de gramíneas en la Zona Atlántica de Costa Rica. In Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales-CAC (1988, Veracruz, Méx.). [Trabajos Presentados]. Ed. por E.A. Pizarro. Veracruz, México, INIFAP, CIAT. p. 231-245.
- ROTAR, P.P. 1965. Tannins and crude proteins of tick clovers (*Desmodium* spp.). Tropical Agriculture (Trin.) 42(4):333-337.
- RUIZ, M.E. 1982. Suplementación de vacas lecheras en pastoreo. In CATIE (C.R.). Aspectos nutricionales en los sistemas de producción bovina en el trópico. CATIE. Serie Materiales de Enseñanza No. 15. Turrialba, C.R. p. 110-113.
- SCHULTZE-KRAFT, R.; BENAVIDES, G. 1988. Germplasm collection and preliminary evaluation of *Desmodium ovalifolium* Wall. CSIRO, Australia. Genetics Resources Communication no. 12. 20 p.
- SEIFFERT, N.F.; ZIMMER, A.H. 1988. Contribución de *Calopogonium muconoides* al contenido de nitrógeno en pasturas de *Brachiaria decumbens*. Pastos Tropicales. Boletín (Col.) 10(3):8-13.
- SENRA, A. 1988. Sistemas de producción de leche. Características y algunos aspectos de manejo. In Producción de leche a base de pastos tropicales: conferencias. La Habana, Cuba. EDICA. p. 1-32.

- SIGMA CHEMICAL COMPANY. 1985. Urea Nitrogen. Quantitative, ureasa/Berthelot determination in serum, plasma or urine at 500/650 nm. St. Louis, Mo. 10 p. (Procedure no. 640).
- STOBBS, T.H. 1976. Milk production per cow and per hectare from tropical pastures. In Seminario Internacional de Ganadería Tropical (1976, Acapulco, México). Memoria. México, D.F. FIRA, Secretaría de Agricultura y Ganadería. v. 4, p. 129-146.
-
- _____ 1977. Short-term effects of herbage allowance on milk production, milk composition and grazing time of cows grazing nitrogen-fertilized tropical grass pasture. Australian Journal of Experimental Agriculture and Husbandry. (Australia) 17:892-898.
- TERGAS, L. 1975. Factores que afectan la persistencia de las leguminosas en asociaciones de leguminosas y gramíneas tropicales. In Conferencia sobre Ganadería y Avicultura en América Latina (9, 1975, Univ. Fla.) (Informe). p. 24A-26A.
- TERGAS, L. 1982. Efecto del manejo del pastoreo en la utilización de la pradera tropical. In O. Paladines y C. Lascano (eds.). Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas: Metodologías de evaluación. Reunión de Trabajo. Memorias. Cali, (Col.). CIAT. p 75-80.
- TILLEY, J.; TERRY, R. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. Journal of the British Grassland Society (G.B.) 18:104-111.
- TORO, O.M.N. 1990. Productividad animal en pasturas de *Brachiaria humidicola* (CIAT 679) solo y en asociación con *Desmodium ovalifolium* (CIAT 13089) bajo un sistema de manejo flexible de pastoreo. Tesis Mag. Sci. CATIE. Trurrialba, C.R. 111 p.
- VALLE, A.; SHULTZ, E.; BODISCO, V.; SHULTZ, T.A.; CHICCO, C.F. 1974. Niveles de fibra y proteína en suplementos para vacas lecheras. Agronomía Tropical. Serie Zootécnica 24(3):159-167.
- VALERO, O.A.; PIZARRO, E.A.; FRANCO, L.H. 1987. Producción de seis leguminosas forrajeras solas y en asociación con dos gramíneas tropicales. Patos Tropicales. Boletín (Col.) 9(1):6-11
- VALLIS, I.; GARDENER, L. 1984. Nitrogen inputs into agricultural systems by *Stylosanthes*. In H. M. Stace and L.A. Edey (eds.) Agronomy of *Stylosanthes*. Academy Press, Sydney. p. 359-380.

- VAN HEURCK, B. L.M. 1990. Evaluación del pasto estrella (*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. Tesis Mag. Sci. CATIE. Turrialba, C.R. 111 p.
- VILLARREAL, M.; CHAVEZ, O. 1991. Adaptación y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos, Costa Rica. Pasturas Tropicales. Boletín (Col.) 13(2):31-38.
- WILSON, J.R. 1982. Environmental and nutritional factors affecting herbage quality. In Nutritional limits to animal production from pastures. J. B. Hacker (ed.). Farnham Royal, G.B., CAB. p. 111-131.

APENDICE

Cuadro 1A. Resumen de los análisis de varianza para disponibilidad de biomasa total (M.S.T.), material verde (M.V.) y material inerte (M.I.) ofrecido y residual.

Fuente de Variación	M.S.T. Ofrec.	M.S.T. Res.	M.V. Ofrec.	M.V. Res.	M.I. Ofrec.	M.I. Res.
	----- Pr > F -----					
Rep	0.4667	0.5101	0.6097	0.7813	0.6197	0.7813
Trat	0.0929	0.1130	0.2115	0.7768	0.2081	0.7768
Error (a)	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Cuad	0.0001	0.0001	0.0197	0.8994	0.0219	0.8994
Trat*Cudad	0.0149	0.0245	0.2276	0.8255	0.2270	0.8255
Error (b)	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Per(Cuad)	0.0001	0.0064	0.0003	0.2068	0.0003	0.2068
Trat*Per(cuad)	0.5185	0.5760	0.2067	0.8001	0.2061	0.8001

Cuadro 2A. Disponibilidad de biomasa total (kg MS ha⁻¹) por cuadrado y tratamiento para materia seca ofrecida y residual.

Cuadrado	Tratamiento*	M.S.T. Ofrecida	M.S.T. Residual
I	E	5203	3678
	E + A.p	5270	3942
	E + D.o	5893	5055
II	E	3497	2897
	E + A.p	3252	2988
	E + A.p	4092	3460
III	E	2378	1948
	E + A.p	2952	2863
	E + D.o	2673	2362
IV	E	2927	2007
	E + A.p	4382	3112
	E + D.o	3212	2558
Error estándar		217	204

* / E = Estrella; D.o = Desmodium ovalifolium CIAT 350;
A.p = Arachis pintoi CIAT 17434

Cuadro 3A. Disponibilidad de biomasa total ofrecida y residual (kg MS ha⁻¹) por período dentro de cuadrado.

Cuadrado	Periodo	M.S.T. Ofrecida	M.S.T. Residual
I	1	6352	4580
	2	5458	4335
	3	4557	3760
II	1	4107	2757
	2	3538	2958
	3	3195	3630
III	1	2532	2140
	2	2352	2007
	3	3120	3027
IV	1	2863	2876
	2	3640	2648
	3	4017	2152
Error estándar		224	238

Cuadro 4A. Porcentajes promedio del material verde e inerte ofrecido y residual en los cuadrados evaluados.

	Ofrecido		Residual	
	M.V.	M.I.	M.V.	M.I.
Cuadrado III	80.3	19.7	68.0	31.9
Cuadrado IV	85.5	14.5	68.6	31.4
Error estándar	0.8	0.8	2.8	2.9

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel ($P < 0.05$) según la prueba de Duncan

Cuadro 5A. Porcentajes promedio del material verde e inerte ofrecido y residual por tratamiento dentro de cuadrado.

Cuadrado	Tratamiento*	Ofrecido		Residual	
		M.V.	M.I.	M.V.	M.I.
III	E	75.3	24.7	67.3	32.7
	E + A.p	84.2	15.8	68.8	31.2
	E + D.o	81.3	18.7	68.0	32.0
IV	E	83.0	17.0	68.0	32.0
	E + A.p	85.8	14.3	66.2	33.8
	E + D.o	87.8	12.2	71.7	28.3
Error estándar		1.4	1.5	5.0	5.0

* / E = Estrella; D.o = Desmodium ovalifolium CIAT 350;
A.p = Arachis pintoi CIAT 17434

Cuadro 6A. Composición botánica de la pradera (%) a través de los diferentes cuadrados evaluados

Cuadrado	Estrella	Leguminosa	Maleza	Natural
	(%)			
I	41 ^a	29 ^a	4 ^a	26 ^a
II	36 ^b	29 ^a	5 ^a	30 ^c
III	36 ^b	19 ^b	4 ^a	41 ^b
IV	31 ^b	18 ^b	4 ^a	47 ^a
Error estándar	13.0	1.4	0.1	12.0

Cuadro 7A. Composición botánica de la pradera (%) por período dentro de cuadrado.

Cuadrado	Período	Estrella	Leguminosa	Malezas	Natural
I	1	36	33	5	26
	2	39	28	3	30
	3	49	26	3	22
II	1	43	27	4	26
	2	35	30	5	30
	3	29	32	6	33
III	1	38	16	4	42
	2	29	26	5	40
	3	40	14	3	43
IV	1	34	16	4	46
	2	33	18	4	45
	3	28	18	5	49
Error estándar		3.0	3.0	0.1	2.0

Cuadro 8A. Composición botánica de la pradera (%) por cuadrado y tratamiento

Cuadrado	Tratamiento*	Estrella	Leguminosa	Maleza	Natural
I	E	49	0	10	41
	E + A.p	40	41	1	18
	E + D.o	34	45	2	19
II	E	40	0	15	45
	E + A.p	34	43	2	22
	E + D.o	33	43	2	22
III	E	26	0	7	67
	E + A.p	36	34	3	27
	E + D.o	45	22	3	30
IV	E	18	0	10	72
	E + A.p	38	33	2	27
	E + D.o	38	20	2	40
Error estándar		5.0	2.0	0.1	6.0

*/ E = Estrella; D.o = Desmodium ovalifolium CIAT 350;
A.p = Arachis pintoi CIAT 17434

Cuadro 9A. Resumen de los análisis de varianza para los componentes de la pradera.

Fuente de Variación	G1	Estrella	Leguminosa*	Maleza	Natural
Rep	1	0.4335	0.4531	0.7354	0.4697
Trat	2	0.9674	0.3589	0.0393	0.3107
Error (a)	2	-----	-----	-----	-----
Cuad	3	0.2076	0.0002	0.2577	0.0052
Trat*Cudad	6	0.0500	0.0108	0.0450	0.4377
Error (b)	9	-----	-----	-----	-----
Per(Cuad)	8	0.0052	0.0324	0.0143	0.2110
Trat*Per(Cuad)	16	0.5611	0.6981	0.2369	0.2257
Error (c)	24	-----	-----	-----	-----

* Los G1 en el componente leguminosa, corresponden a 1, 1, 1, 3, 3, 6, 8, 8 y 16, respectivamente.

Cuadro 10A. Disponibilidad de componentes en términos de materia seca total (kg MS ha⁻¹) en los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamiento	Estrella	Leguminosa	Maleza	Natural
	(%)			
Estrella	1262 ^a	0	136 ^a	1873 ^a
Estrella + Arachis	1500 ^a	1490 ^a	59 ^b	905 ^a
Estrella + Desmodium	1470 ^a	1416 ^a	57 ^b	1018 ^a
Error estándar	536	32	9.6	451

Medias con diferente letra dentro de columna difieren al nivel (P<0.05) según la prueba de Duncan.

Cuadro 11A. Disponibilidad de componentes en términos de materia seca total (kg MS ha⁻¹) por período dentro de cuadrado.

Cuadrado	Período	----- (%) -----			
		Estrella	Leguminosa	Malezas	Natural
I	1	2307	3090	118	1642
	2	2111	2378	84	1609
	3	2219	1859	77	963
II	1	1809	1593	90	1042
	2	1216	1574	95	1050
	3	930	1500	102	1045
III	1	925	645	66	1080
	2	696	948	79	897
	3	1293	726	60	1256
IV	1	916	719	70	1339
	2	1287	1122	72	1490
	3	1215	1282	92	1771
Error estándar		171	149	7	151

Cuadro 12A. Resumen de los análisis de variación para la disponibilidad total de los componentes de la pradera

Fuente de Variación	G1	Estrella	Leguminosa*	Maleza	Natural
Rep	1	0.4410	0.2148	0.9223	0.5051
Trat	2	0.9449	0.3479	0.0431	0.4206
Error (a)	2	-----	-----	-----	-----
Cuad	3	0.0001	0.0001	0.0174	0.0605
Trat*Cudad	6	0.0273	0.0039	0.0052	0.9482
Error (b)	9	-----	-----	-----	-----
Per(Cuad)	8	0.0199	0.0018	0.0112	0.0396
Trat*Per(Cuad)	16	0.7444	0.7402	0.2922	0.5507
Error (c)	24	-----	-----	-----	-----

* Los G1 en el componente leguminosa, corresponden a 1, 1, 1, 3, 3, 6, 8, 8 y 16, respectivamente.

Cuadro 13A. Resumen de los análisis de varianza para los parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca de las diferentes especies utilizadas.

Fuente de Variación	A	B	P	c
Período	0.5286	0.7733	0.8114	0.0084
Animal	0.6140	0.3461	0.6025	0.0263
Error (a)	-----	-----	-----	-----
Tratamiento	0.0042	0.0214	0.0032	0.0009
Ani* trat	0.6204	0.1180	0.8711	0.8767
Error (b)	-----	-----	-----	-----

Cuadro 14A. Digestibilidad in vitro y proteína cruda de la materia seca total, material verde y material inerte ofrecido en los diferentes tratamientos y cuadrados evaluados.

Cuadrado	Tratamiento*	DIVMS Total	DIVMS verde	DIVMS Inerte	PC Total	PC verde	PC inerte
Cuadrado III	E	47.1	57.0	32.8	10.2	11.4	7.7
	E + A.p	51.9	55.5	29.7	13.7	14.3	7.4
	E + D.o	52.7	56.6	34.9	12.3	13.6	8.4
Cuadrado IV	E	58.4	61.4	31.2	13.6	13.5	6.8
	E + A.p	58.3	61.6	29.1	15.8	15.2	6.5
	E + D.o	60.0	62.3	31.1	16.1	15.4	7.5
Error estándar		0.8	1.5	0.8	0.7	0.5	0.2

*/ E = Estrella; D.o = Desmodium ovalifolium CIAT 350;
A.p = Arachis pintoi CIAT 17434

Cuadro 15A. Resumen de los análisis de varianza para la digestibilidad in vitro y la proteína cruda de la materia seca total, material verde y material inerte ofrecidos.

Fuente de Variación	DIVMS Total	DIVMS verde	DIVMS Inerte	PC Total	PC verde	PC inerte
Rep	0.8597	0.2260	0.7216	0.1446	0.3216	0.3022
Trat	0.1417	0.7201	0.0925	0.1079	0.1427	0.2798
Error (a)	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Cuad	0.0010	0.0200	0.0579	0.0100	0.0287	0.0169
Trat*Cudad	0.0984	0.8299	0.2668	0.5137	0.5792	0.9853
Error (b)	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Per(Cuad)	0.0399	0.5655	0.0049	0.0144	0.0025	0.0084
Trat*Per(Cuad)	0.2172	0.8454	0.6226	0.8390	0.5495	0.7979

Cuadro 16A. Composición botánica (%) de la extrusa de animales fistulados al esófago de acuerdo con tratamiento y día de pastoreo.

Día	Tratamiento	Estrella	Leguminosa	Natural	Muerto
1	E + A.p	47.8 (2.7)	44.3 (3.2)	2.0 (1.1)	6.0 (2.1)
	E + D.o	76.8 (2.7)	13.8 (3.2)	3.0 (1.7)	6.5 (2.1)
2	E + A.p	48.4 (4.8)	36.4 (5.0)	4.9 (1.1)	11.1 (3.3)
	E + D.o	59.3 (3.2)	19.0 (3.7)	6.00 (1.2)	15.71 (2.5)
3	E + A.p	45.5 (2.7)	33.0 (3.2)	7.8 (1.1)	15.3 (2.1)
	E + D.o	58.0 (3.2)	17.7 (3.7)	5.0 (1.2)	18.3 (2.5)

*/ Los números entre paréntesis corresponden a los errores estándar; E = Estrella; D.o = Desmodium ovalifolium CIAT 350; A.p = Arachis pintoi CIAT 17434

Cuadro 17A. Resumen de los análisis de varianza para la composición botánica (%) del material seleccionado por animales fistulados al esófago

Fuente de Variación	Gl	Estrella	Leguminosa	Natural	Muerto
Período	1	0.8024	0.2171	0.5000	0.1215
Tratamiento <i>Villa</i>	1	0.1013	0.0543	0.6740	0.2265
Error (a)	1	-----	-----	-----	-----
Día	2	0.0076	0.5559	0.0117	0.0014
Día * Trat	2	0.0179	0.0871	0.2223	0.7054
Error (b)	19	-----	-----	-----	-----

Cuadro 18A. Digestibilidad in vitro y proteína cruda de la materia seca seleccionada por animales fistulados al esófago por tratamiento y día de pastoreo

Día de Past.	Tratamiento*	DIVMS* (%)	PC* (%)
1	E	50.6 (1.7)	12.8 (0.7)
	E + A.p	58.0 (1.7)	17.5 (0.7)
	E + D.o	56.7 (1.7)	13.3 (0.7)
3	E	49.0 (2.0)	10.0 (0.9)
	E + A.p	50.9 (2.0)	13.1 (0.8)
	E + D.o	44.5 (2.0)	10.5 (0.9)
5	E	43.8 (1.7)	10.3 (0.7)
	E + A.p	53.1 (1.7)	13.3 (0.7)
	E + D.o	44.1 (2.0)	11.3 (0.9)

*/ Los números entre paréntesis corresponden a los errores estándar; E = Estrella; D.o = Desmodium ovalifolium CIAT 350; A.p = Arachis pintoi CIAT 17434

Cuadro 19A. Resumen de los análisis de varianza para la digestibilidad in vitro y la proteína cruda de la materia seca seleccionada por animales fistulados al esófago

Fuente de Variación	Gl	DIVMS	PC
Período	1	0.3297	0.2846
Tratamiento	2	0.3587	0.0271
Error (a)	2	-----	-----
Día	2	0.0001	0.0001
Día * Trat	4	0.0473	0.6230
Error (b)	31	-----	-----

Cuadro 20A. Coeficientes de Correlación para los parámetros de calidad (Digestibilidad y Concentración protéica) del forraje total ofrecido (MSTO), material verde (MV), muestras simulando el pastoreo (MP) y extrusa de animales fistulados al esófago (Ext)*.

	<u>DIGESTIBILIDAD</u>			
	MSTO	MV	MP	EXT
MSTO	1.00 (0.000)	0.72 (0.0001)	0.71 (0.0001)	-0.32 (0.5411)
MV	0.72 (0.001)	1.00 (0.000)	0.77 (0.0001)	0.48 (0.3334)
MP	0.71 (0.0001)	0.77 (0.0001)	1.00 (0.000)	-0.22 (0.6793)
EXT	-0.32 (0.5411)	0.48 (0.3334)	-0.22 (0.6793)	1.00 (0.000)
	<u>PROTEINA</u>			
MSTO	1.00 (0.000)	0.64 (0.0001)	0.65 (0.0001)	0.33 (0.5266)
MV	0.64 (0.0001)	1.00 (0.000)	0.58 (0.0002)	0.36 (0.4806)
MP	0.65 (0.0001)	0.58 (0.0002)	1.00 (0.000)	0.80 (0.0542)
EXT	0.33 (0.5266)	0.36 (0.4806)	0.80 (0.0542)	1.00 (0.000)

*/ Números entre paréntesis corresponden al nivel de probabilidad de R

Cuadro 21A. Producción promedio de leche diaria de acuerdo con los tratamientos y cuadrados evaluados

Cuadrado	Tratamiento*	Prod. de leche (kg/v/d)
I	E	9.43
	E + Ap.	10.55
	E + Do.	8.63
II	E	8.73
	E + A.p	10.23
	E + D.o	8.94
III	E	8.86
	E + A.p	10.31
	E + D.o	8.86
IV	E	10.95
	E + A.p	11.91
	E + D.o	10.66
Error estándar		0.4

*/ E = Estrella; D.o = Desmodium ovalifolium CIAT 350;
A.p = Arachis pintoi CIAT 17434

Cuadro 22A. Producción promedio de leche diaria de acuerdo a periodo dentro de cuadrado

Cuadrado	Período	Prod. de leche (kg/v/d)
I	1	10.79
	2	9.81
	3	8.00
II	1	9.32
	2	9.63
	3	8.95
III	1	10.67
	2	9.76
	3	8.23
IV	1	11.75
	2	11.69
	3	10.07
Error estándar		0.4

Cuadro 23A. Análisis de Varianza para producción de leche en los diferentes tratamientos evaluados.

Fuente de Variación	Gl	C.M.	Valor de F	Pr > F
Cuadrado	3	11.15	9.64	0.0001
Tratamiento	2	13.17	11.39	0.0001
No. Parto	5	6.06	5.24	0.0009
Vaca(Cuad)	8	7.61	6.59	0.0001
Per(cuad)	8	6.58	5.69	0.0001
Cuad*Trat	6	0.62	0.54	0.7770

C.V. = 10.97

Cuadro 24A. Composición de leche de acuerdo con los tratamientos y cuadrado evaluados

Cuadrado	Tratamiento*	Prot.* (%)	Grasa* (%)	Sól.Tot.* (%)	Urea* (mg/dl)
III	E	4.2 (0.3)	4.1 (0.3)	13.0 (0.5)	18.9 (3.6)
	E + A.p	3.7 (0.2)	4.2 (0.2)	13.1 (0.4)	46.0 (3.2)
	E + D.o	3.6 (0.2)	4.2 (0.2)	12.92 (0.4)	44.4 (3.2)
IV	E	3.1 (0.2)	3.7 (0.2)	13.0 (0.4)	13.6 (3.2)
	E + A.p	3.1 (0.2)	3.6 (0.2)	12.9 (0.4)	23.9 (3.2)
	E + D.o	2.93 (0.2)	3.58 (0.22)	12.7 (0.4)	16.2 (3.2)

*/ Los números entre paréntesis corresponden a los errores estándar; E = Estrella; D.o = Desmodium ovalifolium CIAT 350; A.p = Arachis pintoi CIAT 17434

Cuadro 25A. Composición de leche de acuerdo a periodo dentro de cuadrado

Cuadrado	Período	Prot.* (%)	Grasa* (%)	Sól.Tot.* (%)	Urea* (mg/dl)
III	1	4.42 (0.27)	4.19 (0.25)	12.95 (0.48)	31.79 (3.57)
	2	3.41 (0.24)	4.08 (0.22)	13.08 (0.42)	47.77 (3.16)
	3	3.69 (0.24)	4.24 (0.22)	13.03 (0.42)	29.72 (3.16)
IV	1	3.18 (0.24)	3.32 (0.22)	12.18 (0.42)	21.41 (3.16)
	2	2.88 (0.24)	3.61 (0.22)	12.28 (0.42)	14.22 (3.16)
	3	2.99 (0.24)	3.99 (0.22)	14.16 (0.42)	18.08 (3.16)

*/ Los números entre paréntesis corresponden a los errores estándar.

Cuadro 26A. Resumen de los análisis de varianza realizados a los componentes de la leche.

Fuente de Variación	Gl	Proteína	Grasa	Sól.Tot.	Urea
Cuad	1	0.0005	0.0086	0.6797	0.0001
Trat	2	0.3278	0.9974	0.8422	0.0001
Per(Cuad)	4	0.1003	0.3235	0.0237	0.0038
Vaca(Cuad)	4	0.2242	0.2489	0.0425	0.0060
Cuad*Trat	2	0.4848	0.8292	0.9670	0.0064

Cuadro 27A. Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y contenido protéico (PC) en muestras tomadas simulando el pastoreo en función de cuadrado y tratamiento.

Cuadrado	Tratamiento	DIVMS	PC
		----- (%)-----	
III	Estrella	53.9	11.6
	Estrella + Arachis	52.7	14.1
	Estrella + Desmodium	52.8	13.2
IV	Estrella	61.0	15.0
	Estrella + Arachis	61.3	16.3
	Estrella + Desmodium	61.7	16.2
Error estándar		0.8	0.7

Cuadro 28A. Datos de precipitación (mm) acumulada cada diez días (década) durante la fase experimental

Mes	Año	Década 1	Década 2	Década 3
Mayo	1991	115.8	74.9	38.6
Junio		69.8	180.3	75.4
Julio		87.6	88.5	150.1
Agosto		104.2	276.2	61.0
Septiembre		78.9	28.4	44.8
Octubre		35.2	55.5	118.8
Noviembre		74.7	123.7	186.2
Diciembre		94.8	7.0	31.8
Enero	1992	5.8	11.3	20.9
Febrero		11.3	13.6	17.2
Marzo		45.9	4.5	0.0
Abril		0.0	49.5	118.1
Mayo		160.3	47.7	11.4
Junio		32.6	112.4	57.9
Julio		95.9	30.0	115.2

Cuadro 29A. Peso de las vacas que pastorearon los diferentes tratamientos en cada ciclo de pastoreo.

Cuadrado	Periodo	Tratamiento*	Peso Vacas (kg)
I	1	E	328
		E + A.p	269
		E + D.o	338
	2	E	355
		E + A.p	302
		E + D.o	328
	3	E	328
		E + A.p	353
		E + D.o	303
II	1	E	362
		E + A.p	332
		E + D.o	372
	2	E	304
		E + A.p	344
		E + D.o	325
	3	E	357
		E + A.p	327
		E + D.o	308
III	1	E	362
		E + A.p	339
		E + D.o	275
	2	E	341
		E + A.p	368
		E + D.o	336
	3	E	341
		E + A.p	318
		E + D.o	318
IV	1	E	380
		E + A.p	356
		E + D.o	304
	2	E	314
		E + A.p	346
		E + D.o	373
	3	E	371
		E + A.p	318
		E + D.o	318

*/ E = Estrella; D.o = D. ovalifolium; A.p = A. pintoii