

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACION
ESCUELA DE POSTGRADO

EVALUACION DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE *Cratylia argentea*
COMO SUPLEMENTO EN EL SISTEMA DE PRODUCCION DOBLE
PROPOSITO EN EL TROPICO SUBHUMEDO DE COSTA RICA

POR

MARCO HELI FRANCO VALENCIA



Turrialba, Costa Rica
1997

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE
INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
CATIE**

**PROGRAMA DE ENSEÑANZA
ÁREA DE POSTGRADO**

CATIE

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE *Cratylia argentea*
COMO SUPLEMENTO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DOBLE
PROPOSITO EN EL TROPICO SUBHUMEDO DE COSTA RICA**

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

Magister Scientiae

por

MARCO HELI FRANCO VALENCIA

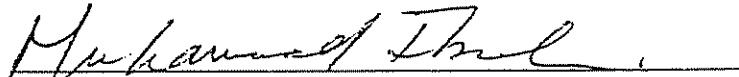
Turrialba, Costa Rica

1997

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por la Jefatura del Area de Postgrado en ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del CATIE y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

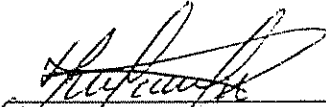
FIRMANTES:



Muhammad Ibrahim, Ph.D.
Profesor Consejero



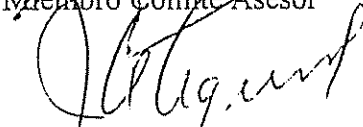
Danilo Pezo, Ph.D.
Miembro Comité Asesor



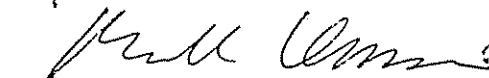
Alberto Camero, M.Sc.
Miembro Comité Asesor



José Luis Araya, M.Sc.
Miembro Comité Asesor



Juan Antonio Aguirre, Ph.D.
Jefe, Area de Postgrado



Markku Kanninen, Ph.D.
Director, Programa de Enseñanza



Marco Heli Franco Valencia
Candidato

DEDICO

A mis adorados padres José Martín y Ana Teresa (quien ahora celebra desde el cielo, q.e.p.d.), por su gran sacrificio, abnegada dedicación, total entrega y el ejemplo dado, por habernos señalado el camino del estudio y por no ahorrar esfuerzo en nuestra formación integral como personas de bien, para hacer de sus hijos lo que somos y lo que les merecemos **"TODO"**.

A mis queridos hermanos: Uriel, Helena, Gloria, Javier, Carlos, Martín, Olga y Jairo, por que siempre contamos el uno con el otro, por la unión, la hermandad, el respeto y la comprensión. Además, por que en los momentos más difíciles de mi vida, nunca me han abandonado y por el contrario, a pesar de todo, su apoyo ha sido incondicional; por eso son muy importantes en mi vida y nuestros logros.

A mi esposa Norha y mis hijos Valentina y Juan José, por haberlos dejado tanto tiempo solos y por que han sabido soportar mi ausencia durante los últimos años; por eso siguen siendo la razón de ser de la búsqueda de nuestro mejor estar.

A Elizabeth, Teresa, Patricia, Noel, Rigoberto y Rafael por su amistad y cariño, por comprendernos como somos y por la paciencia y perseverancia para poder convivir con mis hermanos (as) y mis sobrinos (as).

A todos mis sobrinos(as) por ser tan especiales, inquietos y cariñosos.

A todos mis compañeros de trabajo, en especial a Yamile, Olguita, Dorita, Gonzalo, Jorge, Jaime, Nelsón, Oscar, Yesid, César, Germán, Jhon Jairo, Alfonso, Hugo, Nicolás, Marco, Fabio, Francy y el Sacerdote Rigoberto.

A Oscar, a quien considero uno más de la familia.

A Jaime, mi paisano, colega y amigo por compartir ésta vida CATIESCA y por que a pesar de todo pudimos crecer en la diferencia.

Al Núcleo Familiar Franco Asociados.

A todos los campesinos del mundo, por que con sus largas y extenuantes jornadas de trabajo hacen posible el pan nuestro de cada día.

A todas aquellas personas para quienes estudiar, aprender, investigar, enseñar, y superarse cada día es satisfacción de toda su vida.

AGRADEZCO

Son muchos los seres, personas e instituciones sin los cuales no hubiese llegado a la meta, en especial no quiero dejar pasar ésta oportunidad para hacer público reconocimiento de mi sentimiento sincero de gratitud:

Al Padre Eterno, "**DIOS**" Todopoderoso, por las bendiciones recibidas.

Al Dr. Muhammad Ibrahim y familia, más que mi profesor consejero, mi MAESTRO, por su gran DON de gente y la confianza brindada; su amistad y valiosas enseñanzas; el apoyo incondicional durante estos dos años y por la acertada dirección en el trabajo de tesis que hoy culmina con éxito en mi Maestría. También a su señora Yasmin y su hija Nafeeza, por su gentileza y haberme permitido compartir el calor de su hogar.

Al Dr. Danilo Pezo, miembro del comité asesor, por las sugerencias tan oportunas en el proyecto de tesis y en el análisis y discusión de resultados para enriquecer éste trabajo; además por la minuciosa revisión del documento final de la tesis.

A los M. Sc. Alberto Camero y José Luis Araya, miembros del comité asesor, por la colaboración brindada y la revisión del documento final de la tesis.

A los señores José Antonio López y Juan Esquivel, dueño y trabajador de la Finca en donde realice el trabajo de tesis, por su amistad y colaboración, su sencillez y humildad y por compartir conmigo la ardua labor de la fase de campo.

A Franklin López y Carlos Aguirre del Laboratorio de Fitoquímica del CATIE, por su amistad, enseñanzas y colaboración en los análisis de laboratorio.

A Jhonny Pérez y Gustavo López por el apoyo en los análisis estadísticos de los resultados.

A los trabajadores de la Finca Experimental del CATIE, en especial a los señores Francisco Nuñez, José Angel Quiroz y Minor Torres.

A los compañeros de la unidad de arboles/arbustos forrajeros, en especial a Paulo Dittel y Patricia Aguilar por la amistad y el apoyo logístico brindado.

A Nils Solorzano, funcionario del MAG en Esparza, por el entusiasmo y la colaboración brindada especialmente finalizando la fase de campo.

A los Drs. Pedro Argel del CIAT y Francisco Romero de la ECAG, por el apoyo brindado al final de la fase de campo.

A todos los profesores del CATIE por sus invaluable enseñanzas y por contribuir a mi formación personal y profesional.

A todos los funcionarios y personal del CATIE que me colaboraron en lo que a bien tuve, en su debido momento y oportunidad, y lo hicieron con mucho gusto.

A las familias Ticas Camacho Agüero en Turrialba; López Garita y Lobo López en San Miguel de Barranca, por que me trataron como si fuese un integrante más de la familia y me hicieron sentir aquí en Costa Rica como en mi propia casa.

Al Dr. Elkin Bustamante, su Sra. Edith y su hija Paolita, por que su hogar se convierte en un rinconcito de Colombia aquí en el CATIE, para todos los coterráneos y contertulios que tenemos el gusto y placer de visitarlos y disfrutarlo.

A todos los compañeros de Maestría, en especial a mis compatriotas Jairo Cuervo y Jaime Cárdenas; a los colegas de Sistemas Agroforestales Xochilt Estrada, Maribel Jiménez, Felicita González, Jenny Estivaris, Jorge Esquivel, Tomas Ludewigs y Roberto Valdivieso; a Henry McRonie, Almeida Siteo y Rudy Guzmán con quienes compartí el apartamento 8C-90 del edificio Norte América; a Juan Carlos Camacho Agüero, por haber sido un Tico PURA VIDA conmigo; a Adriana Ortín, Lorena Ochoa, Herminia Palacios, Martín Simón, Edwin Solorzano, Mario Orellana, Gilberto Samaniego, Carlos Reyes, Alfonso Castillo, Manuel Rincón, Juan Jovel, Juan Carlos Godoy, Jaime Terán, Arturo Izurieta, Erick Vargas, Vladimir Villalba, Elvis Olivares y Roberto Herasme. Por su amistad, por compartir conmigo momentos inolvidables; además, por haberme permitido conocer a la gran Nación y Cultura Latinoamericana y del Caribe.

A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron que el sueño de hace dos años hoy sea una realidad. Gracias, muchas GRACIAS.

Al pueblo COLOMBIANO quien con sus aportes al Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) hizo posible la comisión de estudios.

Al SENA por darme la oportunidad de seguir creciendo.

A la World Wildlife Foundation (WWF) y a FUNDATROPICOS por haberme facilitado los medios económicos, a través de las becas, para poder culminar felizmente ésta otra etapa de mi vida, la cual es decisiva para poder continuar con mis estudios.

Por todo lo anterior DIOS les ha de saber compensar y yo les quedo en deuda sincera de gratitud.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Manizales, Departamento de Caldas, Colombia. El día 06 de Marzo de 1962.

Curso sus estudios primarios y secundarios en su ciudad de origen; en 1978 obtuvo el título de Bachiller en el Instituto Universitario de Caldas.

En 1979 ingresó a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Caldas, hoy Facultad de Ciencias Agropecuarias, egresó en 1983 y se graduó como Ingeniero Agrónomo en 1984.

Durante 1984-1985 laboró con el comité de cafeteros de Caldas en la campaña contra la roya del café.

Desde 1986, hasta hoy en comisión de estudios, trabaja con el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Regional Caldas, desempeñándose como Instructor en Agricultura.

En Enero de 1996, inició estudios de postgrado en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), obteniendo el grado de Magister Scientiae en Agricultura Tropical Sostenible con énfasis en Sistemas Agroforestales en Diciembre de 1997.

FRANCO V., M.H. 1997. Evaluación de la calidad nutricional de *Cratylia argentea* como suplemento en el sistema de producción doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 75 p.

Palabras claves: consumo, premarchitamiento, melaza, liofilización, MS, DIVMS, PC, FDN, FDA, edad de corte, degradabilidad *in situ*, solubilidad de la proteína, producción y composición de la leche, *Brachiaria brizantha*, *Hyparrhenia rufa*.

RESUMEN

Con el propósito de evaluar la calidad nutricional de *C. argentea* se desarrollaron tres experimentos. En el experimento 1 se evaluaron diferentes estrategias de ofrecimiento del forraje para mejorar el consumo; se propuso como objetivo evaluar los efectos del premarchitamiento y la adición de melaza sobre el consumo de *C. argentea* como suplemento a una dieta basal de *H. rufa*, durante la época seca, en el trópico subhúmedo de Costa Rica. El trabajo se realizó en la finca del señor José Antonio López, en San Miguel de Barranca, Provincia de Puntarenas; a 140 msnm, temperatura media anual de 27°C y 2040 mm de precipitación, las lluvias en la región son estacionales (junio-diciembre) y el período seco de enero a mayo.

Los tratamientos fueron: A) *C. argentea* fresca. B) *C. argentea* fresca + melaza. C) *C. argentea* premarchitada. D) *C. argentea* premarchitada + melaza. Se utilizó un diseño cuadrado latino, con arreglo factorial (2^2) de los tratamientos, en donde los factores fueron: forraje (fresco y premarchito) y melaza (con y sin adición); se emplearon 8 novillas de remplazo, mestizas, del cruce Pardo Suizo x Cebú. Las variables bajo estudio fueron: consumo de materia seca (MS) en Kg/100 Kg de peso vivo (PV) y consumo de energía metabolizable (EM) en Mcal/100 Kg PV de *C. argentea*, *H. rufa* y total. Además, tanto para el forraje ofrecido como rechazado de *C. argentea* se evaluó el porcentaje de materia seca (%MS) por el método de liofilización, digestibilidad *in vitro* de la materia seca (%DIVMS), proteína cruda (%PC), fibra en detergente neutro (%FDN) y fibra en detergente ácido (%FDA).

El análisis de regresión determinó un efecto cuadrático ($p < 0.001$) de los niveles de consumo de N de *C. argentea* (x) sobre el consumo de *H. rufa* (y), expresado por la ecuación ($y = 1.255 + 0.095x - 0.001x^2$). Se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$), entre los tratamientos forraje premarchito vs fresco y con adición de melaza vs sin melaza, para las variables consumo de MS y EM de *C. argentea*, *H. rufa* y total. Además, para las variables DIVMS, PC, FDN y FDA se detectó diferencia significativa ($p < 0.01$) entre los tratamientos con melaza vs sin melaza, pero no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos forraje fresco vs premarchito, ni para la interacción forraje x melaza.

Se concluye que el premarchitamiento y la adición de melaza representan una buena alternativa para incrementar el consumo de *C. argentea* como suplemento alimenticio en un sistema de corte y acarreo, en animales doble propósito bajo pastoreo de *H. rufa* durante la época seca en el trópico subhúmedo de Costa Rica.

En el experimento 2, se determinaron los parámetros de degradabilidad ruminal y la solubilidad de la proteína en muestras de *C. argentea* cosechadas a los 2, 3 y 4 meses de edad del rebrote. El trabajo se realizó en la finca experimental y el Laboratorio de Fitoquímica del CATIE. Se estabularon dos novillos raza Jersey, castrados, con fistula permanente al rumen; edad de 42 meses y peso promedio de 300 Kg PV; a los cuales se les ofreció 3 Kg MS/100 Kg PV, la dieta constó de 30 % del suplemento proteico (*C. argentea*) y el 70% restante de pasto King grass (*Pennisetum purpureum* * *P. typhoides*).

Las variables evaluadas fueron: degradabilidad inicial (DI); degradabilidad potencial (DP); tasa de digestión (TD) y período prefermentativo. Se utilizó la técnica de digestión ruminal *in situ* con bolsas porosas de dacrón, los tiempos de incubación fueron: 0, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 72 y 96 horas. La degradabilidad ruminal acumulativa, en función del tiempo, para la MS y PC se definieron por la ecuación $Y = a + b(1 - e^{-ct})$ Orskov y McDonald (1979); para la FDN se empleó el modelo de Espinoza (1983), cuya ecuación es $Y = A(1 - e^{-b(t-b)})$. Para el análisis estadístico de las variables se utilizó un diseño de bloques completos al azar, en donde cada animal constituyó un bloque y los tratamientos fueron las tres edades de corte. Se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las edades de 2 vs 3 meses, para los parámetros DPMS, DPPC, DPPFDN y TDPC; sin embargo, no se detectó diferencia estadística para éstas variables entre los 3 y 4 meses de edad del rebrote.

Se determinó la solubilidad del nitrógeno (N), N-FDN y N-FDA, según la metodología descrita por Krishnamoorthy *et al* (1982). Se encontró que la solubilidad de la proteína estuvo en un rango entre 40-45 %, mostrando una tendencia decreciente con la madurez de la planta; en cambio el % PC ligado a la FDN y FDA, cuyos valores fluctuaron entre 17-20 % y 9-10 % respectivamente, mostraron una tendencia creciente conforme avanza la edad del rebrote. Los resultados anteriores permiten concluir que la *C. argentea* cortada a los 2 meses de edad tuvo un comportamiento diferente, tanto para la dinámica de degradación ruminal como para la solubilidad de la proteína, en relación a los rebrotes de 3 y 4 meses.

El experimento tres se desarrolló durante la época lluviosa en la región Pacífico Central de Costa Rica con el objeto de evaluar, en vacas doble propósito bajo pastoreo de *Brachiaria brizantha* e *Hyparrhenia rufa*, cual era el efecto de la suplementación con *C. argentea* y melaza sobre la producción de leche y sus constituyentes. Se utilizó un diseño en cuadrado latino 3x3, donde los tres tratamientos fueron: 1) *C. argentea* + 0.5 Kg de melaza + *H. rufa*. 2) *H. rufa* + 0.5 Kg de melaza. 3) *B. brizantha*. Las tres repeticiones correspondieron a nueve vacas mestizas del cruce Pardo Suizo x Cebú.

Se midieron las siguientes variables: calidad nutricional de los forrajes, consumo de *C. argentea*, producción de leche (Kg/animal/día) y calidad de la leche (% sólidos totales, % grasa y % proteína). No se encontró diferencia estadística entre tratamientos para las variables producción de leche y sus constituyentes, debido a que durante la época del ensayo los pastos estaban en su mayor producción y mejor calidad nutricional.

Se concluye que durante la época lluviosa, en el trópico subhúmedo de Costa Rica, la *C. argentea* no fue un suplemento ideal para vacas de doble propósito bajo pastoreo de *B. brizantha* o *H. rufa*.

FRANCO V., M.H. 1997. Evaluation of the nutritional quality of *Cratylia argentea* for supplementation supplement dual purpose production system in the sub-humid tropics of Costa Rica. Thesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 75 p.

Keywords: intake, pre-wilting, molasses, dry freezer, dry matter, in vitro dry matter digestibility, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, cutting age, *in situ* degradability, protein solubility, milk production and composition, *Brachiaria brizantha*, *Hyparrhenia rufa*.

SUMMARY

In order to evaluate the nutritional quality of *C. argentea*, three experiments were developed. The objective of the first experiment was to determine the effect of pre-wilting and or the addition of molasses on intake of *C. argentea* fed as a supplement to heifers grazing *Hyparrhenia rufa* as a basal diet, during the dry season. This work was conducted at the farm of Mr. José Antonio López, located in San Miguel de Barranca, Puntarenas Province, at 140 meters above sea level, 27 °C annual average temperature and 2040 mm rainfall.

The treatments were: A) Fresh *C. argentea*. B) Fresh *C. argentea* + molasses. C) Pre-wilted *C. argentea* and D) Pre-wilted *C. argentea* + molasses. The statistical design employed was a repeated latin square change over design (4 periods x 4 animals (treatments)). Each period had a duration of 15 days; 10 days adaptation to each treatment and 5 days experimental period. Eight replacement half-bred (Brown swiss x Zebu) heifers were utilized.

The variables studied were: dry matter (DM) intake of cratylia and *H. rufa* (kg MS/100 kg liveweight (LW)/día), metabolizable energy intake (Mcal/100 kg LW/día) of *C. argentea* and *H. rufa*. Besides this, DM content by dry freezer, *in vitro* dry matter digestibility (% IVDMD), crude protein (%CP), neutral detergent fiber (%NDF) and acid detergent fiber (%ADF) were evaluated for the *C. argentea* offered and rejected in each treatment.

The regression analysis determined a quadratic effect ($p < 0.001$) within the limits of *C. argentea* N consumption levels (x) over *H. rufa* intake (y) ($y = 1.255 + 0.095x - 0.001x^2$). Pre-wilting or molasses treatment resulted in a significant ($p < 0.01$) increase in the amount of cratylia consumed by heifers. Furthermore, for IVDMD, CP, NDF and ADF a significative difference ($p < 0.01$) was detected among the treatment with molasses vs without molasses; but no statistical differences were found between the treatments with fresh fodder vs pre-wilted nor for the fodder x molasses interaction.

It is concluded that pre-wilting and molasses addition represent a good alternative to increase *C. argentea* consumption as food supplement in a cut and carrying system, for double purpose animals under grazing with *H. rufa* during the dry season in the sub-humid tropic of Costa Rica.

The purpose of the second experiment was to determine ruminal degradability parameters and the protein solubility of 2, 3 and 4 months regrowths of *C. argentea*. The work was conducted at CATIE's experimental farm and Phytochemistry Laboratory. Two Jersey young bulls (average weight 300 kg LW/animal), with permanent fistula at rumen were used for this experiment. These animals were fed a basal diet composing of 30% *C. argentea* and 70% King grass (*Pennisetum purpureum*), 3 Kg DM/100 Kg LW was administered.

The variables evaluated were: IVDMD and CP, solubility of protein, degradability of DM and crude protein of *C. argentea* sampled for the 3 cutting ages. For degradation studies, the dacron bags technique was used; with incubation periods of: 0, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 72 and 96 hours. The DM degradability was adjusted with the model $Y = a + b(1 - e^{-ct})$ developed by Orskov and McDonald (1979) whereas NDF was adjusted by model $(Y = A(1 - e^{-b(t-1)}))$ of Espinoza (1983). A significant difference ($p < 0.05$) was found between ages 2 vs 3 months for DMPD, PDRP, PDNDF and DRRP parameters; nevertheless, no statistical differences were found between these variables and shoots 3 and 4 months of culture.

The nitrogen (N), N-NDF and N-ADF was determined according to the methodology described by Krishnamoorthy *et al* (1982). It was found that protein solubility ranged between 40-45%, showing a decreasing tendency with plant's maturity. On the contrary, the CP % linked to NDF and ADF, whose values fluctuated between 17-20% and 9-10% respectively, showed an increasing tendency as the shoot's age advances. The previously mentioned results allow to conclude that *C. argentea* cut after 2 months of culture showed a different behavior both for ruminal degradation dynamics and for protein solubility in relation to 3 and 4 months old shoots.

The third experiment was developed during the rainy season in the Central Pacific area of Costa Rica. The purpose was to evaluate the effect of *C. argentea* and molasses added as fodder supplement to double purpose cows under grazing with *Brachiara brizantha* and *Hyparrhenia rufa* over milk production and its constituents. A Latin 3 x 3 square design was employed with the following treatments: 1) *C. argentea* + 0.5 kg molasses + *H. rufa*. 2) *H. rufa* + 0.5 kg molasses. 3) *B. brizantha*. The three repetitions corresponded to nine half-bred cows Swiss brown x Zebu cross.

The following variables were measured: fodder nutritional quality, *C. argentea* consumption, milk production (kg/animal/day) and milk quality (total solids %, fat % and protein %). No statistical differences were found among treatments for the variables milk production and its constituents because during the time in which the essay was conducted, grasses showed their highest production and best nutritional quality.

It is concluded that during the rainy season in Costa Rica's sub-humid tropic, *C. argentea* was not an ideal supplement for double purpose cows under grazing with *B. brizantha* or *H. rufa*.

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCION GENERAL	1
II. ARTICULO 1	4
2.1 INTRODUCCION	4
2.2 MATERIALES Y METODOS	7
2.2.1 LOCALIZACIÓN	7
2.2.2 <i>Tratamientos</i>	7
2.2.3 <i>Manejo de los animales</i>	8
2.2.4 <i>Diseño Experimental</i>	8
2.2.5 <i>Variables de respuesta</i>	9
2.2.5.1 <i>Consumo de Cratylia</i>	9
2.2.5.2 <i>Calidad de la Cratylia</i>	10
2.2.5.3 <i>Consumo del pasto</i>	10
2.2.6 <i>Análisis estadístico de los datos y pruebas de comparación</i>	11
2.3. RESULTADOS	13
2.3.1 <i>Contenido de materia seca</i>	13
2.3.2 <i>Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS)</i>	13
2.3.3 <i>Proteína cruda (PC)</i>	14
2.3.4 <i>Fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA)</i>	15
2.3.5. <i>Consumo de Materia seca (MS)</i>	17
2.3.5.1 <i>Cratylia</i>	17
2.3.5.2 <i>Pasto</i>	17
2.3.5.3 <i>Total</i>	19
2.3.6 <i>Consumo de energía metabolizable (EM)</i>	21
2.4. DISCUSIÓN	22
2.5. REFERENCIAS	30
III. ARTICULO 2	37
3.1 INTRODUCCION	37
3.2. MATERIALES Y METODOS	40
3.2.1 <i>Localización</i>	40
3.2.2 <i>Descripción del experimento</i>	40
3.2.3 <i>Diseño experimental</i>	40
3.3 RESULTADOS	44

3.3.1 Caracterización nutritiva de <i>Cratylia argentea</i>	44
3.3.2 Degradabilidad ruminal de la MS y PC	44
3.3.3 Degradabilidad ruminal de la FDN	47
3.3.4 Solubilidad de la proteína y N ligado a la FDN y FDA	48
3.4 DISCUSION	50
3.5 REFERENCIAS	56
IV. ARTICULO 3	60
4.1 INTRODUCCION	60
4.2 MATERIALES Y METODOS	61
4.3 RESULTADOS	63
4.3.1 Evaluación de la calidad nutritiva de los forrajes	63
4.3.2 Contenido de materia seca y consumo de <i>Cratylia argentea</i>	63
4.3.3 Producción y composición de la leche	64
4.4 DISCUSION	65
4.5 REFERENCIAS	69
V. DISCUSION GENERAL	71
VI. CONCLUSIONES GENERALES	74
VII. RECOMENDACIONES	75

INDICE DE CUADROS

No.	TITULO	PAGINA
1	Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre el contenido de MS (%) de <i>Cratylia argentea</i> ofrecida y rechazada.	13
2	Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la DIVMS (%) de <i>Cratylia argentea</i> ofrecida y rechazada.	14
3	Efecto de diferentes períodos de muestreo sobre la DIVMS (%) y PC (%) ofrecida y el consumo en % de PV de <i>C. argentea</i> .	15
4	Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la PC (%) de <i>Cratylia argentea</i> ofrecida y rechazada.	16
5	Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la FDN (%) y FDA (%) ofrecida de <i>Cratylia argentea</i> .	16
6	Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre el consumo de MS (Kg/100 Kg PV/día) de <i>Cratylia argentea</i> , pasto (<i>Hyparrhenia rufa</i>) y total.	18
7	Efecto de los animales sobre el consumo de MS (Kg/100 Kg PV/día) de <i>Cratylia argentea</i> , pasto (<i>Hyparrhenia rufa</i>) y total.	19
8	Composición química y digestibilidad <i>in vitro</i> de <i>Hyparrhenia rufa</i> durante los cuatro períodos de evaluación.	20
9	Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre el consumo de EM (Mcal/100 Kg PV/día) de <i>Cratylia argentea</i> , pasto (<i>Hyparrhenia rufa</i>) y total.	21
A1	Valores de F y niveles de significancia para las variables % de DIVMS y PC ofrecida y rechazada, FDN y FDA ofrecida.	29
A2	Valores de F y niveles de significancia para las variables consumo de MS (Kg/100 Kg PV/día) y EM (Mcal/100 Kg PV/día) de <i>Cratylia argentea</i> , <i>Hyparrhenia rufa</i> y total.	29
10	Caracterización nutricional de <i>Cratylia argentea</i> a diferentes edades de rebrote.	44
11	Parámetros de degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la MS (%) y PC (%) de <i>Cratylia argentea</i> a diferentes edades de rebrote.	46

12	Parámetros de degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la FDN (%) de <i>Cratylia argentea</i> a diferentes edades de rebrote.	48
13	Solubilidad de la proteína (%) y % de PC ligada a la FDN y FDA de <i>Cratylia argentea</i> a diferentes edades de rebrote.	49
A3	Valores de F, niveles de significancia y R^2 para los parámetros de degradabilidad ruminal <i>in situ</i> que presentaron diferencia estadística.	55
14	Composición química y digestibilidad <i>in vitro</i> de los diferentes forrajes evaluados.	63
15	Porcentaje de materia seca y consumo de <i>Cratylia argentea</i> a diferentes edades de rebrote.	64
16	Efecto de los tratamientos evaluados sobre la producción de leche y sus constituyentes.	64
A4	Valores de F y niveles de significancia para la variable producción de leche (Kg/vaca/día).	68

INDICE DE FIGURAS

No.	TITULO	PAGINA
1	Efecto del consumo de N (g/100 Kg PV/día) de <i>Cratylia argentea</i> sobre el consumo de pasto <i>Hyparrhenia rufa</i> (Kg/100 Kg PV/día).	20
2	Efecto de la edad del rebrote sobre la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la Materia Seca de <i>Cratylia argentea</i> .	46
3	Efecto de la edad del rebrote sobre la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la Proteína Cruda de <i>Cratylia argentea</i> .	47
4	Efecto de la edad del rebrote sobre la degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la Fibra Detergente Neutro de <i>Cratylia argentea</i> .	49

EVALUACION DE LA CALIDAD NUTRICIONAL DE *Cratylia argentea* COMO SUPLEMENTO EN EL SISTEMA DE PRODUCCION DOBLE PROPOSITO EN EL TROPICO SUBHUMEDO DE COSTA RICA

I. INTRODUCCION GENERAL

En Centroamérica la presión demográfica ha traído como consecuencia la migración de productores hacia áreas de frontera agrícola, las cuales han sido deforestadas; pero como consecuencia de las prácticas inadecuadas de manejo se ha presentado un proceso continuo y progresivo de deterioro de los recursos naturales, expresado en erosión, pérdida de fertilidad del suelo y baja productividad de la actividad agropecuaria (Urriola, 1994); lo cual en muchos casos ha significado el abandono de las tierras y mayores daños al ambiente (Mochiutti 1995). En la región más del 50% de la tierra de cultivo se encuentra bajo pasturas, terrenos en los cuales el componente arbóreo fue eliminado en su mayoría, presentando ahora un problema de acelerada degradación de los suelos (Bustamante, 1991).

En Costa Rica y América Central muchas laderas se han erosionado debido, en gran parte, al sobrepastoreo y a la incapacidad de las pasturas naturales de mantener adecuadas producciones de biomasa en las épocas de sequía (baja capacidad de carga). Por su parte, la productividad de los sistemas de producción bovina ha tendido a declinar en los últimos años, como consecuencia de la implementación de sistemas más extensivos y de la incorporación de suelos de menor fertilidad, en los que se sembraron especies no adaptadas, lo anterior ha redundado en una mayor proporción de pasturas degradadas y poco productivas (Pezo *et al*, 1992).

En la región Pacífico Central de Costa Rica, representativa de la Vertiente Pacífica de América Central, los sistemas de producción pecuaria predominantes son aquellos con bovinos de "doble propósito", en donde la producción y mercadeo de leche o queso son las actividades económicas más importantes en la generación de ingresos diarios (Bazill *et al*, 1995).

El pasto predominante en la región es el Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), el cual presenta durante la época lluviosa contenidos de DIVMS y PC alrededor de 33 y 5 % respectivamente (Franco, 1996); los animales producen normalmente entre 6-7 litros de leche total/ día, pero durante la época de sequía estacional (Enero-Mayo), la producción baja alrededor del 50% y más, haciéndose necesario suplementar los animales con fuentes energéticas, como melaza y caña de azúcar, y/o proteicas como pollinaza. Dependiendo de las fuentes y de los niveles de suplementación se podrá mantener la producción de los animales (Carero, 1991); aunque por lo general, dichos suplementos aumentan los costos de producción (Oviedo, 1995).

Según Alagón (1990), los sistemas de alimentación animal en los ambientes tropicales están basados principalmente en la utilización de pasturas; por lo tanto son dependientes de las fluctuaciones en cantidad y calidad. En la época seca, cuando se presenta un déficit de forraje, las pasturas frecuentemente no alcanzan a cubrir los requerimientos, tanto energéticos como proteicos, necesarios para el mantenimiento y menos para la producción. Para suplir éste faltante muchos productores de la región Pacífico Central han utilizado concentrados comerciales y gallinaza; sin embargo, en los últimos años los precios de estos suplementos han venido subiendo significativamente y por eso los productores se han visto en la necesidad de buscar otras alternativas de suplementación, que a su vez hagan más sostenibles los sistemas de producción.

La inclusión de árboles y arbustos forrajeros significa un punto de partida en el reto de la ganadería tropical moderna; consistente, por un lado, en incrementar la producción de leche y carne en forma acelerada y sostenible para suplir la creciente demanda de la población y, por otro, en garantizar la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente. El reto es aún mayor cuando se presenta estacionalidad de la producción de forrajes, tanto en cantidad como en calidad nutritiva, causando penuria nutricional en la época seca que trae consigo una baja en la producción e incluso hasta la muerte de los animales.

El arbusto forrajero *Cratylia argentea* es una especie relativamente nueva en los sistemas de evaluación forrajera a nivel del trópico; por lo tanto, se conoce poco sobre su respuesta al manejo agronómico, valor nutritivo y su posible contribución a los sistemas agropecuarios de la región (Argel y Maass, 1995). Las leguminosas arbustivas, como *Cratylia argentea*, tienen el potencial para contribuir en forma significativa a la producción animal y al mejoramiento de los suelos. Estas plantas ofrecen mayores rendimientos de materia seca que las leguminosas forrajeras herbáceas, toleran mejor las condiciones adversas y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad en condiciones de alto estrés ambiental.

Según Argel (1995), la retención foliar de *C. argentea* durante la sequía es principalmente de hojas jóvenes en plantas bajo corte; los ensayos realizados en Atenas (Costa Rica), muestran que durante la época seca la altura promedio de los rebrotes fue de 47 cm en un lapso de crecimiento de 12 a 14 semanas y que la retención foliar de hojas jóvenes fue de 90% comparado a 50% de hojas adultas. La alta tolerancia a la sequía está relacionada con un sistema radicular profundo que se ha encontrado hasta de 1.80 m de profundidad en plantas adultas de *C. argentea* en el Cerrado Brasileiro (Pizarro *et al*, 1995).

Por todo lo anterior la especie tiene alto potencial como suplemento forrajero en sistemas de corte y acarreo, particularmente durante la estación seca; sin embargo, al igual que con otras leguminosas, el tipo de animal, la edad y experiencia previa, la época del año y manera como se ofrezca el forraje, sin duda alguna van a influir sobre el consumo y la producción animal.

II. ARTICULO 1

EFFECTO DEL PREMARCHITAMIENTO Y LA ADICION DE MELAZA SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y EL CONSUMO DE *Cratylia argentea* EN BOVINOS BAJO PASTOREO DE *Hyparrhenia rufa* DURANTE LA EPOCA SECA EN EL TROPICO SUBHUMEDO DE COSTA RICA.

2.1 INTRODUCCION

La cantidad y calidad nutritiva de un forraje son factores que interactúan y que influyen significativamente en la producción animal bajo condiciones de pastoreo. Si la cantidad de forraje disponible no es limitante y no se presentan problemas de cosecha del forraje por parte del animal, las ganancias de peso estarán determinadas por el consumo voluntario de materia seca digerible, considerado como un parámetro importante de la calidad nutritiva (Elliot *et al*, 1961).

Cratylia argentea es una de las cinco especies identificadas dentro del género, el cual es nativo de Sur América; no tiene más de una década de haber sido introducido para evaluación en México y Centro América. Los primeros reportes indican que se adapta mejor a sitios de sabana bien drenada y a los trópicos húmedo y subhúmedo, pero con suelos moderadamente fértiles (Maass, 1995). El arbusto tiene un crecimiento inicial lento, pero se incrementa a partir de los dos meses de edad; dependiendo de las condiciones de cada sitio entre 5 y 7 meses después se considera establecido; tolera bien cortes con frecuencias de 6 a 8 semanas y tiene la capacidad de rebrotar aún durante el período de sequía; por lo tanto, puede ser una alternativa para suplementar gramíneas en sistemas de corte y acarreo o utilizarse como banco de proteína en pastoreo directo, principalmente durante la época seca (CIAT, 1996).

Una de las cualidades de *C. argentea* es su buena tolerancia a déficit hídrico prolongado, lo cual se refleja en alta retención foliar. Al respecto, Purcino y Lynd (1982), reportan un comportamiento similar al observado para *Cratylia floribunda* Mart. ex. Benth. Esto probablemente está asociado con el origen de la planta, pues en su medio natural ésta se encuentra expuesta a una estación seca

definida y prolongada (Queiroz y Coradin, 1995). En el Cerrado Brasileiro, con seis meses de sequía estacional, en una colección de *C. argentea* se ha reportado retención foliar de aproximadamente 75% durante el período seco (mayo a octubre) (Pizarro *et al*, 1995). Por esta razón, en otras localidades con período seco definido, se ha observado que los rendimientos de MS durante éste período, con respecto al lluvioso, son aproximadamente de 30% en Atenas (Costa Rica) (Argel, 1995); de 32 y 41% para Carimagua y Villavicencio en Colombia, respectivamente (Maass, 1995).

Según Argel (1995), la retención foliar durante la sequía es principalmente de hojas jóvenes en plantas manejadas bajo corte. Los ensayos realizados en Atenas (Costa Rica) muestran que durante la época seca, la altura promedio de los rebrotes fue de 47 cm, en un lapso de crecimiento de 12 a 14 semanas y la retención foliar de hojas jóvenes fue de 90% comparado al 50% obtenido en hojas adultas. La alta tolerancia a la sequía está relacionada con un sistema radicular profundo que se ha encontrado hasta de 1.80 m de profundidad en plantas adultas de *C. argentea* en el Cerrado Brasileiro (Pizarro *et al*, 1995). El arbusto forrajero continúa mostrándose altamente promisorio por la alta retención foliar durante períodos de 4 ó más meses secos y la buena adaptación a un amplio rango de suelos bien drenados, incluyendo los ácidos y moderadamente ácidos (CIAT, 1996).

La baja productividad y palatabilidad relativa de forraje con alto contenido proteico indicaría que, como fuente de forraje, el principal papel de las leñosas perennes es como suplemento, particularmente durante la estación seca en zonas áridas, secas y subhúmedas (Torres, 1983). Los estudios realizados hasta el momento indican que *C. argentea*, tiene la ventaja de ser perenne y tolerar los períodos prolongados de sequía, condición necesaria para los sistemas de producción en el trópico seco y subhúmedo. Además se han encontrado, a las 8 y 12 semanas de edad del rebrote, valores promedio de 26 y 20% de proteína cruda y de 52 y 45 % de DIVMS, respectivamente. Estos valores están dentro del rango encontrado

para leguminosas forrajeras tropicales y adecuados desde el punto de vista nutricional para un forraje en éstas zonas secas.

En la región en donde se realizó el ensayo y en otros lugares, se han observado niveles bajos de consumo de la especie¹, lo cual justifica que en éste trabajo se estudien diferentes estrategias de ofrecimiento para incrementarlo. Debe reconocerse, sin embargo, que la calidad del alimento puede ser modificada en forma considerable por ciertas características físicas independientemente de su composición química (Van Soest, 1982), o por la presencia de compuestos secundarios y/o factores anti-nutricionales como taninos, polifenoles, alcaloides, saponinas, cumarinas, etc., que alteran consumo, digestibilidad y producción (Burns, 1978; Reed, 1986; Rittner and Reed, 1992).

En éste estudio se planteó como objetivo evaluar los efectos del premarchitamiento y la adición de melaza sobre el consumo y la calidad nutricional de *Cratylia argentea* como suplemento, a una dieta basal de pasto Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), durante la época seca en el trópico subhúmedo de Costa Rica y como hipótesis que el consumo de *Cratylia argentea* aumenta cuando se implementa una estrategia de ofrecimiento del forraje, como premarchitamiento y/o adición de melaza, en comparación con el ofrecimiento cuando no se implementa dicha estrategia.

¹ José Antonio López G., comunicación personal.

2.2. MATERIALES Y METODOS

2.2.1 Localización

El experimento se realizó en la finca "El Chaparrón", propiedad del señor José Antonio López Garita, en San Miguel de Barranca, Distrito de Barranca, Cantón de Puntarenas, Costa Rica. Según Chinchilla (1987), la finca está ubicada a 10° 10' latitud norte y 84° 42' longitud oeste; a 140 msnm, con una temperatura media anual de 27°C y precipitación de 2040 mm anuales aproximadamente. La precipitación en el área es marcadamente estacional, diferenciándose un período seco que va desde Enero hasta Mayo (5 meses), y otro lluvioso desde Junio a Diciembre (7 meses). (Instituto Meteorológico Nacional, 1993). El sitio es representativo de la zona de vida Bosque Subhúmedo Tropical (Holdridge, 1978).

La topografía de la finca es variada, en su mayoría con pendientes de 20 a 60%. Los suelos son superficiales a moderadamente profundos, observándose más de 60 cm de profundidad efectiva, de colores pardo a pardo rojizo, de drenaje excesivo a moderadamente excesivo y una permeabilidad moderada, sin problemas de anegamiento o inundación, la pedregosidad va de moderada a fuerte. Además, los suelos son erosionados severamente. Según el análisis de suelo presenta un pH de 5.4, materia orgánica 5.3 %, fósforo 9.9 ppm, potasio 0.28 cmol(+)/L, calcio y magnesio 24 y 10.3 cmol(+)/L respectivamente y de textura Franco-arcilloso (Bazill *et al*, 1995).

2.2.2 Tratamientos

Se evaluaron cuatro tratamientos, para medir su efecto sobre el consumo de *Cratylia argentea*, a saber:

Tratamiento A = *Cratylia argentea* fresca.

Tratamiento B = *Cratylia argentea* fresca + melaza.

Tratamiento C = *Cratylia argentea* premarchitada.

Tratamiento D = *Cratylia argentea* premarchitada + melaza.

Se utilizó *C. argentea* de un banco forrajero establecido en la finca, la edad del rebrote era de 4 meses aproximadamente; para el tratamiento forraje premarchitado se cortó la *C. argentea* el día anterior, en horas de la tarde, y se dejó secar a la sombra hasta el día siguiente que se picó y ofreció a los animales. Para el tratamiento forraje fresco, la *C. argentea* se cortó el mismo día en la mañana e inmediatamente se picó y ofreció. Todo el forraje se picó utilizando una picadora estacionaria, de motor eléctrico. Para el tratamiento con melaza, se disolvió 1 Kg de melaza en 1 galón de agua y luego se regó sobre el forraje ya picado, para obtener un material homogéneo se revolvió con la mano; la dosis empleada fue de 1 Kg de melaza para 50 Kg de forraje.

2.2.3 Manejo de los animales

Para estudiar el consumo de *C. argentea*, se utilizaron 8 novillas de reemplazo, mestizas, Pardo Suizo x Cebú; en buen estado nutricional. Antes de iniciar el ensayo los animales se trataron contra parásitos internos y externos, durante todo el ensayo se les suministró sal mineralizada y agua *ad libitum* para cubrir sus requerimientos básicos. Los animales se suplementaron con *C. argentea* durante 4 horas en la mañana y luego se pasaron a un potrero de pasto Jaragua; en cada tratamiento se les suministró 2 Kg MS/100 Kg PV/día de *C. argentea*, para poder determinar el consumo potencial de ésta especie; además, se pesaron al iniciar y finalizar el ensayo para poder estimar el consumo en % PV (peso vivo).

2.2.4 Diseño Experimental

Los diseños cuadrados latinos balanceados han sido reconocidos como una vía para la reducción del error experimental (Lucas, 1960) y como esquemas útiles para detectar diferencias en el efecto de la calidad de los forrajes tropicales sobre la producción de leche (Stobbs y Sandland, 1972).

Se utilizó un diseño de sobrecambio en cuadrado latino sin período extra, repetido dos veces y con un arreglo factorial (2^2) de tratamientos, (Lucas, 1957; Venereo, 1976; Lucas, 1983), en el cual, los dos factores fueron forraje (fresco y

premarchito) y melaza (con y sin). Además, las novillas constituyeron las columnas y los períodos las hileras.

Debido a que el peso de los animales no era uniforme, se formaron dos grupos (cuadrados), uno compuesto por 4 animales livianos (250-300 Kg PV) y el otro por 4 pesados (300-350 Kg PV). Cada período experimental tuvo una duración de 15 días, de los cuales los primeros 10 fueron de adaptación a la dieta y los últimos 5 para medir las variables bajo estudio (período de evaluación). La distribución de tratamientos a los diferentes animales se hizo como se ilustra a continuación:

Períodos	Cuadrado 1				Cuadrado 2			
	1	2	3	4	5	6	7	8
I	A	B	C	D	A	B	C	D
II	B	A	D	C	C	D	A	B
III	C	D	A	B	D	C	B	A
IV	D	C	B	A	B	A	D	C

Las letras dentro de los cuadrados corresponden a los tratamientos.

2.2.5 Variables de respuesta

2.2.5.1 Consumo de *Cratylia argentea*

Para determinar el consumo de materia seca (MS), en cada tratamiento y para cada animal, la cantidad de *C. argentea* ofrecida y rechazada se pesó diariamente. Durante el período de mediciones se tomó una submuestra de cada pesaje, tanto del forraje ofrecido como del rechazado, para estimar el contenido de MS utilizando el método de Liofilización. El consumo de MS, al igual que el consumo de energía digestible ($ED = 4.409 * \% \text{DIVMS}$), fueron calculados por la diferencia entre la MS y ED ofrecida y rechazada respectivamente.

Con base en éstos resultados, se determinó la cantidad de MS, energía metabolizable ($EM = 0.82 * ED$) y N, consumida por cada animal durante cada día. Debido a que hubo marcada diferencia en el peso de los animales, se transformaron los datos de consumo en % PV para poder hacer las comparaciones.

2.2.5.2 Calidad de la *Cratylia argentea*

Durante los últimos 5 días de cada período de evaluación se recolectaron muestras diariamente, tanto para el forraje ofrecido como rechazado, las cuales fueron llevadas al Laboratorio de Fitoquímica del CATIE, en donde se formaron muestras compuestas por tratamiento y por animal, para hacer los respectivos análisis. El secado de las muestras se realizó mediante extracción de humedad a una presión de vacío de un bar y a -20°C (Liofilización), se liofilizó aproximadamente 100 g/muestra, se utilizó un liofilizador EYELA Modelo FD-1. Luego, cada muestra fue molida con un molino Willey, utilizando una criba de 1 mm, para proceder a realizar los análisis de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), según la técnica de Tilley y Terry (1963) modificada por Kass y Rodríguez (1993); proteína cruda ($PC = N \times 6.25$) por el método de Micro Kjeldahl (Bateman, 1970) y constituyentes de la pared celular (FDN y FDA) por el método de Goering y Van Soest (1970).

2.2.5.3 Consumo del pasto

Para medir el consumo del pasto, en cada uno de los períodos evaluados, la producción total de heces se estimó mediante la técnica de marcadores externos, utilizando el óxido crómico (Cr_2O_3) como marcador, siguiendo la metodología descrita por Iturbide (1967) y modificada por Kass y Rodríguez (1993). A las novillas en estudio se les suministró una dosis de 10 g de óxido crómico/día, durante 10 días consecutivos, tomando muestras de heces directamente del recto, a partir del quinto día. Las muestras de heces recolectadas fueron secadas en un horno con flujo de aire forzado a 65°C hasta alcanzar peso constante; luego se preparó una muestra compuesta por animal, para cada período y tratamiento, en

la que se determinó la concentración de cromo por espectrofotometría (Christian y Coup, 1954). La producción total de heces y el consumo de pasto se estimó con la siguiente formula:

$$\text{Producción total de Heces, kg MS/día} = \frac{\text{Cromo total consumido, g/día}}{\text{Concentración de Cr en las heces, g/kg/día}}$$

En cada periodo experimental se tomaron muestras de pasto Jaragua y se les determinó contenido de PC ($N \times 6.25$), DIVMS, FDN y FDA. Para calcular el consumo de pasto se estimó la porción de las heces producto de la fracción indigestible de la *C. argentea* y se le resto a la producción total de heces, obteniéndose la cantidad de heces producidas por el pasto y la cantidad consumida con la siguiente formula:

$$\text{Consumo de pasto, Kg MS/día} = \frac{\text{Prod. heces total/día} - \text{Prod. heces } C. \text{ argentea/día}}{\text{IDIVMS pasto}} * 100$$

Donde:

IDIVMS = Indigestibilidad *in vitro* de la MS (1-DIVMS)

2.2.6 Análisis estadístico de los datos y pruebas de comparación

Todas las variables fueron sometidas a un análisis de varianza según el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijklm} = \mu + C_i + V_j(C_i) + P_k(C_i) + F_l + M_m + FM_{lm} + E_{ijklm}$$

Donde:

Y_{ijklm} = Variable de respuesta observada en el i-ésimo cuadrado, del j-ésimo animal, sometido al l-ésimo tratamiento del forraje y la m-ésima aplicación de melaza durante el k-ésimo período.

μ = Media general del experimento.

C_i = Efecto asociado al i-ésimo cuadrado ($i = 1, 2, \dots$).

$V_j(C_i)$ = Efecto de la j-ésima novilla anidada en el i-ésimo cuadrado.

$P_k(C_i)$ = Efecto del k-ésimo período anidado en el i-ésimo cuadrado.

- $F_l =$ Efecto del l-ésimo tratamiento del forraje ($l = 1, 2$).
 $M_m =$ Efecto de la m-ésima melaza ($m = 1, 2$).
 $FM_{lm} =$ Efecto de la interacción tratamiento del forraje x adición de melaza.
 $E_{ijklm} =$ Efecto del error experimental.

El análisis de varianza se desglosa así:

Fuente de variación	GL	
Cuadrado	$c - 1$	$2 - 1 = 1$
Vaca (Cuadrado)	$(v - 1) c$	$(4 - 1) 2 = 6$
Período (Cuadrado)	$(p - 1) c$	$(4 - 1) 2 = 6$
Tratamiento:	$t - 1$	$4 - 1 = 3$
Forraje	$f - 1$	$2 - 1 = 1$
Melaza	$m - 1$	$2 - 1 = 1$
Forraje x Melaza	$(f - 1) (m - 1)$	$(2 - 1) (2 - 1) = 1$
Error	$c (t - 1) (t - 2) + (c - 1) (t - 1)$	$2(4 - 1)(4 - 2) + (2 - 1)(4 - 1) = 15$
Total	$(c t^2) - 1$	$2(4^2) - 1 = 31$

Los análisis estadísticos se realizaron por el procedimiento de análisis de varianza (SAS, 1985) y las comparaciones entre medias por la prueba de comparación de tratamientos de Tukey (Steel y Torrie, 1988). Además, se hizo un análisis de residuos a todas las variables para verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad, así como un análisis de regresión para determinar el efecto del N suplementado proveniente de la *C. argentea* (X) sobre el consumo del pasto (Y).

2.3. RESULTADOS

2.3.1 Contenido de materia seca

Los resultados para ésta variable se presentan en el **Cuadro 1**, en donde se aprecia que tanto para el forraje ofrecido como rechazado, no se encontró diferencia estadística en el contenido de MS entre los tratamientos con y sin melaza; pero si hubo efecto del premarchitamiento del forraje, en el cual la MS fue superior en 7.9 y 10.4 % (unidades porcentuales) con relación al forraje fresco ofrecido y rechazado respectivamente.

Cuadro 1. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre el contenido de MS¹ (%) de *Cratylia argentea* ofrecida y rechazada.

Variable	Forraje		Promedio
	Fresco	Premarchito	
MS FORRAJE OFRECIDO			
	%		
Sin Melaza	42.5 ± 2.8**	50.6 ± 4.8	46.6a*
Con Melaza	42.0 ± 2.1	49.5 ± 1.6	45.7a
Promedio	42.2b	50.1a	
MS FORRAJE RECHAZADO			
Sin Melaza	52.1 ± 1.8	61.2 ± 4.4	56.6a
Con Melaza	52.0 ± 2.6	59.7 ± 3.4	55.9a
Promedio	52.1b	62.5a	

¹ MS por Liofilización.

* Promedios con letra diferente en la misma fila o columna difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

** Desviación estándar.

2.3.2 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS)

El análisis de varianza detectó diferencias significativas ($p<0.01$) del tratamiento con melaza sobre la DIVMS de *C. argentea* en oferta y rechazo (**Cuadro A1**), pero no se observó efectos del premarchitamiento del forraje sobre estas variables.

El promedio de DIVMS de *C. argentea* tratada con melaza supero en 5.9 y 5.5 % (unidades porcentuales) al tratamiento sin melaza, para el forraje ofrecido y rechazado respectivamente ; además, el promedio de DIVMS de *C. argentea* ofrecida sin y con melaza supero en 2.2 y 2.6 % (unidades porcentuales) al rechazado sin y con melaza respectivamente (**Cuadro 2**). Es importante anotar que el análisis de varianza detectó diferencia significativa ($p < 0.02$, **Cuadro A1**) para la DIVMS de *C. argentea* ofrecida entre período (cuadrado), la cual fue mayor para el último período (60.0 %) comparado con los demás (**Cuadro 3**).

Cuadro 2. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la DIVMS (%) de *Cratylia argentea* ofrecida y rechazada.

Variable	Forraje		<i>Promedio</i>
	Fresco	Premarchito	
DIVMS FORRAJE OFRECIDO			
	%		
Sin Melaza	55.6 ± 2.1**	54.9 ± 1.7	55.2b*
Con Melaza	60.8 ± 2.4	61.4 ± 2.8	61.1a
<i>Promedio</i>	58.2a	58.2a	
DIVMS FORRAJE RECHAZADO			
Sin Melaza	54.1 ± 1.8	51.9 ± 3.6	53.0b
Con Melaza	59.0 ± 2.9	57.9 ± 3.9	58.5a
<i>Promedio</i>	56.6a	54.9a	

* Promedios con letra diferente en la misma fila o columna difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

** Desviación estándar.

2.3.3 Proteína cruda (PC)

Como se puede observar en el **Cuadro A1**, tanto la PC ofrecida como rechazada fue afectada en forma significativa ($p < 0.01$) con la adición de melaza y sólo hubo efecto significativo del factor forraje sobre la PC rechazada ($p < 0.01$), la cual como se aprecia en el **Cuadro 4** fue en promedio superior para el forraje fresco (17.9 %) vas premarchito (16.0 %). Pero a diferencia de la DIVMS la PC de *C. argentea*,

tanto para el forraje ofrecido como rechazado, fue la que presentó un mayor valor para el tratamiento sin melaza Vs con melaza; correspondiendo en ambos casos a una diferencia de 2.5 % (unidades porcentuales). Además, cabe señalar que el análisis de varianza detectó diferencia significativa ($p < 0.01$, **Cuadro A1**) del período de alimentación sobre la PC, la cual fue mayor para el último período (22.5 %), superando entre 4.0 y 5.0 % a los demás, tal como se aprecia en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Efecto de diferentes períodos de muestreo sobre la DIVMS (%) y PC (%) ofrecida y el consumo en % de peso vivo (PV) de *Cratylia argentea*.

PERIODO	% DIVMS	% PC	Consumo % PV
I	57.4b* ± 2.4**	18.5b ± 1.6	0.27 ± 0.06
II	58.6b ± 3.2	18.0b ± 1.4	0.36 ± 0.05
III	57.7b ± 3.9	17.7b ± 2.0	0.40 ± 0.06
IV	60.0a ± 3.6	22.5a ± 1.6	0.48 ± 0.09

*Promedios con letra diferente en la misma columna difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

**Desviación estándar.

2.3.4 Fibra en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA)

En el **Cuadro 5** se presentan los datos del % de FDN y FDA de *C. argentea* ofrecida, los cuales presentan un comportamiento similar al encontrado para la PC (**Cuadro A1**). El forraje tratado con melaza tuvo un valor promedio de 45.2 % de FDN y de 29.8 % de FDA; dichos valores, al ser comparados con los del forraje sin adición de melaza, fueron inferiores en 5.8 y 4.1 % para FDN y FDA respectivamente.

Cuadro 4. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la PC (%) de *Cratylia argentea* ofrecida y rechazada.

Variable	Forraje		<i>Promedio</i>
	Fresco	Premarchito	
PC FORRAJE OFRECIDO			
	%		
Sin Melaza	20.2 ± 2.9**	19.8 ± 2.7	20.0a*
Con Melaza	17.6 ± 2.5	17.5 ± 2.5	17.5b
<i>Promedio</i>	18.9a	18.6a	
PC FORRAJE RECHAZADO			
Sin Melaza	19.3 ± 2.0	17.2 ± 3.1	18.2a
Con Melaza	16.6 ± 1.4	14.9 ± 1.3	15.7b
<i>Promedio</i>	17.9a	16.0b	

*Promedios con letra diferente en la misma fila o columna difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

**Desviación estándar.

Cuadro 5. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la FDN (%) y FDA (%) ofrecida de *Cratylia argentea*.

Variable	Forraje		<i>Promedio</i>
	Fresco	Premarchito	
FDN FORRAJE OFRECIDO			
	%		
Sin Melaza	50.7 ± 1.8**	51.3 ± 2.3	51.0a*
Con Melaza	45.7 ± 2.9	44.7 ± 2.1	45.2b
<i>Promedio</i>	48.2a	48.0a	
FDA FORRAJE OFRECIDO			
Sin Melaza	33.0 ± 2.4	34.8 ± 1.8	33.9a
Con Melaza	29.7 ± 2.3	29.9 ± 2.7	29.8b
<i>Promedio</i>	31.4a	32.4a	

*Promedios con letra diferente en la misma fila o columna difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

**Desviación estándar.

2.3.5. Consumo de Materia seca (MS)

2.3.5.1 Cratylia

En el **Cuadro A2** se aprecia que el análisis estadístico mostró efectos significativos del premarchitamiento ($p < 0.05$) y la adición de melaza ($p < 0.01$) sobre el consumo de *C. argentea*, pero no se detectó significancia para la interacción entre los tratamientos para ésta variable. Además, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre animales sobre el consumo de *C. argentea*, pero no hubo diferencias marcadas entre períodos.

En el **Cuadro 6** se puede notar que el consumo de *C. argentea* fue menor en el tratamiento control, forraje fresco sin melaza (0.281 kg MS/100 kg PV/día), el cual aumentó en un 40.6% con la adición de melaza y en un 32.4 % cuando el forraje fue premarchitado. Además, el promedio del consumo se incrementó en 18.9 % cuando se premarchitó el forraje y en 26.3 % con la adición de melaza, en comparación con el consumo cuando se ofreció el forraje fresco y sin melaza respectivamente. El consumo de *C. argentea* fue mayor ($p < 0.05$) para los animales de menor peso (250-300 Kg), en comparación con los animales de 300 a 350 Kg (cuadrado 2), presentando una diferencia significativa entre promedios de 0.046 Kg MS/100 Kg PV/día (**Cuadro 7**).

2.3.5.2 Pasto

En el **Cuadro 8** se presenta la composición química y DIVMS del pasto Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), a través de los cuatro períodos experimentales. Como podemos apreciar la concentración de PC y la DIVMS bajaron de 5.6 a 2.5 % y de 36.3 a 32.1 % (unidades porcentuales), entre el primero y el último período respectivamente; en contraste la FDN y FDA aumentaron en 3.5 y 5.7 % (unidades porcentuales) respectivamente.

Según el análisis de varianza, presentado en el **Cuadro A2**, el consumo de pasto fue afectado por los tratamientos en forma muy similar a la observada para el consumo de *C. argentea*. No se encontró efecto del período sobre el consumo de pasto, sin embargo se observaron diferencias en consumo de pasto entre

animales a un nivel de $p < 0.07$; el menor consumo de pasto se dio con la suplementación de *C. argentea* fresca (2.075 kg MS/100 kg PV/día) el cual se incrementó en un 15.9 % con la adición de melaza y en un 13.1 % con el premarchitamiento (**Cuadro 6**).

El análisis de regresión determinó un efecto cuadrático ($p < 0.001$) de los niveles de consumo de N de *C. argentea* (X) sobre el consumo del pasto (Y). En la **Figura 1** se puede observar que el consumo de MS de pasto/día aumenta en forma lineal para los primeros 10-15 gramos de N consumidos/100 kg PV/día; sin embargo, a partir de éste nivel, cuando se incrementa el consumo de N hay una tendencia decreciente en la tasa de aumento de consumo del pasto.

Cuadro 6. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre el consumo de MS (kg/100 kg PV/día) de *Cratylia argentea*, pasto (*Hyparrhenia rufa*) y total.

Variable	Consumo (kg MS/100 kg PV/día)		<i>Promedio</i>
	Fresco	Premarchito	
CRATYLIA			
Sin Melaza	0.281 ± 0.06**	0.372 ± 0.063	0.327b*
Con Melaza	0.395 ± 0.073	0.432 ± 0.095	0.413a
<i>Promedio</i>	0.338b	0.402a	
PASTO			
Sin Melaza	2.075 ± 0.222	2.346 ± 0.223	2.211b
Con Melaza	2.404 ± 0.136	2.426 ± 0.194	2.415a
<i>Promedio</i>	2.239b	2.386a	
TOTAL			
Sin Melaza	2.356 ± 0.281	2.719 ± 0.285	2.538b
Con Melaza	2.799 ± 0.208	2.858 ± 0.29	2.828a
<i>Promedio</i>	2.578b	2.788a	

*Promedios con letra diferente en la misma fila o columna difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

**Desviación estándar.

2.3.5.3 Total

Se encontraron efectos significativos de los tratamientos sobre el consumo total, observándose que los animales suplementados con *C. argentea* fresca incrementaron su consumo total en 18.80 % cuando la *C. argentea* fue tratada con melaza y en un 15.40 % con el premarchitamiento. Sin embargo, el análisis de varianza no detectó significancia estadística para la interacción forraje x melaza. Además, el premarchitamiento de *C. argentea* no tuvo beneficio adicional en el consumo total cuando el forraje fue tratado con melaza.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) en el consumo total entre animales; en el **Cuadro 7** vemos que el valor promedio varía entre 2.465 y 2.923 kg MS/100 kg PV/día, siendo mayor para los animales del cuadrado 1 con relación a los del cuadrado 2 (promedio de 2.774 y 2.623 kg MS/100 kg PV/día respectivamente).

Cuadro 7. Efecto de los animales sobre el consumo de MS (kg /100 kg PV/día) de *Cratylia argentea*, pasto (*Hyparrhenia rufa*) y total.

Cuadrado	Animal	Cratylia	Pasto	Total
1	1	0.448 ± 0.118*	2.475 ± 0.271	2.923 ± 0.388
1	2	0.356 ± 0.081	2.320 ± 0.252	2.676 ± 0.333
1	3	0.438 ± 0.101	2.492 ± 0.287	2.930 ± 0.387
1	4	0.340 ± 0.058	2.223 ± 0.217	2.563 ± 0.275
Promedio		0.396	2.378	2.774
2	5	0.345 ± 0.110	2.273 ± 0.260	2.618 ± 0.370
2	6	0.310 ± 0.036	2.155 ± 0.095	2.465 ± 0.141
2	7	0.336 ± 0.067	2.174 ± 0.186	2.510 ± 0.252
2	8	0.410 ± 0.105	2.487 ± 0.253	2.897 ± 0.358
Promedio		0.350	2.272	2.623

*Desviación estándar

Cuadro 8. Composición química y digestibilidad *in vitro* de *Hyparrhenia rufa* durante los cuatro períodos de evaluación.

PERIODO	DIVMS %	PC %	FDN %	FDA %
I	36.3	5.6	76.2	51.4
II	33.7	4.0	77.9	52.9
III	33.4	3.5	78.7	56.7
IV	32.1	2.5	79.7	57.1

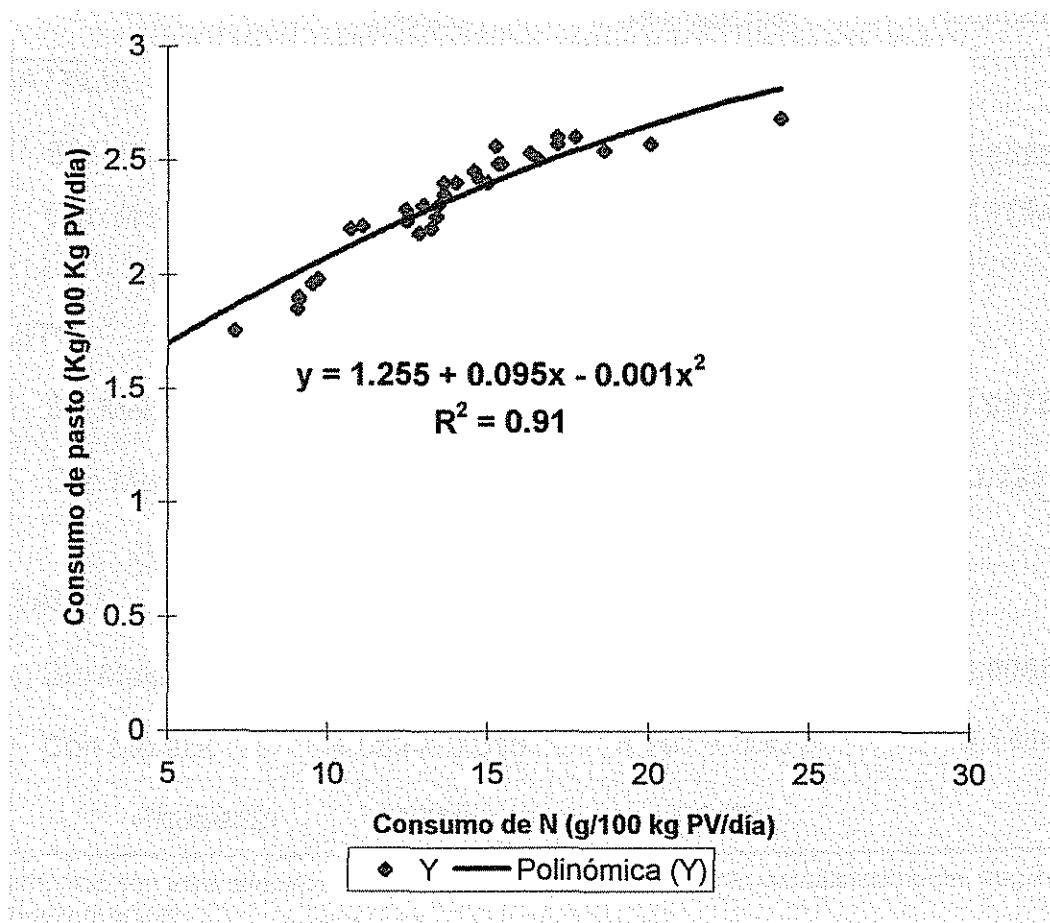


Figura 1. Efecto del consumo de N (g/100 Kg PV/día) de *Cratylia argentea* sobre el consumo de pasto *Hyparrhenia rufa* (Kg/100 Kg PV/día).

2.3.6 Consumo de energía metabolizable (EM)

Las estimaciones de EM consumida de *C. argentea*, pasto y total en los diferentes tratamientos se presentan en el Cuadros 9, en el cual se aprecia que la EM consumida fue mayor tanto para los tratamientos con melaza ($p < 0.01$) como para el forraje premarchito ($p < 0.05$), pero no hubo interacciones entre los dos factores; éste comportamiento se corrobora en el Cuadro A2.

Cuadro 9. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre el consumo de EM (Mcal/100 kg PV/día) de *Cratylia argentea*, pasto (*Hyparrhenia rufa*) y total.

Variable	Consumo (Mcal EM/100 kg PV/día)		
	Fresco	Premarchito	Promedio
CRATYLIA			
Sin Melaza	0.562 ± 0.104**	0.741 ± 0.138	0.652b*
Con Melaza	0.867 ± 0.151	0.962 ± 0.279	0.915a
Promedio	0.715b	0.852a	
PASTO			
Sin Melaza	2.777 ± 0.311	3.137 ± 0.286	2.957b
Con Melaza	3.215 ± 0.177	3.245 ± 0.335	3.23a
Promedio	2.996b	3.191a	
TOTAL			
Sin Melaza	3.339 ± 0.410	3.878 ± 0.417	3.608b
Con Melaza	4.082 ± 0.315	4.207 ± 0.477	4.144a
Promedio	3.71b	4.042a	

*Promedios con letra diferente en la misma fila o columna difieren estadísticamente, según prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

**Desviación estándar.

2.4. DISCUSIÓN

La mayor DIVMS y los menores valores de FDN y FDA observados en el tratamiento con melaza, sin duda están relacionados con el aporte de las trazas de melaza aplicadas al forraje; debido a que la melaza tiene una alta concentración de energía (3.5 Mcal/kg MS) (NRC, 1989; Church and Pond, 1994). Por otro lado la concentración de PC de la melaza (4,5%) es relativamente baja y esto puede explicar la depresión en la concentración de PC cuando *C. argentea* fue tratada con melaza. Sin embargo, los valores promedios de PC observados en todos los tratamientos (16-20%), se consideran adecuados para satisfacer altos niveles de producción de leche. Cowan *et al* (1986), encontraron que animales de alta producción necesitan un forraje por lo menos con 14% de PC.

La DIVMS y PC de *C. argentea* fue mayor para el último período en comparación con los demás y esto se puede atribuir a una diferencia en el estado fisiológico de las plantas en los diferentes períodos. El forraje cortado en el último período tuvo una edad promedio de 3 meses, mientras que el forraje utilizado en los otros períodos tenía una edad promedio de 4 meses de rebrote. Fassler y Lascano (1995) reportan valores de PC de *C. argentea* de 25.6% a una edad de 10-12 semanas, superiores a lo encontrado en este estudio con *C. argentea* cortada a una edad mucho mayor. En estudios realizados con otras leguminosas arbustivas como *Gliricidia* y *Erythrina* también se ha encontrado que la concentración de PC disminuye con la edad; pero siempre mantienen un alto valor (Urriola, 1994). Aunque dicha disminución es bastante menor que en las gramíneas, particularmente en éste estudio el pasto Jaragua disminuyó su concentración de PC de 5.6 a 2.5 % entre el primer período y el último, es decir, en un lapso de sesenta días.

La DIVMS del forraje ofrecido fresco y sin melaza fue de 55.6%, valores similares han sido encontrados por Xavier y Carvalho (1995), quienes reportan una DIVMS

de 57%, cuando la *C. argentea* fue manejada con cortes cada tres meses en el trópico seco de Brasil. Por otro lado, datos presentados por Lascano (1995) y Valerio (1994), en el trópico húmedo con cortes cada ocho semanas, muestran niveles entre 41 y 46% de DIVMS, inferiores a los que se encontraron en éste estudio.

La DIVMS del forraje ofrecido fresco y con melaza supero en 5% (unidades porcentuales) a la DIVMS del forraje ofrecido fresco y sin melaza, debido probablemente a que la baja cantidad de melaza estimulo una mayor actividad microbial, debido al aporte de energía, la cual contribuyó a una mayor DIVMS; además, la melaza en la muestra presentó una mayor concentración a la melaza aplicada, debido también en parte a la dificultad en homogeneizar la muestra.

Como se esperaba, la DIVMS del forraje en oferta fue entre 2 y 3 % (unidades porcentuales) mayor que la DIVMS del forraje rechazado; esto se puede asociar con la selección en favor de las hojas por los animales, además se observó que el material de rechazo tuvo una mayor fracción de tallos.

Valerio (1994) encontró en *C. argentea*, accesión CIAT 18516, valores de aproximadamente 20% de PC en rebrotes de 8 semanas de edad; sin embargo, la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) tuvo valores intermedios (45%), mientras que el contenido de taninos fue bajo (1.6%). Estas cifras son similares a las reportadas por Perdomo (1991) en rebrotes de 12 semanas de edad (23% PC, 48% DIVMS y 0.2% de taninos). Los valores de DIVMS y PC de *C. argentea* son muy similares a los valores que se han reportado para otras leguminosas arbustivas de uso común en América latina, tales como *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina spp*, bajo condiciones similares de suelo, clima y manejo (Camero, 1991; Mochiutti, 1995; Oviedo, 1995; Hernández, 1996). En general la mayoría de las leguminosas tienen un nivel de DIVMS y PC que oscila entre 52 a 60% y 18 a 25 % respectivamente, excepto *Calliandra spp* la cual tiene

valores menores de 45% debido a la alta concentración de taninos (Baggio, 1982; Valerio, 1990; Kumar y D'Mello, 1995).

El consumo de MS de *C. argentea* en el tratamiento forraje fresco y sin melaza fue el más bajo (0.281 Kg MS/100 Kg PV = 8.9 g MS/Kg PV^{0.75}) y aumentó en 32.4% con el premarchitamiento y con la adición de melaza en 40.6%; posiblemente debido a la alta palatabilidad de la melaza, lo cual permite una mayor aceptabilidad de *C. argentea* por los animales.

Observaciones realizadas sobre consumo animal de *C. argentea* indican que éste es afectado por el manejo postcosecha del material cosechado (CIAT, 1993). Las pruebas realizadas con ovejas en jaulas mostraron que el consumo del arbusto en un período de una hora, casi se duplicó cuando el forraje ofrecido había sido secado al sol en comparación con el forraje fresco. Por otro lado, el consumo de forraje maduro fue más alto que el inmaduro (hojas jóvenes) independientemente de si había recibido o no tratamiento postcosecha. Estudios conducidos por Raaflaub y Lascano (1995), también muestran que el premarchitamiento de *C. argentea* dio como resultado un mayor consumo de forraje por ovejas y además que aquellas sin experiencia previa en el consumo discriminaron menos entre hojas frescas maduras o inmaduras; mientras que el consumo del forraje fresco fue de 11 g MS/kg PV^{0.75}/hora, éste se incremento a 41 g MS/kg PV^{0.75}/hora con el premarchitamiento; siendo mayor al que se encontró en éste estudio con novillas. Sin embargo, observaciones ocasionales no controladas indican que vacas de doble propósito consumen normalmente el arbusto en fincas de la vertiente subhúmeda de Costa Rica (Argel y Valerio, 1996) y en condiciones de Goiás en Brasil (Sobrinho y Nunes, 1995), particularmente durante el período seco.

El contenido de MS del forraje premarchitado supero en 8 % (unidades porcentuales) al contenido de MS del forraje fresco, lo cual probablemente se traduce en un mayor consumo de *C. argentea*. Esto es sustentado por Kenney et

al (1984), quienes encontraron que el consumo del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) aumento en 55%, cuando el % de MS del forraje subió de 15 a 40%. Sin embargo, es importante anotar que el premarchitamiento no siempre ha resultado en mayor consumo para todos los forrajes, posiblemente debido a que existen diferencias en compuestos secundarios entre especies, los cuales actúan de manera diferente sobre el consumo. Palmer and Schlink (1992), encontraron una diferencia significativa ($p < 0.01$) entre el consumo voluntario, en relación al peso corporal, de *Calliandra calothyrsus* fresco (59 g MS/Kg $PV^{0.75}$) y el material secado a baja temperatura (25°C), en donde el consumo disminuyó en forma significativa con el premarchitamiento (37 g MS/Kg $PV^{0.75}$), es posible que los taninos tengan un mayor efecto sobre el consumo del forraje premarchitado.

Los resultados anteriores y los de éste estudio sugieren que existe algún compuesto secundario que afecta el consumo del forraje fresco de *C. argentea* y aparentemente el premarchitamiento inhibe los efectos de estos compuestos antinutricionales. Al respecto Xavier *et al* (1990), encontraron que el follaje de *C. argentea* tiene bajos contenidos de taninos condensados (alrededor de 0.2%) y puede tener hasta 7.0% de N foliar a los 21 días de rebrote sin embargo la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) no es muy alta y se reporta en 45% en rebrotes de 8 semanas de edad en Costa Rica (Valerio, 1994). Resultados obtenidos en el CIAT muestran que *C. argentea* contiene sólo trazas de taninos condensados, alcaloides, cianógenos y cumarinas; otros estudios muestran la presencia de hidroxycumarinas (Raaflaub y Lascano, 1995), las cuales según (Reed, 1986; Rittner y Reed, 1992) son más tóxicas que las mismas cumarinas.

Abarca (1989) reporta que en vacas pastoreando estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) cuando ofreció poró (*Erythrina poeppigiana*) + melaza, como suplemento, en promedio de 0.74 ± 0.34 % PV, encontró que el poró consumido por los animales fue de 0.45 ± 0.25 % PV, muy similares a los resultados de éste

estudio, para el tratamiento forraje fresco + melaza, en donde el consumo de MS de *C. argentea* fue 0.4 ± 0.11 % PV. Valores superiores a los reportados por Vargas (1987) cuando ofreció una cantidad equivalente al 0.7 % PV de *Erythrina cocleata*, como suplemento a toretes en pastoreo, y encontró consumos de MS de 0.15, 0.19 y 0.28 % del PV; además, el mismo autor menciona que las cantidades ofrecidas fueron en promedio 2.38 veces mayores que las consumidas, lo cual evidencia una gran selectividad del forraje ofrecido.

Dentro de los límites del N de *C. argentea* consumido, se observa que el consumo de pasto Jaragua se incrementó a medida que el nivel de N de *C. argentea* aumenta, dicho aumento fue más marcado para los primeros 10-15 g de N consumidos/100 Kg de PV y esto sin duda puede estar relacionado con un sinergismo entre el N de *C. argentea* y el mejoramiento de la actividad microbial, considerando que el pasto Jaragua sólo tuvo en promedio 4.0 % de PC durante todo el ensayo.

El aumento en el consumo de pasto con la suplementación de *C. argentea* puede estar relacionado con la capacidad de esta leguminosa de proveer nutrientes como N-NH₃ y azufre para las bacterias ruminales; en ese sentido Goodchild and McMeniman (1994), reportan que cuando el nivel de N-NH₃ en el licor ruminal estaba por debajo de 3 mg N-NH₃/100 ml de licor ruminal, la inclusión de leguminosas en la dieta incrementó el consumo de la dieta basal.

La mayoría de los datos muestran que la inclusión de 20–50% de leguminosas (incluyendo arbustivas) en la dieta, da como resultado un aumento entre 10 y 45% en consumo total (Poppi y Norton, 1995). Sin embargo, Lascano y Palacios (1993) reportan que el bajo consumo de una pastura madura de *Andropogon gayanus*, por ovejas, no fue aumentado con la incorporación de *Desmodium ovalifolium* o *Stylosanthes capitata* en la dieta.

Por otra parte, el consumo de forrajes bajos en proteína, como el pasto Jaragua, podría incrementarse al mejorar el estado proteico del animal con el suplemento del N de *C. argentea*; éste efecto se produciría al elevarse las concentraciones de amoníaco en el rumen, importantes para el mantenimiento de altas tasas de fermentación y maximización del consumo y la digestibilidad (Preston and Leng, 1984; Swiegers *et al*, 1988; Pulido, 1990; Goodchild and McMeniman, 1994; Estrada, 1997).

Es posible que la *C. argentea* sea una fuente de energía importante para la actividad microbial, teniendo presente que la DIVMS del pasto Jaragua estuvo alrededor del 35 % y esto también puede explicar el aumento en el consumo del pasto. Estudios conducidos por Higgins *et al* (1992), con *Brachiaria decumbens*, indican que la inclusión de la leguminosa *Aeschynomene americana* en la dieta de los animales no se tradujo en mayor síntesis de energía, ni en mayor consumo del pasto, debido a la falta de energía; lo anterior indica la importancia del balance entre energía y proteína para que los microorganismos puedan ser eficientes en la síntesis de proteína microbial.

En forrajes de baja calidad, como el pasto Jaragua, pequeñas cantidades de suplemento energético y de nitrógeno han permitido aumentar el consumo de dichos forrajes, debido a una mejora en la relación energía/nitrógeno a nivel ruminal la que estimularía el crecimiento y la actividad celulolítica de las bacterias ruminales (Elliot, 1967a; Elliot, 1967b; Fick *et al*, 1973; Tamminga, 1982). Además, cuando animales bajo pastoreo, en forrajes de pobre calidad, se suplementan con fuentes proteicas, generalmente se mejora el consumo y la digestibilidad de la fibra (Sanz, 1990).

Los resultados obtenidos muestran que *C. argentea* apporto entre 16.8 y 23.8 % de la EM total consumida por los animales, dependiendo de los tratamientos. La EM total consumida en las dietas de *C. argentea*, es suficiente para el mantenimiento

y además sostener una producción de 4.5-5.5 litros de leche/día (NRC, 1989); ésta se considera buena para la época seca, debido a que los animales estaban pastoreando un forraje de baja DIVMS, como se mencionó con anterioridad, el aporte energético de la *C. argentea* sin duda va a contribuir a una mayor síntesis de proteína microbial que la observada en dietas de sólo pasto.

En términos generales, existe un efecto aditivo en el consumo del forraje por el suplemento, debido a que la *C. argentea* permite solucionar el déficit de N en la dieta; el consumo de materia seca total es mayor a medida que se incrementa el consumo de suplemento (Campling y Murdoch, 1966; Jones, 1972). Sin embargo se reconoce que cuando no se han producido limitaciones físicas de consumo, el máximo consumo de MS se obtiene cuando el suplemento y el forraje consumido cubren las necesidades energéticas del animal, punto en el cual el consumo voluntario del alimento es regido por mecanismos quimiostáticos y termostáticos (Montgomery y Baumgardt, 1965a; Montgomery y Baumgardt, 1965b).

El diseño experimental detectó diferencia significativa entre animales para la variable consumo de *C. argentea*; es de resaltar la importancia del uso de este diseño en estudios de suplementación y nutrición, debido a que existe mucha variabilidad entre animales con respecto a la selección y consumo de las especies forrajeras.

Se concluye que los tratamientos de premarchitamiento y adición de melaza representan una buena alternativa para mejorar el consumo de *Cratylia argentea* como suplemento alimenticio en un sistema de corte y acarreo.

Cuadro A1. Valores de F y niveles de significancia para las variables % de DIVMS y PC ofrecida y rechazada, FDN y FDA ofrecida.

Fuente de variación	DIVMS %		PC %		FDN %	FDA %
	Oferta	Rechazo	Oferta	Rechazo	Oferta	Oferta
Cuadrado	0.02	1.78	0.74	0.09	0.04	0.05
Vaca (Cuadrado)	1.30	1.15	2.26	1.69	0.81	0.66
Período (Cuadrado)	3.54*	2.11	42.34**	3.91*	3.86*	0.80
Forraje	0.00	2.82	0.85	9.86**	0.05	1.32
Melaza	82.81**	31.82**	69.49**	17.33**	58.52**	20.92**
Forraje x Melaza	0.98	0.29	0.37	0.12	1.05	0.92

*p < 0.05 diferencia significativa.

**p < 0.01 diferencia altamente significativa.

Cuadro A2. Valores de F y niveles de significancia para las variables consumo de MS (Kg/100 Kg PV) y EM (Mcal/100 Kg PV) de *Cratylia argentea*, *Hyparrhenia rufa* y total.

Fuente de variación	Consumo de MS			Consumo de EM		
	Cratylia	Pasto	Total	Cratylia	Pasto	Total
Cuadrado	3.27	1.98	2.34	3.19	2.04	2.63
Vaca (Cuadrado)	2.94*	2.49	2.69*	2.55	2.46	2.61
Período (Cuadrado)	2.00	1.17	1.28	2.49	1.00	1.19
Forraje	8.51*	5.21*	6.21*	8.00*	5.11*	6.60*
Melaza	15.67**	10.09**	11.72**	29.33**	9.9**	17.13**
Forraje x Melaza	1.57	3.74	3.23	0.76	3.65	2.57

*p < 0.05 diferencia significativa.

**p < 0.01 diferencia altamente significativa.

2.5. REFERENCIAS

- ALAGON H., G. 1990. Comparación del poró (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento de vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 145 p.
- ARGEL, P.J. 1995. Evaluación Agronómica de *Cratylia argentea* en México y Centroamérica. Trabajo presentado en el taller de *Cratylia*, 19-20 de julio de 1995 en Brasilia, D.F., Brasil. 11 p.
- ARGEL, P.J.; MAASS, B.L. 1995. Evaluación y adaptación de leguminosas arbustivas en suelos ácidos infértiles de América tropical. In: Nitrogen Trees for Acid Soils. Evans, D.O. and Szott, L.T. (eds.). Nitrogen Fixing Trees Research Reports. Special issue. Winrock International and NFTA. Morrilton, Arkansas. p. 215-227.
- ARGEL, P.J; VALERIO, A. 1996. *Cratylia argentea*: un nuevo arbusto forrajero con potencial para el trópico subhúmedo. Trabajo presentado en V Ciclo Internacional en Producción e Investigación en Pastos Tropicales, 25-26 de abril de 1996. Maracaibo, Venezuela. 16 p.
- AROEIRA, L.J.M.; XAVIER, D.F. 1991. Digestibilidad y degradabilidad de *Cratylia floribunda* en el rumen. Pasturas Tropicales CIAT (Col) 13(3): 15-19.
- BAGGIO, A.J. 1982. Establecimiento manejo y utilización del sistema agroforestal cercos vivos de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 91 p.
- BATEMAN, J.V. 1970. Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. Ed. Herrero, México, D.F., 468 p.
- BAZILL, J; MACLENNAN, A; HIDALGO, C; ARAYA, J; SOLORZANO, N. 1995. Experiencias del proyecto Reforestación en Fincas Ganaderas. Dirección Regional Pacífico Central, MAG, Esparza, Costa Rica. 7 p.
- BURNS, J.C. 1978. Antiquality factors as related to forage quality. Journal of Dairy Science 61(12): 1809-1820.
- BUSTAMANTE, J. 1991. Evaluación de comportamiento de ocho gramíneas forrajeras asociadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) y solas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 131 p.

- CAMERO, A. 1991. Evaluación del poró (*Erythrina popeppigiana* (Walpers) O. F. Cook) y madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) como suplemento proteico para vacas lecheras alimentadas con heno de Jaragua (*Hyparrhenia rufa*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 91 p.
- CAMPLING, R.C; MURDOCH, J.C. 1966. The effect of concentrates on the voluntary intake of roughages by cows. *Journal of Dairy Science* 3(1): 1-11.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1993. Programa de Forrajes Tropicales. Informe Bianual 1992-1993. Documento de trabajo No. 136. Cali, Colombia. p. 4-1 y 5-1.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1996. *Cratylia argentea*. Hoja informativa Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (México, Centroamérica y el Caribe), RIEPT-MCAC, 2(4): 1-3.
- CHINCHILLA V., E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. San José, C.R., IFAM. p. 305-310.
- CHRISTIAN, K.R.; COUP, M.R. 1954. Measurement of feed intake by grazing cattle and sheep. VI. The determination of chromic oxide in faeces. *Journal of Science and Technology* 36: 328-330.
- CHURCH, D.C.; POND, W.G. 1994. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. UTEHA. Noriega editores. México. 438 p.
- COWAN, R.T.; DAVISON, T.M.; SHEPARD. 1986. Observations on the diet selected by Friesian cows grazing tropical grass and grass legume pastures. *Tropical Grasslands* 20(4): 183-192.
- ESTRADA, X.A. 1997. Efecto de la sustitución del King grass (*Pennisetum purpureum* * *Pennisetum typhoides*) por Morere (*Morus* sp.) sobre los parámetros de degradación y fermentación ruminal de cuatro forrajes de calidad contrastante. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 70 p.
- ELLIOT, R.C.; FOKKEMA, K.; FRENCH, C.H. 1961. Herbage consumption studies by beef cattle. II. Intake studies on Africander and Mashona cows on veld grazing, 1959/60. *Rhodesia Agricultural Journal* 58(2): 124-130.
- _____. 1967a. Voluntary intake of low protein diets by ruminants. I. Intake of food by cattle. *Journal of Agricultural Science* 69(3): 375-382.
- _____. 1967b. Voluntary intake of low protein diets by ruminants. II. Intake of food by sheep. *Journal of Agricultural Science* 69(3): 383-390.

- FASSLER, O.M.; LASCANO, C.E. 1995. The effect of mixtures of sun-dried tropical shrub legumes on intake and nitrogen balance by sheep. *Tropical Grasslands* 29(2): 92-96.
- FICK, K.R.; AMMERMAN, C.B.; Mc GOWAN, C.H.; LOGGINS, P.E.; CORNELL, J.A. 1973. Influence of supplemental energy and biuret nitrogen on the utilization of low quality roughage by sheep. *Journal of Animal Science* 36(1): 137-142.
- FRANCO, M. 1996. Calidad nutricional de forrajes. Informe final: Curso de sistemas ganaderos y estrategias de alimentación animal. Turrialba, C.R., CATIE. p. irr.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagentes, procedures and some applications). USDA. Handbook 379.
- GOODCHILD, A.V.; McMENIMAN, N.P. 1994. Intake and digestibility of low quality roughages when supplemented with leguminous browse. *Journal of Agricultural Science* 122: 151-160.
- HERNANDEZ, I. 1996. Manejo de las podas de *Leucaena leucocephala* para la producción de forraje en el período seco en Cuba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 106 p.
- HIGGINS, S.J.; TABRETT, S.J.; POPPI, D.P.; NORTON, B.W. 1992. Duodenal protein supply in cattle grazing signal grass (*Brachiaria decumbens*) and glenn joint vetch (*Aeschynomene americana*). *Proceedings of the Australian Society of Animal Production* 19: 52.
- HOLDRIDGE, S.J. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 206 p.
- INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL DE COSTA RICA. 1993. Datos meteorológicos de temperatura y precipitación de 1950-1986. San José, C.R. (mimeografiado). 15 p.
- ITURBIDE, A.M. 1967. El óxido crómico como indicador externo para estimar producción fecal y consumo en las pruebas de digestibilidad. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., IICA. 137 p.
- JONES, G.M. 1972. Chemical factors and their relation to feed intake regulation in ruminants: a review. *Canadian Journal of Animal Science* 52(2): 207-239.
- KASS, M.L.; RODRIGUEZ, G. 1993. Evaluación nutricional de alimentos. Turrialba, C.R., CATIE. Laboratorio de nutrición animal. 57 p. (mimeografiado).

- KENNEY, P.A.; BLACK, J.L.; COLEBROOK, W.F. 1984. Factors affecting diet selection by sheep. III. Dry matter content and particle length of forage. *Australian Journal of Agricultural Research* 35: 831-838.
- KUMAR, R.; D'MELLO, J.P.F. 1995. Antinutritional factors in forage legumes. In D'MELLO, J.P.F. and DEVENDRA, C., eds. *Tropical legumes in animal nutrition*. Wallingford, UK, CAB International, p. 95-134.
- LASCANO, C.E.; PALACIOS, E. 1993. Intake and digestibility by sheep of mature grass alone and in combination with two tropical legumes. *Tropical Agriculture (Trinidad)* 70: 356-358.
- LASCANO, C.E.; MAASS, B.; KELLER-GREIN, G. 1995. Forage quality of shrub legumes evaluated in acid soils. In: *Nitrogen Trees for Acid Soils*. Evans, D.O. and Szott, L.T. (eds.). Nitrogen Fixing Trees Research Reports. Special issue. Winrock International and NFTA. Morrilton, Arkansas. p. 228-236.
- LASCANO, C.E. 1995. Calidad nutritiva y utilización de *Cratylia argentea*. In *Potencial del género Cratylia como leguminosa forrajera*. Memorias del taller de trabajo sobre *C. argentea* (1995, Brasilia, Brasil). p 83-98.
- LUCAS, H.L. 1957. Extra-period latin-square change-over designs. *Journal of Dairy Science (EE.UU.)* 40: 225-239.
- LUCAS, H.L. 1960. Critical features of good dairy feeding experiments. *Journal of Dairy Science*. 43: 193.
- LUCAS, H.L. 1983. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. North Carolina State University. Raleigh, North Carolina. Chapt. 16 p. 1-51.
- MAASS, B.L. 1995. Evaluación Agronómica de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en Colombia. Trabajo presentado en el taller de *Cratylia*, 19-20 de julio de 1995 en Brasilia, D.F., Brasil. 10 p.
- MOCHIUTTI, S. 1995. Comportamiento agronómico y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. bajo defoliación manual y pastoreo en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 144 p.
- MONTGOMERY, M.J.; BAUMGARDT, B.R. 1965a. Regulation of food intake in ruminants. I. Pelleted rations varying in energy concentrations. *Journal of Dairy Science* 48(5): 569-574.
- MONTGOMERY, M.J.; BAUMGARDT, B.R. 1965b. Regulation of food intake in ruminants. II. Rations varying in energy concentration and physical form. *Journal of Dairy Science* 48(2): 1623-1628.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 1989. Nutrient Requirements of Domestic Animals; Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, D.C. 85 p.
- OLIVEIRA, M.C. de; ALBUQUERQUE, S.G. de; S.SILVA, C.M.M. de. 1980. Avaliacao indireta da e forragem de plantas arbustivas e arbóreas da Caatinga. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuaria do Trópico Semi-Arido (CPATSA) Pesquisa Em Andamento 7(7): 1-3.
- OVIEDO, F. 1995. Morera (*Morus sp.*) en asocio con poró (*Erythrina poeppigiana*) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 87 p.
- PALMER, B.; SCHLINK, A.C. 1992. The effect of drying on the intake and rate of digestion of the shrub legume *Calliandra calothyrsus*. Tropical Grasslands 26: 89-93.
- PERDOMO, P. 1991. Adaptación edáfica y valor nutritivo de 25 especies y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes. Tesis de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia, 128 p.
- PEZO, D.A.; ROMERO, F.; IBRAHIM, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. In Fernández-Baca, S., ed. Avances en la producción de leche y carne en el Trópico Americano. FAO, Santiago, Chile. p. 47-98.
- PIZARRO, E.A.; CARVALHO, M.A.; RAMOS, A.K.B. 1995. Introducción y evaluación de leguminosas forrajeras arbustivas en el Cerrado Brasileiro. Trabajo presentado en el taller de *Cratylia*, 19-20 de julio de 1995 en Brasilia, D.F., Brasil. 14 p.
- POPPI, D.P.; NORTON, B.W. 1994. Intake of tropical legumes. In D'MELLO, J.P.F. and DEVENDRA, C., eds. Tropical legumes in animal nutrition. Wallingford, UK, CAB International, p. 173-190.
- PRESTON, T.R.; LENG, R.A. 1984. Supplementation of diets based on fibrous residues and by-products. In SUNDSTOL, F and OWEN, E., eds. Straw and other fibrous by-products as feed. Amsterdam, Elsevier, p. 373.
- PULIDO, J.I. 1990. Efecto de la amonificación con urea sobre el valor nutritivo y parámetros de digestión ruminal de la paja de Jaragua (*Hyparrhenia rufa*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 130 p.
- PURCINO, A.A.C.; LYND, J.Q. 1982. Growth stage effects on nitrogenase, nitrate reductase, and ureide content in nodules of "Copada" (*Cratylia floribunda*). Soil Science 133(3): 186-194.

- QUEIROZ, L.D. de; CORADIN, L. 1995. Biogeografía de *Cratylia* e Areas Prioritarias para coleta. Trabajo presentado en el taller de *Cratylia*, 19-20 de julio de 1995 en Brasilia, D.F., Brasil. 23 p.
- RAAFLAUB, M.; LASCANO, C.E. 1995. The effect of wilting and drying on intake rate and acceptability by sheep of the shrub legume *Cratylia argentea*. *Tropical Grasslands* 29 (2): 97-101.
- REED, J.D. 1986. Relationships among soluble fenolic, insoluble proantocyanidins and fiber in east Africa browse specie. *Journal of Range Management* 39: 5-7.
- RITTNER, U.; REED, J.D. 1992. Phenolics and *In-vitro* degradability of protein and fiber in West African Browse. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 58: 21-28.
- SANZ, E. 1990. Los nuevos sistemas de alimentación en vacuno lechero. España. AEDOS. 271 P.
- SAS INSTITUTE INC. 1985. SAS user's guide: Statistics. Cary, EE.UU., SAS Institute Inc. 629 p.
- SOBRINO, J.M.; NUNES, M.R. 1995. Estudios desenvolvidos pela Empresa Goaina de pesquisa Agropecuaria com *Cratylia argentea*. Trabajo presentado en el taller de *Cratylia*, 19-20 de julio de 1995 en Brasilia, D.F., Brasil. 12 p.
- STEEL, R.D.G.; TORRIE, J.C. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. 2da. de. Trad. Por Ricardo Martínez. México, McGraw-Hill. 622 p.
- STOBBS, T.H.; SANDLAND, R.L. 1972. The use of latin square changeover design with dairy cows to detect differences in the quality of tropical pastures. *Journal Agricultural Animal* 10: 691.
- SWIEGERS, J.P.; PIENAAR, J. 1988. The potential of chemically treated common reed bay in maintenance diets for sheep. 1. The effect of NaOH treatment and silage with urea on intake digestibility and rumen kinetics. *South African Journal of Animal Science* 18(3): 101.
- TAMMINGA, S. 1982. Energy protein relationships in ruminant feeding: Similarities and differences between rumen fermentation and post ruminal utilization. In E.L. Miller; I.H. Pike; A.J.H. Vanes, eds. Protein contribution of feedstuffs for ruminants: aplication to feed formulation. England, Scientific Butterworth. p. 4-15.

- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18(2): 104-111.
- TORRES, F. 1983. Role of woody perennials in animal agroforestry. *Agroforestry Systems* 1: 131-163.
- URRIOLA, D.M. 1994. Efecto de la edad de rebrote sobre la composición química y digestibilidad *in vitro* de cinco procedencias de *Gliricidia sepium* y su aceptabilidad por cabras adultas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 73 p.
- VALERIO, S. 1990. Efecto del secado y método de análisis sobre los estimados de taninos y la relación de éstos con la digestibilidad *in vitro* de algunos forrajes tropicales. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 94 p.
- VALERIO, S. 1994. Contenido de taninos y digestibilidad *in vitro* de algunas forrajeras tropicales. *Agroforestería en las Américas* 1(3): 10-13.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers. Corvallis, Oregon, EEUU, O & B Books, 374 p.
- VARGAS, F.A. 1987. Evaluación del forraje de poró (*Erythrina coccleata*) como suplemento proteico para toretes en pastoreo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 81 p.
- VENEREO, A. 1976. Número de réplicas en diseños cuadrados latinos balanceados para la estimación de efectos residuales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 10 (3): 237-246.
- XAVIER, D.F.; CARVALHO, M.M.; BOTREL, M.A. 1990. Curva de crecimiento e acumulacao de proteína bruta de leguminosa *Cratylia floribunda*. *Pasturas Tropicales* 12 (1): 35-38.
- XAVIER, D.F.; CARVALHO, M.M. 1995. Availacao Agronómica de *Cratylia argentea* na zona de Mata de Minas Gerais. Trabajo presentado en el taller de *Cratylia*, 19-20 de julio de 1995 en Brasilia, D.F., Brasil. 17 p.

III. ARTICULO 2

EFFECTO DE LA EDAD DE CORTE SOBRE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL Y SOLUBILIDAD DE LA PROTEINA DE *Cratylia argentea*

3.1 INTRODUCCION

En la explotación ganadera, los árboles forrajeros juegan un rol importante en la producción no sólo de una gran cantidad de forraje, sino también de un alto valor nutritivo, condiciones indispensables en el trópico para cubrir los requerimientos nutricionales que demandan los animales. Dichos requerimientos involucran el término del valor nutritivo de los forrajes, que se refiere a un conjunto de características propias de las especies y dan una idea de la eficiencia del alimento. Los métodos de laboratorio que se han desarrollado últimamente, para evaluar y determinar la composición química de los forrajes y alimentos, no justifican determinar solamente la composición química de los mismos, sino completar esta información involucrando al animal.

La población microbiana del rumen, tiene la primera oportunidad para utilizar los nutrientes del forraje consumido por los bovinos; consecuentemente, los rumiantes tienen una ventaja nutricional comparativa con relación a los animales monogástricos, debido a la gran capacidad de los microorganismos ruminales para degradar alimentos fibrosos, sintetizar aminoácidos esenciales a partir de compuestos nitrogenados no proteicos y de producir cantidades apreciables de vitaminas. Estos obtienen la energía necesaria para realizar sus procesos reproductivos y de crecimiento, principalmente de la degradación de carbohidratos del alimento, dejando como subproductos ácidos grasos volátiles que son utilizados por el animal huésped. La degradación de los compuestos nitrogenados libera amoníaco, que es fijado como proteína microbiana, la cual es digerida y absorbida en el intestino delgado del animal (Van Soest, 1982; Medina, 1988).

Las especies forrajeras sufren cambios sensibles y graduales en su composición

química, digestibilidad y valor nutritivo durante las diferentes fases del ciclo vegetativo y también debido a las constantes variaciones climatológicas, especialmente durante la época seca. Además, el proceso de lignificación de la fibra se acentúa con la madurez de la planta y es favorecido por el déficit hídrico, razón por la cual es poco probable el mantenimiento de una producción forrajera de buena calidad (Borgioli, 1962; Pulido, 1990).

Si se acepta que la calidad de un forraje en gran parte determina el nivel de producción animal, y que los componentes básicos de calidad son digestibilidad y consumo, entonces es conveniente tener alguna estimación de éstos parámetros en el proceso de evaluación de forrajes (Lascano, 1990). La técnica *in situ* permite obtener información sobre la degradabilidad de diferentes forrajes, de la variación existente entre especies y variedades, así como también la diferencia entre partes constituyentes de la planta; además, evaluar el efecto de la madurez y la edad de corte sobre la degradabilidad. Toda esta información ayudará a conocer mejor el verdadero potencial de los forrajes y hacer un uso más eficiente de los mismos en el desarrollo de sistemas de alimentación animal (Orskov et al, 1980; Pezo, 1990; Romero, 1990).

La composición química y la digestibilidad de un forraje, están influenciadas por múltiples factores, uno de los más importantes es el estado de madurez, debiéndose determinar cual es el mejor momento de aprovechamiento para su máxima utilización, es decir, la edad de rebrote y corte adecuada para optimizar su consumo y por ende la productividad (Lascano, 1979). La disponibilidad de nutrientes de los alimentos es limitada por su composición química; las limitaciones pueden ser referidas a la cantidad de sustancias totalmente aprovechables por el animal y por los factores que influyen en la tasa de digestión (Burns, 1978). El problema de la pobre calidad de los forrajes es que su digestión es tan baja que suficiente cantidad de residuos permanecen en el rumen y limitan el consumo de alimentos (Van Soest, 1968; Lascano, 1979).

Aroeira y Xavier (1991), En el Centro Nacional de Investigaciones de Ganado de leche de EMBRAPA, en Coronel Pacheco, Minas Gerais (Brasil), determinaron la digestibilidad *in vivo* e *in situ* y la degradabilidad de la leguminosa *Cratylia floribunda*. Después de dos meses de crecimiento de la planta, la digestibilidad promedio fue: materia seca = 56.7%, proteína cruda = 75.3%, fibra detergente neutro = 54.1%, fibra en detergente ácido = 34.2%. A esta misma edad la degradabilidad potencial (DP) y efectiva (DE) fueron, respectivamente: MS = 64% y 51%, PC = 76 y 60%, y fibra en detergente neutro = 51 y 33%. A pesar del alto contenido promedio de PC (26%) y de su alta DE (60%), el consumo fue limitado (46g/kg PV^{0.75}). El balance de nitrógeno fue negativo y los animales excretaron 10% más de N que el ingerido.

Estudios realizados a diferentes edades indican que *C. argentea* es una planta de alto contenido foliar de nitrógeno; a las edades de 21, 42 y 63 días de rebrote, las plantas presentaron un % de N de 6.6, 5.3 y 4.4 respectivamente. A los 84 días la concentración de N baja a cerca de 3%, o sea equivalente a un 20% de proteína cruda (PC), lo cual está dentro de los límites observados para otras leguminosas tropicales. Lo más interesante de la especie es que esta proporción de N foliar (3%) se mantiene aún a los 189 días de edad (Xavier y Carvalho, 1995).

Las leguminosas arbustivas, debido a su alto contenido de nitrógeno en la biomasa, representan un gran potencial forrajero como suplemento para rumiantes. Dadas las anteriores consideraciones y además que no existen para *Cratylia argentea* trabajos previos ni sobre degradabilidad ruminal *in situ*, ni para solubilidad de la proteína, se llevó a cabo el siguiente experimento con el objetivo de determinar los parámetros de degradabilidad ruminal y la solubilidad de la proteína a los 2, 3 y 4 meses de edad del rebrote de *C. argentea*.

3.2. MATERIALES Y METODOS

3.2.1 Localización

El ensayo se realizó en la finca experimental y el Laboratorio de Fitoquímica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica. Ubicada entre los 9° 53' latitud norte y 83° 38' longitud oeste, a una altitud de 602 msnm, temperatura media anual de 22.1°C, con una precipitación media anual de 2600 mm distribuidos mas o menos en forma uniforme durante todo el año, y una humedad relativa de 90.4% (CATIE, 1987). Corresponde a la zona de vida Bosque muy Húmedo Premontano (Holdridge, 1978).

3.2.2 Descripción del experimento

Para estudiar la degradabilidad del forraje de *C. argentea* se estabularon 2 novillos de raza Jersey, machos, castrados; con fistula permanente al rumen, con edad y peso de 42 meses; 295 y 309 Kg respectivamente. La prueba experimental se realizó en confinamiento, colocándose cada animal en un corral de 15 m², con piso de cemento, en los que se disponía de comedero, bebedero y saladero. El experimento duro 16 días y constó de dos etapas, la primera de 11 días de adaptación a la dieta y la segunda de 5 días de evaluación propiamente dichos, en los cuales y con un horario predeterminado, se introdujeron las bolsas y se realizó la incubación ruminal del material experimental. A los animales se les ofreció 3 Kg MS/100 Kg PV; la dieta constó de 30 % del suplemento proteico (*C. argentea*) y el 70% restante de pasto King grass (*Pennisetum purpureum* * *P. typhoides*).

3.2.3 Diseño experimental

Para el análisis estadístico de las variables bajo estudio, se utilizó un diseño de bloques completos al azar, en donde cada animal fistulado constituyó un bloque y los tratamientos fueron las 3 edades de corte evaluadas (2, 3 y 4 meses). El modelo matemático empleado para el análisis de varianza fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque.

μ = Media general de las observaciones.

T_i = Efecto de la i -ésima edad de rebrote ($i = 1, 2, 3$).

B_j = Efecto del j -ésimo animal ($j = 1, 2$).

E_{ij} = Error experimental.

El análisis de varianza para los parámetros de fermentación ruminal de las tres edades de rebrote es el siguiente:

Fuente de variación	GL	GL
Bloque	$j-1$	$2-1= 1$
Tratamientos	$i-1$	$3-1= 2$
Error	$(j-1) (i-1)$	$(2-1) (3-1)= 2$
Total	$ji-1$	$6-1= 5$

Para determinar la degradabilidad inicial (DI), la degradabilidad potencial (DP) y la tasa de degradación (TD) de la materia seca (MS), la proteína cruda (PC) y la pared celular (FDN), se utilizó la técnica de digestión ruminal *in situ* con bolsas porosas de dacrón, según la metodología descrita por Orskov *et al* (1980).

Las muestras del material experimental, rebrotes de *C. argentea* de 2, 3 y 4 meses de edad, estaban compuestas por hojas y tallos tiernos provenientes del banco forrajero de la finca en donde se realizó el ensayo anterior sobre consumo, fueron secadas en un horno a 65 °C durante 48 horas, hasta obtener peso constante; posteriormente se molieron en un molino Willey, usando una criba de 2 mm. Se incubó el material en bolsas de dacrón, de 17 cm de largo por 9 cm de ancho y una porosidad de 52 micras (Stern y Satter, 1984), con la variante de no utilizar costuras de hilo, sino selladas por calor. El tamaño de la bolsa y el peso de las muestras permitió mantener una relación de 16.3 mg/cm². Se depositaron aproximadamente 5 gramos de muestra dentro de la bolsa, la cual se amarró con

un cordón de nylon y se incubaron en el rumen amarradas a una cadena de acero inoxidable, de aproximadamente 40 cm de longitud y 500 gramos de peso, la cual se introdujo dentro del saco ventral del rumen de los animales y además, estaba sujeta a la cánula por un hilo de nylon de 50 cm.

Los tiempos de incubación empleados fueron: 0, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 72 y 96 horas. Se inició con la introducción de las bolsas de todos los tratamientos para el mayor tiempo de incubación, finalizándose con el tiempo cero; a cada animal se le introdujeron 24 bolsas; las cuales transcurrido el tiempo de incubación y concluida la fermentación fueron extraídas del rumen, lavándose ligeramente con agua potable a fin de eliminar los residuos adheridos; posteriormente en el laboratorio se adicionaron las bolsas no incubadas (tiempo cero) y con la ayuda de una lavadora portátil (Alternatic calor de 5 lb) se lavaron en tres fases de 5 minutos cada una, hasta que el agua escurrida presentó un tono prácticamente incoloro. Una vez lavadas las bolsas y exprimidas para eliminarles el exceso de agua, fueron oreadas durante 24 horas y después secadas en un horno de aire forzado durante 48 horas a 65 °C, enfriadas en un desecador y pesadas. La pérdida de peso se consideró como el valor de desaparición de la materia seca (MS).

En muestras del material remanente en las bolsas después de la fermentación ruminal se analizó MS, proteína cruda total (PC) por la técnica de micro-Kjeldahl (Bateman, 1970); así mismo, para determinar la degradación de la pared celular (FDN) se extrajo el residuo no digerido con detergente neutro (Goering y Van Soest, 1972). Para estimar los valores de degradabilidad de la MS, PC y FDN se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de degradabilidad} = \frac{\text{Cantidad inicial (g)} - \text{Cantidad residual (g)}}{\text{Cantidad inicial (g)}} * 100$$

Para el ajuste de las curvas de degradabilidad acumulativa, se utilizó el procedimiento de regresión no lineal (NON-LIN) de Marquardt, incluido en el paquete estadístico SAS (1985). La degradación ruminal acumulativa de la MS y

la PC, en función del tiempo, se definió por el modelo "no lineal" propuesto por Orskov y McDonald (1979), en el cual el porcentaje de material degradado "Y" después de un tiempo "t" puede describirse por la ecuación:

$$Y = a + b (1 - e^{-ct})$$

Donde:

Y = % de degradación ruminal acumulada en el tiempo "t".

a = Intercepto de la curva de degradación cuando t=0 (degradabilidad inicial, fracción rápidamente soluble, %).

b = Fracción potencialmente degradable por acción microbial (cuando el tiempo no sea limitante, %).

c = Tasa de degradación (constante a la cual la fracción b es degradada por hora).

t = Tiempo de incubación en el rumen, horas.

e = Base de los logaritmos naturales.

Las variables de respuesta fueron: DI (a), DP (a+b), y la tasa de degradación (c).

La degradación ruminal acumulativa de los constituyentes de la pared celular (FDN), en función del tiempo, se estimó por el modelo "no lineal" utilizado por Espinoza (1983), en el cual el porcentaje de material degradado "Y" después de un tiempo "t" puede describirse por la ecuación:

$$Y = A (1 - e^{-b(t-l)})$$

Donde:

Y = % de degradación ruminal acumulada en el tiempo "t".

A = Degradabilidad potencial de la FDN, %.

b = Tasa de degradabilidad de la FDN, %.

t = Tiempo de incubación en el rumen, horas.

l = Largo del período pre-fermentativo "lag time", horas.

e = Base de los logaritmos naturales.

Las variables de respuesta fueron: A, l y la tasa de degradación ruminal (b).

Para evaluar la solubilidad de la proteína se tomaron muestras de *C. argentea* a los 2, 3 y 4 meses de edad del rebrote, se secaron a 65°C durante 48 horas, se molieron a 1 mm y se les determinó la solubilidad del N, mediante solución buffer de borato-fosfato, según la metodología descrita por Krishnamoorthy *et al* (1982).

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Caracterización nutritiva de *Cratylia argentea*

Los porcentajes de DIVMS, PC, FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa y lignina de *C. argentea* para las diferentes edades de rebrote evaluadas se presentan en el **Cuadro 10**. Como se esperaba la DIVMS fue mayor para los rebrotes de 2 meses, siendo de 53.4%, ésta disminuye en 0.6 y 1.5 % (unidades porcentuales) con respecto a los rebrotes de 3 y 4 meses de edad. Por otro lado, la concentración de FDN, FDA y lignina en el forraje de *C. argentea* fue aumentando con la edad del rebrote.

La concentración de PC para las diferentes edades muestra una tendencia similar a la que se observó para la DIVMS, disminuyendo en 1.7 % y 0.3 % (unidades porcentuales) entre los 2 y 3 meses de edad y entre los 3 y 4 meses de edad respectivamente (**Cuadro 10**).

Cuadro 10. Caracterización nutricional de *Cratylia argentea* a diferentes edades de rebrote.

Edad	%DIVMS	%PC	%FDN	%FDA	%Hemicel	%Celulosa	%Lignina
2 meses	53.4	22.8	55.6	33.8	21.8	25.1	8.7
3 meses	52.8	21.1	56.3	34.2	22.1	24.4	9.8
4 meses	51.9	20.8	57.2	36.1	21.1	25.2	10.9

3.3.2 Degradabilidad ruminal de la MS y PC

En el **Cuadro 11** se pueden observar los valores de los parámetros de degradabilidad ruminal de la MS y PC de *C. argentea* y su respectiva significancia. Así mismo, en las **Figuras 2 y 3** se aprecian las tendencias para cada una de las tres edades de rebrote evaluadas.

Los resultados de DPMS en el **Cuadro 11** y en la **Figura 2** muestran que el forraje de 2 meses tuvo una dinámica de degradación en el tiempo diferente a la que se observó para los 3 y 4 meses. La DPMS fue 61.6% a los 2 meses, superando en forma significativa ($p < 0.01$ **Cuadro A3**) en 8.9 y 11.1 % (unidades porcentuales) al rebrote de 3 y 4 meses respectivamente, sin embargo, no se encontraron diferencias marcadas en la DPMS para el forraje cosechado a los 3 y 4 meses de edad.

La tasa de degradación (TDMS) no varía entre los forrajes para las diferentes edades de rebrote evaluadas, a pesar de que se observó una mayor DPMS para el forraje cosechado a los 2 meses de edad. Por otro lado, se aprecia que la DIMS fue mayor para la edad de 2 meses; sin embargo, las diferencias entre edades de corte no fueron significativas.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p < 0.05$ **Cuadro A3**) en la DPPC entre los 2 y 3 meses de edad del forraje; la mayor DPPC fue para los 2 meses (86.6%). Sin embargo, no se detectó diferencia en la DPPC entre los 3 y 4 meses de edad.

La TDPC fue significativamente mayor ($p < 0.01$ **Cuadro A3**) para el forraje cortado a los 2 meses, comparado con el de 3 meses; sin embargo, no hubo diferencia estadística para la TDPC del forraje entre los 3 y 4 meses.

El análisis de varianza no detectó diferencia estadística entre tratamientos para la DIPC, la cual varió entre 60 y 66%, correspondiendo el mayor valor a los 2 meses de edad (**Cuadro 11**).

Cuadro 11. Parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de la MS (%) y PC (%) de *Cratylia argentea* a diferentes edades de rebrote.

Edad	a	b	a+b	c
MS		%		
2 meses	31.3a	30.3a	61.6a*	0.08a
3 meses	28.2a	24.4a	52.6b	0.08a
4 meses	24.0a	26.5a	50.5b	0.07a
PC		%		
2 meses	66.0a	20.6a	86.6a	0.11a
3 meses	65.6a	19.0a	84.6b	0.08b
4 meses	63.6a	21.3a	84.9b	0.08b

a= Degradabilidad inicial, %.

b= Fracción de lenta degradación, por acción microbial, %.

a+b= Degradabilidad potencial, %.

c= Tasa de degradación, h.

*Promedios con letra diferente en la misma columna difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($\alpha=0.05$).

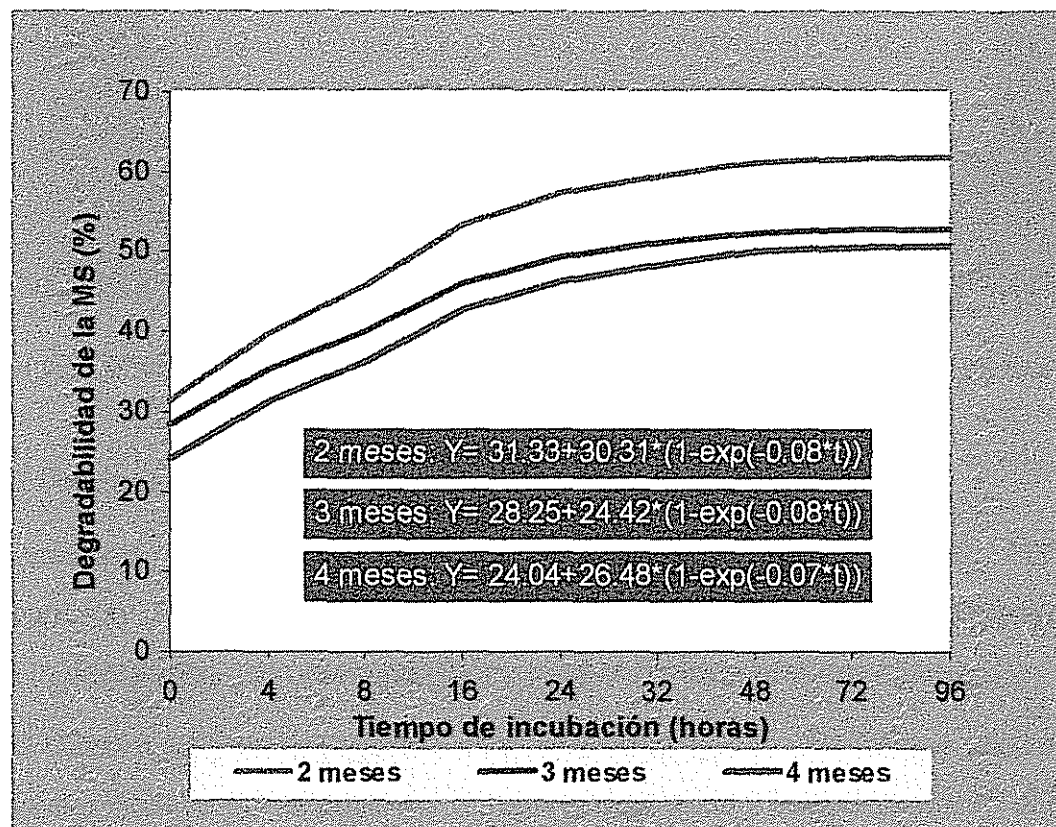


Figura 2. Efecto de la edad del rebrote sobre la degradabilidad ruminal *in situ* de la Materia Seca de *Cratylia argentea*.

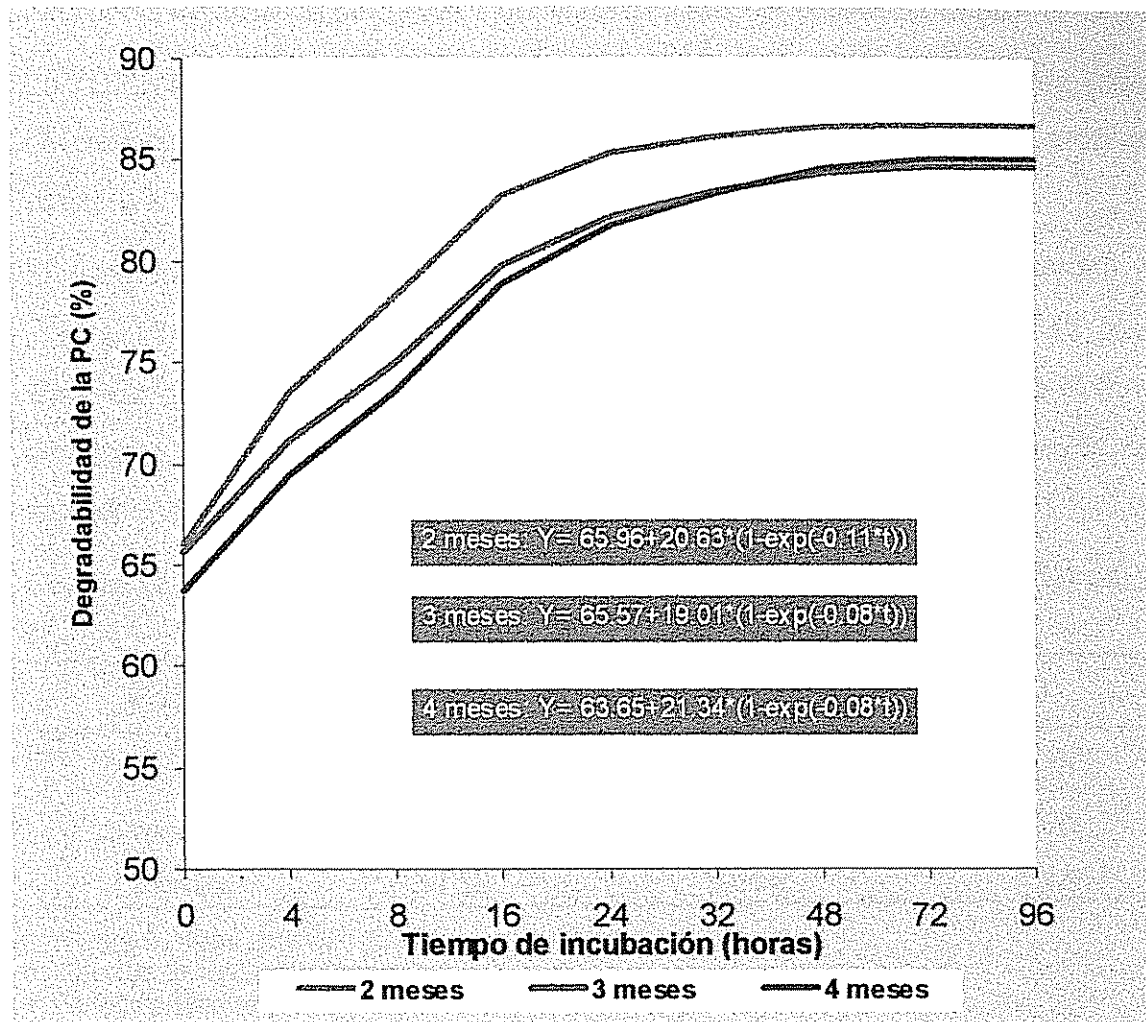


Figura 3. Efecto de la edad del rebrote sobre la degradabilidad ruminal *in situ* de la Proteína Cruda de *Cratylia argentea*.

3.3.3 Degradabilidad ruminal de la FDN

Con respecto a los parámetros de degradabilidad ruminal de la FDN, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.01$, **Cuadro A3**) para la degradabilidad potencial (DP) y para el período fermentativo.

En el **Cuadro 12** y en la **Figura 4** se puede notar que la DPFDN fue afectada en forma significativa por la edad del forraje, la cual a los 2 meses presentó el mayor valor de DPFDN, siendo la diferencia de más de 10% (unidades porcentuales), en

comparación con los rebrotes de 3 y 4 meses. Sin embargo, no se encontró diferencia estadística para ésta variable entre los 3 y 4 meses de edad.

La TDFDN de *C. argentea* no presentó diferencia estadística entre las tres edades de rebrote evaluadas, a pesar de que se observaron valores mayores para ésta variable a los 3 y 4 meses de edad.

El período prefermentativo mostró diferencia significativa ($p < 0.01$, **Cuadro A3**) para las tres edades de corte evaluadas entre sí; en el **Cuadro 12** se puede observar que el menor valor para esta variable (1.1 horas) lo presentó el forraje cortado a los 4 meses, seguido por el de 3 meses (1.6 h) y el mayor valor correspondió al forraje cosechado a los 2 meses de edad (2.1 h).

Cuadro 12. Parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de la FDN (%) de *Cratylia argentea* a diferentes edades de rebrote.

Edad	A	b	l
2 meses	48.0a*	0.14a	2.1a
3 meses	38.6b	0.16a	1.6b
4 meses	38.5b	0.15a	1.1c

A= Degradabilidad potencial FDN, %.

b= Tasa de degradación ruminal, h.

l= Período prefermentativo, h.

*Promedios con letra diferente en la misma columna difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

3.3.4 Solubilidad de la proteína y N ligado a la FDN y FDA

En el **Cuadro 13** se presentan los datos de la solubilidad de PC, N ligado a la fibra detergente neutro (N-FDN) y N ligado a la fibra detergente ácido (N-FDA). La solubilidad de la PC disminuye en forma lineal con la madurez de la planta; sin embargo, fue mayor del 40% independientemente de la edad del rebrote. Por otra lado los datos muestran que el N-FDN y N-FDA se incrementa conforme aumenta la edad de la planta; dicho incremento es de 2.2 y 0.7 % (unidades porcentuales) entre los 3 y 4 meses de edad respectivamente.

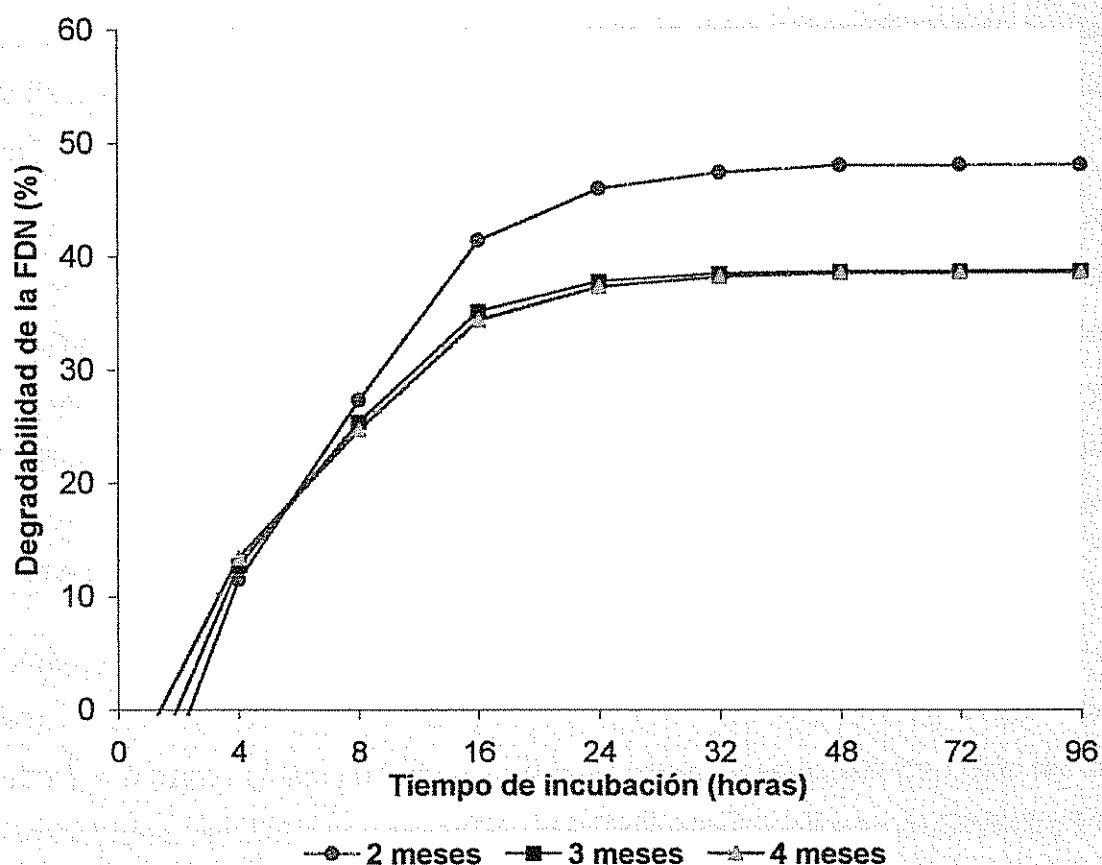


Figura 4. Efecto de la edad del rebrote sobre la degradabilidad ruminal *in situ* de la Fibra Detergente Neutro de *Cratylia argentea*.

Cuadro 13. Solubilidad de la proteína (%) y % de PC ligada a la FDN y FDA de *Cratylia argentea* a diferentes edades de rebrote.

Edad	Solubilidad de la PC %	% PC ligada a la FDN	% PC ligada a la FDA
2 meses	45.4	20.1	9.3
3 meses	42.0	17.8	9.2
4 meses	40.4	17.0	10.0

3.4 DISCUSION

La leguminosa forrajera *C. argentea* mantuvo altos valores de DIVMS y PC, a pesar de que éstos tienden a declinar conforme avanza la madurez de la planta, ratificando la importancia que tienen las especies arbustivas y arbóreas forrajeras en la alimentación animal.

Para las diferentes edades de rebrote las muestras de *C. argentea* fueron tomadas durante la época seca, época en la cual la productividad y la calidad del Jaragua es más baja y sólo alcanza entre 32 a 34 % de DIVMS y 3 a 4 % de PC (Franco *et al*, 1997). Por otra lado, *C. argentea* mantuvo niveles de DIVMS y PC mayores de 50 % y 20 % respectivamente, significando que ésta especie puede ser una alternativa que permita aliviar las deficiencias nutricionales de los animales bajo pastoreo de Jaragua durante la época seca.

La alta calidad nutricional que *C. argentea* mantuvo con la madurez, puede estar relacionada con la gran capacidad que tiene ésta especie de emitir nuevos rebrotes durante la época seca y además con su capacidad de botar las hojas senescentes, las cuales se caracterizan por tener bajos niveles de DIVMS y PC.

Estudios agronómicos realizados en el trópico húmedo con *Erythrina berteroana* y *Gliricidia sepium* también muestran que éstas especies mantienen concentraciones altas de PC y DIVMS a pesar de la edad de corte tardía; reportan valores para *E. berteroana* de 20.9 % y 59.4 % respectivamente, cuando el corte se realizó a los 6 meses de edad (CATIE, 1987; Romero *et al*, 1993).

Los porcentajes de FDN y FDA encontrados en éste estudio para rebrotes de 2 meses de edad fueron 55.6 y 33.8 % respectivamente, inferiores a los reportados por Xavier y Carvalho (1995) para rebrotes de *C. argentea* de la misma edad (67.6 y 39.0 %), pero superiores a los de *G. sepium* y *L. leucocephala*, los cuales están entre 39-40 % y 23-24 % respectivamente (Mochiutti, 1995; Hernández, 1996). Es importante anotar que la tasa de disminución de la calidad nutricional de *C. argentea* es bastante menor a la observada en gramíneas tropicales.

La degradabilidad inicial (DI) de la MS de *C. argentea* presentó valores comprendidos entre 24 y 32 %, con un valor medio de 28%, estos valores representan la proporción del material inmediatamente soluble en el fluido ruminal. Medina (1988), evaluando parámetros de degradabilidad ruminal para el poró (*Erythrina poeppigiana*), reporta valores de DIMS entre 25 y 30 %, muy similares a los encontrados en éste estudio; al igual que Roldan (1981), quien evaluó rebrotes tiernos (parte terminal de las ramas) de varios forrajes y encontró para *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina poeppigiana* valores de DIMS de 26.7, 24.2 y 31.7 % respectivamente.

Aunque en otros estudios realizados por el CATIE (1987); en donde también utilizaron hojas y tallos tiernos, sí se ha reportado variabilidad en la DIMS con respecto a la edad del rebrote, siendo de 14.6, 21.6 y 20.5 % para *E. berteriana* y 20.1, 23.8 y 22.7 para *G. sepium* a los 2, 4 y 6 meses respectivamente, en éste estudio no se encontró diferencia estadística para éste parámetro a las diferentes edades de rebrote evaluadas. En términos generales, la DIMS de *C. argentea*, representó aproximadamente el 50 % de la DPMS.

C. argentea presentó valores de DPMS entre 50 y 62 % para la edad de 4 y 2 meses respectivamente, ésta baja DPMS de la *C. argentea* puede estar relacionada con la alta concentración de FDN, FDA y lignina, se debe considerar que en éste trabajo se incluyó, además de las hojas, la fracción de tallo tierno.

Roldan (1981), reporta para *L. leucocephala*, *G. sepium* y *E. poeppigiana* valores de DPMS de 84.1, 77.5 y 82.4 % respectivamente. Camero (1991), para *G. sepium* y *E. poeppigiana* encontró una DPMS de 74.6 y 65.0 % respectivamente, ambos autores reportan valores superiores a los encontrados con *C. argentea*, mientras que en otros estudios se han encontrado valores para *E. poeppigiana* entre 50 y 60 %, muy similares e inclusive inferiores a los de éste estudio (Espinoza, 1984; CATIE, 1987; Medina, 1988; Abarca, 1989; Alagon, 1990).

La tasa de degradación (TD) de la MS de *C. argentea* no varió entre las tres edades de rebrote evaluadas y estuvo alrededor de 0.08 horas. En comparación con otras especies leguminosas arbustivas/arbóreas, Minor y Hovell (1979) encontraron TDMS para *L. leucocephala* y *G. sepium* del orden de 0.03 y 0.06 horas, inferiores a las de éste estudio.

Para *C. argentea* se encontró que la TDMS no guardó relación directa con la DIMS, ni tampoco con la DPMS. Por lo general, no siempre una DIMS alta refleja una mayor DPMS y una mayor TDMS; estos son parámetros que pueden independizar su función uno de otro (Oldham y Smith, 1982).

La DI de la PC de la *C. argentea* no presentó diferencias significativas para ninguna de las tres edades de rebrote estudiadas; Sin embargo, se encontró una tendencia decreciente para éste parámetro conforme avanza la edad, su valor fluctuó entre 66 y 63 % para los dos y cuatro meses respectivamente.

El alto valor observado en éste estudio para la DIPC, posiblemente se debe a una estrecha relación con la fracción soluble de la proteína, la cual representa entre 40 y 45 % (nitrógeno no proteico y proteína verdadera) con relación a la proteína cruda total. Estos valores de solubilidad de la proteína de *C. argentea* son inferiores a los reportados para *E. poeppigiana* (54.4 %) y muy similares a los obtenidos para *L. leucocephala* y *G. sepium* (43.1 y 39.3 %, respectivamente) (Roldan, 1981).

La DP de la PC de *C. argentea* estuvo comprendida entre 84 y 87 %, valores superiores para éste parámetro encontró Roldan (1981) para *L. leucocephala*, *G. sepium* y *E. poeppigiana* (92.3, 89.2 y 92.6 % respectivamente). En cambio, Espinoza (1984); Abarca (1989) y Medina (1988), reportan para *E. poeppigiana*, a una edad de rebrote entre 3 y 5 meses, valores inferiores a los encontrados en éste estudio y aproximadamente del orden de 74 y 61 %.

Con respecto a la TDPC de *C. argentea*, ésta estuvo entre 0.08 y 0.11 horas para los 4 y 2 meses de edad respectivamente. Es importante resaltar, que la tasa y magnitud de la degradación de la PC están probablemente influenciadas por la solubilidad de la misma, lo cual a la vez en gran medida está determinado por la relación existente entre la fracción soluble e insoluble de la proteína (Orskov, 1982).

Para los parámetros de degradabilidad de los constituyentes de la pared celular de *C. argentea*, se encontraron valores de DP de la FDN que oscilan entre 38.5 % a los 4 meses y 48.5 % a los 2 meses de edad. Estos valores son superiores a los encontrados en rebrotes entre 3 y 5 meses de edad para *E. poeppigiana*, del orden de 28 y 35 % (Medina, 1988); 33 % (Abarca, 1989) y son inferiores a la cifra media reportada por Espinoza (1984) de 49 %. En general, son valores relativamente bajos, aunque existen diferencias entre especies forrajeras en cuanto a morfología y tipo de bacterias asociadas con el proceso de degradabilidad ruminal de la pared celular (Akin, 1979).

La baja DP de FDN de *C. argentea*, puede estar relacionada con una alta concentración de lignina; al respecto Dehority and Johnson (1961), observaron que una alta proporción de celulosa y hemicelulosa son protegidas contra la microflora del rumen por una capa de lignina, la cual es responsable de la baja digestibilidad de la pared celular. También es posible que la baja DPFND encontrada, se deba a un efecto de sustancias inhibitorias de la degradabilidad de la pared celular de la *C. argentea*, debido a que por lo general, existe una estrecha relación entre el incremento del consumo de nitrógeno y la digestibilidad de la hemicelulosa y celulosa (Campling *et al*, 1961; Pichard *et al*, 1988).

Es bien sabido que el proceso de digestión, de los carbohidratos estructurales o constituyentes de la pared celular de los forrajes, es precedido por una fase de retardo, llamada también de incubación, de latencia, período prefermentativo o "digestión lag" (Pezo, 1990); probablemente necesaria para la adhesión de

bacterias celulolíticas al substrato insoluble (Tamminga, 1982). Este período prefermentativo para la *C. argentea* estuvo entre 1.1 y 2.1 horas para la edad de 4 y 2 meses respectivamente, muy inferior al reportado por Medina (1988), entre 1.4 y 6.0 horas, para *E. poeppigiana*.

La TDFDN de *C. argentea*, osciló entre 0.14 y 0.17 horas, superior a la encontrada para *L. leucocephala*, *G. sepium* y *E. poeppigiana* de 0.03, 0.06 y 0.11 horas respectivamente (Roldan, 1981).

De los resultados obtenidos en éste estudio podemos concluir que la calidad nutricional de *C. argentea* no cambia drásticamente con la madurez de la planta. Además, las concentraciones de PC y DIVMS, así como también los parámetros de degradabilidad ruminal de la PC, MS y FDN mantienen niveles aceptables, aún a los 4 meses de edad del rebrote.

Cuadro A3. Valores de F, niveles de significancia y R² para los parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* que presentaron diferencia estadística.

VARIABLE	VALOR DE F	R ²
Degradabilidad Potencial MS (a+b)	86.01**	0.98
Degradabilidad Potencial PC (a+b)	7.29*	0.83
Degradabilidad Potencial FDN (A)	162.63**	0.99
Tasa de Degradación PC (c)	42.46**	0.97
Período prefermentativo FDN (I)	41.92**	0.96

*p < 0.05 diferencia significativa.

**p < 0.01 diferencia altamente significativa.

3.5 REFERENCIAS

- ABARCA, S. 1989. Efecto de la suplementación con poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre la producción de leche en vacas pastoreando estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 68 p.
- AKIN, D.E. 1979. Microscopic evaluation of forage digestion by rumen microorganisms a review. *Journal of Agricultural Science* 48: 701-710.
- ALAGON H., G. 1990. Comparación del poró (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento de vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 145 p.
- AROEIRA, L.J.M.; XAVIER, D.F. 1991. Digestibilidad y degradabilidad de *Cratylia floribunda* en el rumen. *Pasturas Tropicales CIAT* 13(3): 15-19.
- BATEMAN, V.J. 1970. *Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos.* Herrero, México, D.F. 468 p.
- BORGIOLI, E. 1962. *Alimentación del ganado.* Ediciones GEA, España. 481 p.
- BURNS, J.C. 1978. Antiquality factors as related to forage quality. *Journal of Dairy Science* 61(12): 1809-1820.
- CAMERO, A. 1991. Evaluación del poró (*Erythrina popeppigiana* (Walpers) O. F. Cook) y madero negro (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.) como suplemento proteico para vacas lecheras alimentadas con heno de Jaragua (*Hyparrhenia rufa*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 91 p.
- CAMPLING, R.C.; FREER, M.; BALCH, C.C. 1961. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. II. The relationship between the voluntary intake of roughages, the amount of digesta in the reticulo-rumen and the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract. *British Journal of Nutrition* 15: 531-540.
- CATIE. 1987. Efecto de la edad de rebrote sobre la digestibilidad *in situ* de *E. berteriana* y *G. sepium*. In Proyecto sistemas silvopastoriles para el trópico húmedo bajo, CATIE/CIID 3-P-85-0016: Segundo informe anual. Turrialba, C.R., CATIE. p. 90-106.
- DEHORITY, B.A.; JOHNSON, R.R. 1961. Effect of particle size upon the *in vitro* cellulose digestibility of forages by rumen bacteria. *Journal of Dairy Science* 44: 2242-2249.

- ESPINOZA, J.E. 1984. Caracterización nutritiva de la fracción nitrogenada del follaje del madero negro (*Gliricidia sepium*) y poró (*Erythrina poeppigiana*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 87 p.
- ESPINOZA, J.R. 1983. Consumo y parámetros de digestión en rastrojos de maíz cultivado sólo y en asocio con leguminosas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 71 p.
- FRANCO, M.H.; IBRAHIM, M.; PEZO, D.; CAMERO, A.; ARAYA, J. 1997. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la calidad nutricional y el consumo de *Cratylia argentea* en bovinos bajo pastoreo de *Hyparrhenia rufa* durante la época seca en el trópico subhúmedo de Costa Rica. Artículo 1 Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 36 p.
- GOERING, H.; VAN SOEST, P. 1972. Análisis de fibra de forrajes. Trad. Del inglés por Danilo Pezo, La Molina. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria. Boletín No 10. 21 p.
- HERNANDEZ, I. 1996. Manejo de las podas de *Leucaena leucocephala* para la producción de forraje en el período seco en Cuba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 106 p.
- HOLDRIDGE, S.J. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 206 p.
- KRISHNAMOORTHY, U.; MUSCATO, T.V.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P.J. 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. Journal of Dairy Science. 65: 217.
- LASCANO, C. 1979. Determinants of grazed forage voluntary intake in cattle. Ph.D. Thesis. Texas College Station, Texas A & M University. 215 p.
- _____. 1990. Metodología para medir consumo bajo pastoreo. In Manuel Ruiz y Arnoldo Ruiz, eds. Nutrición de rumiantes, guía metodológica de investigación. San José, Costa Rica, IICA. p. 149-158.
- MEDINA, P.J. 1988. Efecto de la suplementación con poró (*Erythrina poeppigiana*) y melaza sobre los parámetros de fermentación ruminal y degradabilidad *in situ* del poró y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 95 p.
- MINOR, S.; HOVELL, D. 1979. Velocidad de la digestión ruminal de algunas fuentes de proteína medidas con bolsas ruminales en animales alimentados con caña de azúcar. Producción Animal Tropical 4 (1): 104.

- MOCHIUTTI, S. 1995. Comportamiento agronómico y calidad nutritiva de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. bajo defoliación manual y pastoreo en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 144 p.
- OLDHAM, J.D.; SMITH, T. 1982. Protein-energy interrelationship for growing and for lactating cattle. In E.L. Miller; I.H. Pike; A.J.H. Vanes, eds. Protein contribution of feedstuffs for ruminants: application to feed formulation. England, Scientific Butterworth. p. 103-130.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen for incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science (G.B.)* 92: 499-503.
- _____; HOVELL, R.O.; MOULD, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical (R.D.)* 5(3): 213-233.
- _____ 1982. Dynamics of nitrogen in the rumen. In Protein nutrition in ruminants. London, Academy Press. p. 41-44.
- _____ 1982. Methods of measuring degradability of feed nitrogen. In Protein nutrition in ruminants. London, Academy Press. p. 45-63.
- PEZO, D. 1990. Medición de las tasas de degradación ruminal en alimentos. In Manuel Ruiz y Arnoldo Ruiz, eds. Nutrición de rumiantes, guía metodológica de investigación. San José, Costa Rica, IICA. p. 115-126.
- PICHARD, G.R.; REATEGUI, K.; CAMPOS, R.E. 1988. Composición química y degradación ruminal de tejidos obtenidos de arbustos forrajeros presentes en la pradera natural mediterránea. In Taller de trabajo sobre metodología de investigación en nutrición de rumiantes, 1988, Turrialba, Costa Rica.
- PULIDO, J.I. 1990. Efecto de la amonificación con urea sobre el valor nutritivo y parámetros de digestión ruminal de la paja de jaragua (*Hyparrhenia rufa*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 130 p.
- ROLDAN, G. 1981. Degradación ruminal de algunos forrajes proteicos en función del consumo de banano verde suplementario. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., UCR/CATIE. 71 p.
- ROMERO, F. 1990. Utilización de la técnica de digestión *in situ* para la caracterización nutritiva de forrajes. In Manuel Ruiz y Arnoldo Ruiz, eds. Nutrición de rumiantes, guía metodológica de investigación. San José, Costa Rica, IICA. p. 105-114.

- ROMERO, F.; MONTENEGRO, J.; CHANA, C.; PEZO, D.; BOREL, R. 1993. Cercas vivas y bancos de proteína de *Erythrina berteroana* manejadas para la producción de biomasa comestible en el trópico húmedo de Costa Rica. In WESTLEY, S and POWELL, M., eds. *Erythrina* in the new and old worlds. Nitrogen fixing tree research reports. Special Issue 1993, p. 205-212.
- SAENZ, M.A. 1955. Los forrajes de Costa Rica. Editorial Universitaria 605 p.
- SAS INSTITUTE, INC. 1985. SAS user's guide: Statistics. 5 ed. Cary, N.C., EE.UU., SAS Institute Inc. 956 p.
- STERN, M.D.; SATTER, L.D. 1984. Evaluation of nitrogen solubility and the dacron bag technique as methods for estimating protein degradation in the rumen. *Journal of Animal Science* 58: 714.
- TAMMINGA, S. 1982. Energy protein relationships in ruminant feeding: Similarities and differences between rumen fermentation and post ruminal utilization. In E.L. Miller; I.H. Pike; A.J.H. Vanes, eds. Protein contribution of feedstuffs for ruminants: application to feed formulation. England, Scientific Butterworth. p. 4-15.
- VAN SOEST, P.J. 1968. Chemical estimates of the nutritional value of feeds. *Proc. Cornell Nut. Conf. For Feed Mfrs.* pp. 38-46.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fibers. Corvallis, Oregon, EEUU, O & B Books, 374 p.
- XAVIER, D.F.; CARVALHO, M.M. 1995. Availacao Agronómica de *Cratylia argentea* na zona de Mata de Minas Gerais. Trabajo presentado en el taller de *Cratylia*, 19-20 de julio de 1995 en Brasilia, D.F., Brasil. 17 p.

IV. ARTICULO 3

PRODUCCION Y COMPOSICION DE LA LECHE EN VACAS BAJO PASTOREO DE *Brachiaria brizantha* DURANTE LA EPOCA LLUVIOSA COMPARADA CON *Hyparrhenia rufa* Y SUPLEMENTADAS CON *Cratylia argentea* EN LA REGION PACIFICO CENTRAL DE COSTA RICA.

4.1 INTRODUCCION

La *Cratylia argentea* es una leguminosa arbustiva, de reciente incorporación a los ecosistemas tropicales de América Latina (Argel y Valerio, 1996); sin embargo, está recibiendo mucha atención, debido a sus cualidades tanto agronómicas como nutricionales, convirtiéndose en una alternativa más en la alimentación animal.

La especie tiene un gran rango de adaptación a diferentes condiciones climatológicas y edafológicas y produce una cantidad significativa de biomasa durante la época seca, el forraje presenta una DIVMS entre 45 y 52 % y una PC entre 20 y 26 % (Franco *et al*, 1997).

Los estudios nutricionales realizados muestran que el consumo del forraje aumenta con el premarchitamiento (Raaflaub y Lascano, 1995) y/o la adición de melaza (Franco *et al*, 1997), dando a entender que ésta especie posiblemente tiene compuestos secundarios o antinutricionales que interfieren con el consumo.

Hasta el momento son muy pocos los trabajos de investigación sobre respuesta animal y efecto de la suplementación de *C. argentea* sobre la cantidad y calidad de la leche, razón por la cual en éste estudio se propuso como objetivo evaluar la producción y composición de la leche en vacas bajo pastoreo de *Brachiaria brizantha* e *Hyparrhenia rufa* suplementadas con *C. argentea* y/o melaza.

4.2 MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó durante la época lluviosa, entre los meses de septiembre y octubre de 1997, en San Miguel de Barranca, región Pacífico Central de Costa Rica y en la misma finca en donde se hizo el primer ensayo sobre consumo. Según Chinchilla (1987), la finca está ubicada a 10° 10' latitud norte y 84° 42' longitud oeste; a 140 msnm, con una temperatura media anual de 27°C y precipitación de 2040 mm anuales aproximadamente.

La precipitación en el área es marcadamente estacional, diferenciándose un período seco que va desde Enero hasta Mayo (5 meses), y otro lluvioso desde Junio a Diciembre (7 meses). (Instituto Meteorológico Nacional, 1993). El sitio es representativo de la zona de vida Bosque Subhúmedo Tropical (Holdridge, 1978).

Los tratamientos bajo estudio fueron: 1) *Cratylia argentea* + 0.5 Kg de melaza + *Hyparrhenia rufa*; 2) *H. rufa* + 0.5 Kg de melaza y 3) *Bracharia brizantha*. En el tratamiento 1, los animales bajo pastoreo de *H. rufa* fueron suplementados con 1 kg de MS/100 Kg PV de *C. argentea*, forraje fresco rociado con la melaza disuelta en agua; en el tratamiento 2, el cual representa el sistema tradicional, los animales bajo pastoreo de *H. rufa* se suplementaron con 0.5 Kg de melaza y en el tratamiento 3 los animales sólo estuvieron bajo pastoreo de *B. brizantha*.

Las variables evaluadas fueron: DIVMS y PC de *C. argentea*, *B. brizantha* e *H. rufa*; consumo de *C. argentea*, producción de leche (Kg/vaca/día) y composición de la leche (% de PC; % de grasa y % de sólidos totales, ST). Todas las variables se midieron en cada uno de los tres períodos experimentales, excepto la composición de la leche que sólo se evaluó durante el último período.

Se empleó un diseño de sobrecambio en cuadrado latino, repetido 3 veces; en el cual las columnas correspondieron a los animales y las filas a los períodos. Se

utilizaron nueve vacas mestizas de los cruces pardo suizo x cebú, con una producción promedio de 5.5 a 6.5 Kg de leche/animal/día; las cuales con anterioridad estuvieron expuestas al consumo de *C. argentea*. Cada período experimental tuvo una duración de 16 días, de los cuales los 10 primeros fueron de adaptación a los tratamientos y los últimos 6 días de medición de las variables.

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Evaluación de la calidad nutritiva de los forrajes

En el Cuadro 14 se presentan los contenidos de digestibilidad *In vitro* de la materia seca (DIVMS), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) para los tres forrajes evaluados.

B. brizantha presentó mayores cantidades de DIVMS, en comparación con el pasto *H. rufa* y la leguminosa *C. argentea*; como se esperaba en los pastos se encontró mayores porcentajes de FDN y FDA que en la leguminosa.

La PC no fue muy diferente entre las dos gramíneas, aunque se encontró un mayor valor para *H. rufa*. Por otro lado, *C. argentea* presentó una concentración de PC mayor del 20 %.

Cuadro 14. Composición química y digestibilidad *In vitro* de los diferentes forrajes evaluados.

FORRAJE	% DIVMS	% PC	% FDN	% FDA
<i>C. argentea</i>	51.4	21.3	54.3	33.8
<i>H. rufa</i>	46.8	10.1	71.1	45.7
<i>B. brizantha</i>	58.9	8.7	72.7	36.7

4.3.2 Contenido de materia seca y consumo de *Cratylia argentea*

El porcentaje de MS de *C. argentea* varió entre 23.3 y 20.5 % (Cuadro 15), correspondiendo el mayor contenido de MS al primer período de evaluación. Además, el consumo de MS de *C. argentea* entre períodos no presentó diferencia estadística, aunque también fue ligeramente superior para el mismo período.

Cuadro 15. Porcentaje de materia seca y consumo de *Cratylia argentea* durante los diferentes períodos del estudio.

Período	% MS	Consumo (kg MS/vaca/día)
1	23.3a*	0.73a
2	20.2a	0.67a
3	20.5a	0.69a

*Promedios con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($\alpha=0.05$).

4.3.3 Producción y composición de la leche

La producción y composición de la leche se presentan en el **Cuadro 16**, se observa que la producción de leche no fue diferente estadísticamente entre tratamientos (**Cuadro A4**) y presentó un valor promedio de 5.8 Kg/vaca/día.

Con respecto a la composición de la leche el mayor % de sólidos totales y grasa se encontró con el tratamiento de *C. argentea*, en comparación con los otros dos. Sin embargo, no se encontró diferencia estadística entre tratamientos para las variables porcentaje de ST, PC y grasa.

Cuadro 16. Efecto de los tratamientos evaluados sobre la producción de leche y sus constituyentes.

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN Kg/animal/día	COMPOSICION DE LA LECHE (%)		
		ST	PC	GRASA
<i>C. argentea</i> + melaza	5.93a*	13.20a ± 0.3**	3.23a ± 0.21	3.73a ± 0.46
<i>H. rufa</i> + melaza	5.81a	12.37a ± 1.27	3.07a ± 0.38	3.13a ± 0.78
<i>B. brizantha</i>	5.66a	12.73a ± 1.27	3.23a ± 0.20	3.30a ± 0.44

*Promedios con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($\alpha=0.05$).

**Desviación estándar.

ST: sólidos totales.

PC: proteína cruda.

4.4 DISCUSION

El mayor porcentaje de MS para *C. argentea* se encontró en el primer período del ensayo, lo cual es lógico, debido a que éste forraje representa el crecimiento del último mes de la época seca y además coincide con el primer mes de lluvia, lo cual puede explicar también el mayor consumo observado para *C. argentea* en el mismo período de evaluación. Además, el consumo observado en éste ensayo (0.15-0.20 Kg MS/100 Kg PV), durante la época lluviosa, es mucho menor al que se encontró en el primer ensayo (0.4 Kg MS/100 Kg PV) durante la época seca.

García y Ponce (1988) indican que para las condiciones de pastoreo, no se pueden separar la calidad de la leche del consumo total realizado por el animal, lo que provoca que pueden existir diferencias en la concentración de grasa en la leche, pero poca variación en los sólidos no grasos. Además, en aquellas dietas de mayor palatabilidad y de mejor calidad, como es el caso de gramíneas asociadas con leguminosas, se pueden encontrar incrementos en proteína y grasa de la leche hasta de 38 y 33 % respectivamente.

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; debido a que éste trabajo se realizó durante la época lluviosa, en la cual no sólo hay una mayor producción de pasto, sino también de una mejor calidad, sin duda ésta fue la razón por la cual no se encontraron diferencias estadísticas, en la producción y composición de leche, entre los tratamientos *B. brizantha* e *H. rufa* y la suplementación con *C. argentea*. Además, *B. brizantha* es un pasto de alta producción y las vacas pueden cosechar suficiente cantidad de nutrientes para satisfacer sus requerimientos de proteína y energía (Ibrahim, 1994).

En éste estudio no se encontró diferencia estadística para el % de PC de la leche entre tratamientos; posiblemente el potencial genético de las vacas utilizadas, cruces de Pardo Suizo x Cebú, limitó el hallazgo de dichas diferencias. Además,

se detectaron valores altos de desviación estándar para la concentración de la grasa; lo anterior tal vez puede estar relacionado con el manejo, en el envío y traslado, de las muestras al laboratorio.

Sin embargo, en estudios realizados por Van Heurck (1990) y Gonzalez CH (1992), 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 *et al* (1991), quienes encontraron 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 la asociación de éstas con leguminosas.

En éste estudio se corrobora lo anterior y aunque no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, para los constituyentes de la leche, si se aprecia un mayor porcentaje de grasa para el tratamiento de *C. argentea* + *H. rufa*, con relación a los demás. Al respecto Alagon (1990), en vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar y suplementadas con diferentes fuentes nitrogenadas, encontró un mayor porcentaje de grasa en la leche (3.63%, $p < 0.05$) con el forraje de poró, *Erythrina poeppigiana*, en comparación con la harina de pescado y urea (3.37 y 3.39% respectivamente). Por otro lado el % de PC en la leche con el poró (3.27%), fue muy similar al encontrado en éste estudio con *C. argentea* (3.23%).

La factibilidad de alimentar a los animales con *C. argentea*, durante la época lluviosa, parece no ser una alternativa atractiva para los productores; su uso durante la época lluviosa dependerá de la disponibilidad y costos de la mano de obra, costos de mantenimiento del banco forrajero; además, de si suplementar las vacas resulta ser más económico que el uso de 0.5 kg de melaza/animal/día.

Tomando en cuenta todo lo anterior, es importante desarrollar estrategias de uso del banco forrajero durante la época lluviosa y también en la estación seca. Una

alternativa de uso en la época lluviosa sería producir ensilaje para la época seca. Sin embargo, es necesario hacer investigaciones sobre la calidad del ensilaje de *C. argentea*, debido a que ésta especie tiene una alta solubilidad de la proteína (Franco *et al*, 1997); otra estrategia puede ser ensilar ésta especie con una gramínea como king grass lo cual va a resultar en una dilución de los altos niveles de N-NH₃ liberados por la *C. argentea*.

En trabajos realizados sobre ensilajes y degradabilidad *in situ* de otras leñosas forrajeras, como la morera (*Morus sp*), Gonzalez (1996) encontró entre los 20 y 40 días de iniciado el silo altos niveles de N-NH₃ como % del N total (3.5-4.0 %). Además de la alta degradabilidad potencial de la PC de la morera, la cual a las 8 horas de incubación en el rumen alcanzó valores superiores al 75 %, ésta especie también presenta una alta solubilidad de la proteína (Estrada, 1997).

Los resultados anteriores nos indican que se deben tener presentes todas éstas características si se piensa ensilar una especie como la *C. argentea*, la cual también presenta una alta solubilidad de la proteína (40-45 %) y una alta degradabilidad inicial y potencial de la PC (65 y 85 % respectivamente) (Franco *et al*, 1997).

De éstos resultados se concluye que la *C. argentea* no resultó ser un suplemento ideal para vacas de doble propósito durante la época lluviosa. Se recomienda estudiar otras estrategias de uso de *C. argentea*, tales como el ensilaje o la incorporación de abono verde para reciclar nutrientes.

Cuadro A4. Valores de F y niveles de significancia para la variable producción de leche (Kg/vaca/día).

Fuente de variación	Producción de leche (Kg/vaca/día)
Cuadrado	9.87**
Vaca (Cuadrado)	43.75**
Período (Cuadrado)	2.60 NS
Tratamiento	1.65 NS

** $p < 0.01$ diferencia altamente significativa.

NS: no significativo

4.5 REFERENCIAS

- ALAGON H., G. 1990. Comparación del poró (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal como suplemento de vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 145 p.
- ARGEL, P.J; VALERIO, A. 1996. *Cratylia argentea*: un nuevo arbusto forrajero con potencial para el trópico subhúmedo. Trabajo presentado en V Ciclo Internacional en Producción e Investigación en Pastos Tropicales, 25-26 de abril de 1996. Maracaibo, Venezuela. 16 p.
- CHINCHILLA V., E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. San José, C.R., IFAM. p. 305-310.
- ESTRADA, X.A. 1997. Efecto de la sustitución del King grass (*Pennisetum purpureum* * *Pennisetum typhoides*) por Morera (*Morus sp.*) sobre los parámetros de degradación y fermentación ruminal de cuatro forrajes de calidad contrastante. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 70 p.
- FRANCO, M.H.; IBRAHIM, M.; PEZO, D.; CAMERO, A.; ARAYA, J. 1997. Efecto del premarchitamiento y la adición de melaza sobre la calidad nutricional y el consumo de *Cratylia argentea* en bovinos bajo pastoreo de *Hyparrhenia rufa* durante la época seca en el trópico subhúmedo de Costa Rica. Artículo 1 Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 36 p.
- FRANCO, M.H.; IBRAHIM, M.; PEZO, D.; CAMERO, A.; ARAYA, J. 1997. Efecto de la edad de corte sobre la degradabilidad ruminal y solubilidad de la proteína de *Cratylia argentea*. Artículo 2 Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 23 p.
- 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.
- GONZALEZ CH., M.S. 1992. Selectividad y producción de leche en pasturas de Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoi* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 142 p.
- GONZALEZ D., J.G. 1996. Evaluación de la calidad nutricional de la Morera (*Morus sp*) fresca y ensilada, con bovinos de engorda. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 84 p.
- HOLDRIDGE, S.J. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 206 p.

- IBRAHIM, M.A. 1994. Productivity, compatibility and persistence of grass legume pastures in the humid tropics of Costa Rica. Tesis Ph. D. Wageningen, The Netherlands, Wageningen Agricultural University. 140 p.
- INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL DE COSTA RICA. 1993. Datos meteorológicos de temperatura y precipitación de 1950-1986. San José, C.R. (mimeografiado). 15 p.
- LASCANO, C.E.; 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*. 13(2): 10-20.
- OVIEDO, F. 1995. Morera (*Morus sp.*) en asocio con poró (*Erythrina poeppigiana*) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 87 p.
- RAAFLAUB, M.; LASCANO, C.E. 1995. The effect of wilting and drying on intake rate and acceptability by sheep of the shrub legume *Cratylia argentea*. *Tropical Grasslands* 29 (2): 97-101.
- VAN HEURCK B., L.M. 1990. Evaluación del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) solo y asociado con las leguminosas forrajeras *Arachis pintoii* CIAT 17434 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 en la producción de leche y sus componentes. Tesis Mag. Sc., Turrialba, C.R., CATIE. 111 p.

V. DISCUSION GENERAL

Los resultados muestran que la *Cratylia argentea* mantuvo un alto valor nutritivo durante la época seca, cuando las gramíneas tropicales producen pocas cantidades de forraje y además de baja calidad. A una edad de 4 meses, *C. argentea* presentó una DIVMS de 51.9 % y PC de 20.8 % comparada con 33.7 % y 4.0 % respectivamente para Jaragua (Franco *et al*, 1997); éstos valores muestran claramente que hubo deficiencias nutricionales severas cuando los animales pastorearon Jaragua sola en la época seca, indicando que hay necesidad de suplementar, durante el verano, para poder sostener un buen nivel de producción de leche.

También es importante anotar que *C. argentea* no sólo produce una alta cantidad de forraje, sino que además es una especie de alta tolerancia a la sequía, tal vez por su sistema radicular profundo. La accesión CIAT 18516, utilizada en éste ensayo, ha sido la más evaluada en diferentes sitios de Latino América; presentando un rendimiento promedio de MS de 145, 117, 98 y 78 g/planta/corte en Atenas y San Isidro (Costa Rica); Quilichao (Colombia) y Planaltina (Brasil) respectivamente (CIAT, 1993; Maass, 1995; Pizarro *et al*, 1995). Esto equivale a una producción entre 15-20 ton MS/ha/año, bajo un sistema de corte y acarreo.

Los resultados obtenidos en éste estudio sobre la degradabilidad de la materia seca, proteína cruda y pared celular, van a contribuir en las estrategias de balance de nutrientes para alimentar a los animales durante la época seca, tomando en cuenta la disponibilidad de otros forrajes tales como Jaragua y la caña de azúcar.

Es importante destacar que la degradabilidad inicial de la PC de *C. argentea* fue mayor de 60 % y esto es debido a la alta solubilidad de la proteína, alrededor de 45 %, que se encontró para ésta especie; este fenómeno se debería considerar en la selección de forrajes o suplementos para el balance de energía/proteína en las dietas. La alta degradabilidad ruminal de la PC significa que se va a tener una

alta concentración de amonio en el licor ruminal (Estrada, 1997); la utilización de éste amonio para la síntesis de proteína va a depender de la disponibilidad de energía (Higgins *et al*, 1992). Como se indicó anteriormente el Jaragua tiene una baja concentración de energía, la cual puede resultar en un uso ineficiente del amonio producido por la suplementación de *C. argentea*.

La suplementación con *C. argentea* y melaza o caña de azúcar, las cuales tiene una alta concentración de energía, pueden ser algunas alternativas estratégicas de alimentación animal durante la época seca. Al respecto Abarca (1989) reporta que al suplementar vacas lecheras, pastoreando estrella africana, con 1.44 Kg de MS de melaza, los beneficios económicos en términos absolutos son semejantes, independientemente de si se acompaña de 3.0 Kg de MS de poró o de 0.71 Kg de MS de harina de pescado.

Según Medina (1988), parece ser que la combinación de 6 Kg de forraje fresco de poró con 1.5 y/o Kg de melaza, producen una mejor degradabilidad del poró y pasto estrella a nivel ruminal; además, a medida que se incrementó el poró en la dieta, junto con los niveles de melaza, la degradabilidad inicial de la proteína cruda del pasto estrella disminuyó linealmente.

Alagon (1990) encontró que en vacas lecheras alimentadas con dietas basales de caña de azúcar integral y suplementación energética de melaza y pulidura de arroz, los parámetros de fermentación ruminal fueron modificados por efecto de la degradación ruminal de las fuentes proteicas suplementarias y por efecto de los azúcares solubles presentes en la melaza y/o caña de azúcar.

El consumo de MS de *C. argentea* se incrementó con el premarchitamiento y/o adición de melaza, llegando a valores de 0.4 Kg MS/100 Kg PV. Considerando la concentración de proteína y los niveles de consumo, la *C. argentea* aportó entre un 35 y 40 % de los requerimientos de PC/día para una vaca adulta produciendo en promedio 5 Kg de leche/día (NRC, 1989). La *C. argentea* puede ser una buena alternativa para sustituir la gallinaza, tradicionalmente utilizada en la región por los

productores durante la época seca. La gallinaza utilizada tiene una PC entre 14 y 16 %, pero además, una alta fracción es de nitrógeno no proteico. Durante los últimos años se ha observado una tendencia alcista en el precio de la gallinaza en la zona Pacífica de Costa Rica; es ahí donde La producción de *C. argentea* en las fincas puede representar una alternativa en la producción sostenible de proteína, más barata y renovable.

En éste estudio la suplementación con *C. argentea* no incrementó en forma significativa la producción de leche durante la época lluviosa, debido a que los pastos estaban en su pico de producción de materia seca, la cual además fue de alta calidad. Se espera que la *C. argentea* aumente la producción de leche durante la época seca, cuando la problemática de alimentación animal es más severa.

Esto significa que hay que desarrollar estrategias de manejo de bancos forrajeros con ésta especie, durante todo el año, para aprovechar las altas cantidades de forraje producidas durante la época lluviosa. Una alternativa sería estudiar el ensilaje de *C. argentea* y determinar su valor nutritivo y las posibilidades para alimentar los animales durante la estación seca.

Otra alternativa puede ser manejar el banco forrajero e incorporar la biomasa al suelo, durante la época lluviosa, como abono verde para el reciclaje de nutrientes. Lo anterior permite un manejo más sostenible del banco, considerando que altas cantidades de nutrientes son extraídos del suelo y no retornan bajo un sistema de corte y acarreo. En estudios con morera, manejada bajo corte en el trópico húmedo de Costa Rica, se encontró que la extracción de nutrientes del sistema fue de 252, 21,122, 149 y 36 Kg/ha/año para N-P-K-Ca y Mg respectivamente (Oviedo, 1995).

VI. CONCLUSIONES GENERALES

1. El premarchitamiento y/o la adición de melaza propiciaron un mayor consumo de *C. argentea* y esto significa que el forraje fresco presenta limitantes en el consumo animal, posiblemente debido a la presencia de compuestos secundarios.
2. La suplementación con *C. argentea* durante la época seca resultó en un mayor consumo del pasto Jaragua, el cual fue de baja calidad.
3. La proteína cruda de *C. argentea* tiene un alta solubilidad, lo cual se debe tomar en cuenta al desarrollar estrategias de alimentación, con ésta especie, durante la época seca.
4. Los resultados preliminares de éste estudio muestran que la *C. argentea* mantuvo una buena calidad forrajera con la madurez y a pesar de que el valor nutritivo tiende a disminuir con la edad, mantiene niveles aceptables.
5. El ensayo de producción de leche indica que la suplementación con *C. argentea*, durante la época lluviosa, no representa una estrategia atractiva de alimentación; debido a que las vacas bajo pastoreo de *H. rufa* o *B. brizantha* presentan niveles de producción de leche similares a los encontrados en los animales suplementados con *C. argentea*.

7. RECOMENDACIONES

1. Investigar el uso de *C. argentea* para suplementar los animales en sistemas doble propósito durante la época seca tomando en cuenta diferentes fuentes energéticas y o proteicas producidas o disponible en la finca.
2. Estudiar diferentes practicas de ensilar la *C. argentea* para su utilización en la suplementación animal durante la época seca.
3. Conducir ensayos bajo pastoreo de *C. argentea* sembrada en sistemas de callejones con pasturas, para determinar su consumo y contribución en la producción animal.
4. Hacer un análisis económico del uso de *C. argentea* para suplementar los animales en sistemas de producción doble propósito, incluyendo los beneficios ecológicos que se pueden derivar de los bancos forrajeros con ésta especie.