

Rendimiento total de materia seca y calidad nutritiva de hojas y tallos jóvenes de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* en el trópico húmedo de Veracruz, México

Total dry matter yield and nutritive quality of leaves and young stems of four *Cratylia argentea* accessions in the humid tropics of Veracruz, Mexico

Castillo-Gallegos, E.;^{1*} Estrada-Flores, J. G.;² Valles-de la Mora, B.;¹ Castelán-Ortega, O. A.;³ Ocaña-Zavaleta, E.¹ y Jarillo-Rodríguez, J.¹

¹Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Nacional Autónoma de México
Col. Centro, Martínez de la Torre, Veracruz, México
A. P. 136 (C. P. 93600)
Teléfono y fax: +52 232 32 43941.

²Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias y Rurales
Universidad Autónoma del Estado de México
Carretera Toluca-Atlacomulco Km. 14.5 (C. P. 50000)
Teléfono y fax: +52 722 29 65552.

³Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Autónoma del Estado de México
Instituto Literario No.100, Colonia Centro
Toluca, México. (C. P. 50000).

*Correspondencia: pime11302002@yahoo.com.mx

Resumen

Se evaluaron cuatro accesiones de la leguminosa forrajera *Cratylia argentea* CIAT 18516, 18666, 18668 y 18676, durante un periodo de crecimiento ininterrumpido de 12 meses, para rendimiento de forraje de hojas (HO), tallos comestibles (TC), tallos no comestibles (TN) y calidad nutritiva de HO y TC, en el estado de Veracruz, México. Los rendimientos de forraje por componente de la planta fueron similares entre accesiones: 2580 ± 212 , 33 ± 5 y 2444 ± 233 kg MS/ha, para HO, TC y TN,

Abstract

Four accessions of *Cratylia argentea* CIAT 18516, 18666, 18668 and 18676, were evaluated during an uninterrupted growth period of 12 months, to assess forage yield of leaves (LF), edible (ES) and non edible (NS) stem and nutritive quality of LF and ES, in the State of Veracruz, México. Forage yield of the plant components was similar between accessions: 2580 ± 212 , 33 ± 5 and 2444 ± 233 kg DM/ha, for LF, ES and NS, respectively. The accessions were similar in

respectivamente. Las accesiones fueron similares en proteína cruda (19.10%), fibra en detergente neutro (61.10%), fibra en detergente ácido (42.20%) y lignina (14.20%). La HO presentó más proteína cruda que TC, pero fue menor con respecto a NDF, ADF, y mayor en LIG. Para la desaparición *in situ* de la MS, las accesiones difirieron en la proporción del componente altamente soluble (a) de la materia seca, pero todos tuvieron tasas de degradación fraccional (c) y materia seca lentamente degradable (b), estadísticamente similares. La producción de gas *in vitro* del componente hoja fue la misma para todas las accesiones. Se concluyó que, en esta evaluación, las accesiones fueron similares entre ellas.

Palabras clave

Trópico, leguminosas, paredes celulares, materia seca degradable, producción de gas.

crude protein (19.10%), neutral detergent fiber (61.10%), acid detergent fiber (42.20%), and lignin (14.20%). LF had more crude protein than ES, but was lower with respect to NDF, ADF, and higher in LIG. For *in situ* DM disappearance, accessions differed in the highly soluble component (a) of the dry matter proportion; but all had a similar fractional rate of degradation (c) and a slow degradable dry matter (b). The *in vitro* gas production of the leaf component was the same for all accessions. It was concluded that in the present evaluation the accessions were similar between them.

Key words

Tropics, legumes, cell wall, dry matter degradation, gas production.

Introducción

La base de los sistemas de producción ganadera del trópico mexicano son los pastos nativos (Fernández *et al.*, 2006), los cuales presentan problemas como tasas de crecimiento reducidas (<25 kg MS/ha/día) así como un marcado crecimiento estacional que, de ninguna manera, lleva a obtener niveles sustentables de producción lechera y de carne. El sobrepastoreo también contribuye a pérdidas de nutrientes y materia orgánica del suelo; en parte, porque los ganaderos no fertilizan sus pasturas.

Las leguminosas forrajeras tropicales podrían ser alternativas de solución a esos problemas, ya que presentan alta calidad nutritiva y también pueden fijar N al suelo que, con el tiempo, se vuelve disponible a las gramíneas asociadas, incrementando entonces la producción de las pasturas. Más aún, las leguminosas en asociación con gramíneas pueden incrementar la cantidad de carbón secuestrado por las pasturas (Abberton *et al.*, 2007; Castillo *et al.*, 2005). Por lo tanto, estas plantas pueden contribuir a disminuir el impacto negativo que las industrias pastoriles tienen en el ambiente.

Aun bajo las condiciones bondadosas del trópico húmedo mexicano, el período seco puede durar de cuatro a seis meses, periodo en el cual la cantidad de pastura y su calidad disminuyen; y, por tal razón, no se pueden cubrir las demandas nutritivas del ganado. Por eso, es necesario encontrar forrajes que se adapten a dichas épocas críticas. Hay algunas especies de leguminosas adaptadas a las condiciones de la época seca, que ya han sido probadas en otras regiones tropicales de América Latina (Pizarro y Carvalho, 1996), de tal forma que es posible que algunas de ellas pudieran establecerse en la región centro-norte del estado de Veracruz (México), con el fin de valorar su potencial de pro-

ducción de forraje. En tal sentido, especies como *Cratylia argentea* podrían ser evaluadas bajo pastoreo, asociadas o como banco de proteína, y así verificar su capacidad de mejorar la producción y productividad de las pasturas en esta región (Enríquez *et al.*, 2003).

Cratylia argentea es una leguminosa arbustiva nativa de Brasil, Perú y Bolivia, que se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 900 msnm, en lugares con climas húmedos o subhúmedos, y épocas secas de cinco a seis meses. Se adapta, además, a suelos ácidos de mediana fertilidad con buen drenaje (Lascano *et al.*, 2005). La accesión CIAT 18516 es la más evaluada, y cosechada cada 12 a 14 semanas ha producido desde 8 g de MS/planta en Isla Veracruz, hasta 123 g MS/planta en Atenas, Costa Rica. Crece bien en la época seca, produciendo alrededor del 30% al 50% del rendimiento anual de forraje.

C. argentea presenta un crecimiento abundante durante su establecimiento, periodo que suele durar un año; durante el cual, se acumula forraje de alta calidad que puede ser cosechado para ser usado (fresco o seco), como suplemento de ganado en pastoreo, o incluirse en raciones secas. Además, se acumulan también numerosos tallos no comestibles, que al corte de establecimiento se pueden secar y usar como leña, energético básico en muchos hogares rurales.

Por tal motivo, se especula que es necesario evaluar —en una primera etapa— la producción de forraje comestible; además de aspectos secundarios, como producción de biomasa de tallo no comestible, que pudiera ser una fuente energética.

Por todo lo anterior, el objetivo del presente experimento fue evaluar —bajo condiciones de clima cálido y húmedo y suelos ácidos— el rendimiento de forraje y la calidad nutritiva de éste, al corte de establecimiento, después de casi un año de crecimiento ininterrumpido, de las accesiones de *Cratylia argentea* CIAT 18516, 18666, 18668 y 18676.

Materiales y métodos

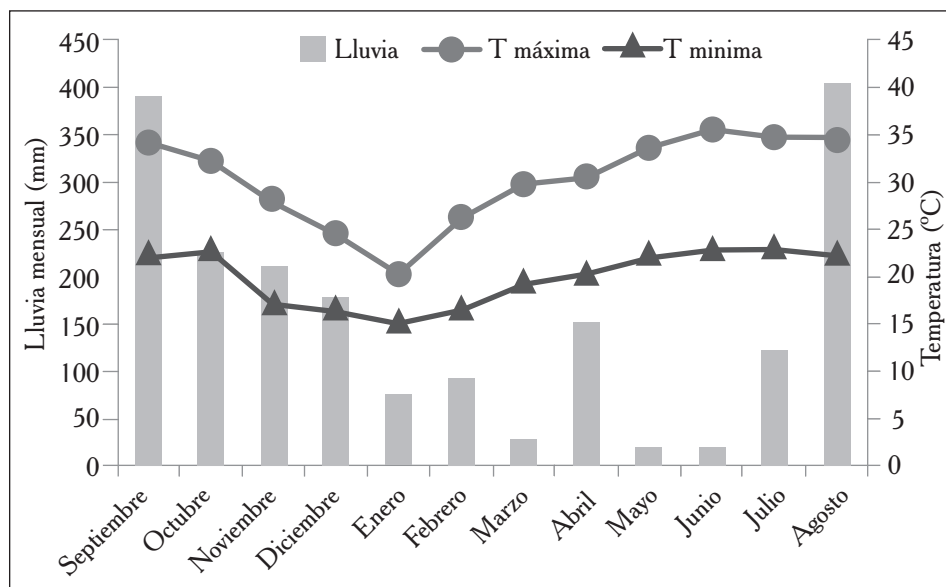
El estudio se llevó a cabo en la Unidad de Producción de Vaquillas F1 del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. La Unidad se localiza en el municipio de Atzalan, estado de Veracruz (México), a 20° 02' latitud N, 97° 34' longitud O y 111 metros sobre el nivel del mar.

El clima es cálido y húmedo con lluvias todo el año. De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1981), es un clima Af(m)w”(e). En un lugar distante, a 4 km del experimento, la temperatura y precipitación pluvial media anual del periodo de 1980 a 2000, fue de $23.7 \pm 0.5^\circ\text{C}$ y $1,991 \pm 392$ mm, respectivamente.

En el mismo lugar, las medias de temperaturas mínima y máxima, además de la lluvia, ocurridas durante el periodo experimental se presentan en la figura 1, y fueron respectivamente, 20.0°C , 30.4°C y 1,926 mm. En la capa de 0-20 cm, el suelo es arcilloso (52%, 28% y 20% de arcilla, limo y arena, respectivamente), ácido (pH de 4.7), bajo en N total ($0.983 \text{ g}^*\text{kg}^{-1}$), P extraíble ($0.04 \text{ cmol}^*\text{kg}^{-1}$), K extraíble ($1.45 \text{ cmol}^*\text{kg}^{-1}$) y capacidad de intercambio catiónico ($11.95 \text{ cmol}^*\text{kg}^{-1}$).

Figura 1

Temperatura y precipitación por mes de la siembra a la primera cosecha de forraje de las accesiones de *Cratylia argentea* CIAT 18516, 18666, 18668 y 18676, cultivadas en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.



Previo a la siembra, el área experimental (32 m x 25 m) se aró y se le dieron dos pasos de rastra cruzada. El área de cada parcela fue de 27 m². Se sembraron cuatro semillas por punto de siembra, a profundidad de 4 a 5 cm. La separación entre surcos y entre puntos de siembra fue de 1 m. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, empleando la pendiente como criterio para bloquear, con tres bloques como repeticiones. Se sembró el 1 de septiembre de 2006, y la primera cosecha de forraje se realizó del 23 al 27 de agosto de 2007. Las plantas se cortaron con machete, a una altura de 70 cm.

El material cosechado se separó en hojas (HO), tallos comestibles (TC, < 3 mm diámetro) y no comestibles (TN, > 3 mm diámetro), esto último con base en observaciones de campo realizadas por los autores en plantas bajo pastoreo (Datos sin publicar). Los primeros dos componentes se secaron a 60°C, hasta alcanzar peso constante; y luego se molieron en un molino de laboratorio Thomas-Wiley modelo 4 (Thomas Scientific, USA) con criba de dos mm. Las muestras empleadas para la producción de gas *in vitro* se molieron con criba de un mm.

El material molido se analizó por duplicado para proteína cruda (PC, %) mediante el procedimiento Kjeldahl (AOAC, 1984), así como para fibra por detergente neutro (FDN, %), fibra por detergente ácido (FDA, %) y lignina (LIG, %) (Van Soest *et al.*,

1991) empleando el procedimiento de bolsas filtrantes (bolsas modelo F57, ANKOM Technologies, Macedon NY) (Komarek *et al.*, 1994).

La desaparición *in situ* (DIS, %) de hojas a 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h de incubación ruminal se hizo por triplicado en tres vacas fistuladas al rumen, empleando la técnica de la bolsa de nailon (Ørskov y McDonald, 1979), sin tratamiento previo con pepsina en medio ácido; la desaparición a tiempo cero se estimó por duplicado, lavando con agua a 38°C durante 30 min.

Los datos se ajustaron al modelo propuesto por estos mismos autores: $y = a + b(1 - e^{-c \cdot t})$, donde: 'y', es la materia seca degradada al tiempo 't', 'a' es la materia seca altamente soluble cuando $t = 0$ (%), 'b' es la materia seca lentamente degradable (%), 'a + b' es la extensión de la digestión (%), 'c' es la tasa fraccional de degradación de 'b' (fracción/h) y 't' es el tiempo de incubación en el rumen (h).

Se ajustó un modelo por combinación de accesión (4) x repetición (3) x vaca (3), para un total de 36 muestras analizadas, de tal forma que se pudo efectuar un análisis de varianza de cada parámetro de la curva.

Las vacas fistuladas fueron del fenotipo $\frac{3}{4}$ *Bos taurus* - $\frac{1}{4}$ *Bos indicus* y tenían una edad de cinco años y un peso promedio de 630 ± 55 kg al efectuar el experimento. Estos animales se fistularon al año de edad y se han utilizado muchas veces para realizar mediciones de degradación *in situ*; aunque fértiles, se han mantenido vacías toda su vida. Los animales pastaron gramas nativas a una carga animal equivalente de dos vacas/ha, y recibieron diariamente dos kg/vaca de un concentrado comercial con 14% de PC, proveniente de un solo lote. La suplementación se utilizó para producir poblaciones uniformes de bacterias ruminales que redujeron la variación entre animales, lo que permite la expresión de las verdaderas diferencias entre accesiones. Esto fue equivalente a usar un solo donante de líquido ruminal, como comúnmente se hace en los procedimientos *in vitro* (van der Koelen *et al.*, 1992).

Se evaluó la dinámica de producción de gas *in vitro* de hojas y tallos comestibles, de acuerdo a Menke *et al.* (1979); los datos generados se ajustaron a la ecuación exponencial de Krishnamoorthy *et al.* (1991): $y = b(1 - e^{-c \cdot (x-L)})$; donde 'y' (ml) es la producción de gas acumulada al tiempo 'x' (h); 'b' es la asíntota o producción potencial de gas acumulado a medida que $x \rightarrow J$ (ml); 'c' es la tasa fraccional a la cual se acumula la producción de gas al tiempo 'x'; y 'L' es el tiempo de retardo *e. g.* el tiempo (h) que toma a los microbios ruminales colonizar e iniciar la producción de gas a partir de la FDN de lenta degradabilidad.

Las 48 muestras de forraje producto de (4) accesiones x (3) repeticiones x (2) componentes de la planta x (2) sub-muestras (duplicados), se analizaron en una sola corrida, empleando dos tipos de rastrojo de maíz como estándares, así como un blanco también por duplicado. Se ajustó un modelo por combinación de accesión x componente de la planta x repetición; de tal manera que fue posible realizar un análisis de varianza de cada parámetro del modelo.

Con el fin de cumplir con los supuestos del análisis de varianza, las unidades porcentuales se transformaron a 'arcoseno $\sqrt{\%/100}$ ' y la relación material consumible (HO+TC)

a tallos no consumibles (TN), que es adimensional, se transformó a valores de 'log natural de $y + 1$ '. El modelo del análisis de varianza tuvo los efectos de bloque como repetición (la vaca confundida con el bloque en el caso de DIS), accesión, componente de la planta, y la interacción accesión x componente de la planta. Se usó PROC GLM del SAS, para realizar los análisis; empleando la opción LSMEANS para generar medias de cuadrados mínimos y comparaciones entre estas (SAS, 2010).

Resultados

La accesión no tuvo efecto significativo sobre el rendimiento de materia seca al primer corte de los componentes HO, TC y TN, que mostraron medias \pm errores estándar generales de 2580 ± 212 , 33 ± 5 y 2444 ± 233 kg/ha, respectivamente. Por el contrario, las proporciones de hojas y tallos no comestibles sí fueron afectadas significativamente por la accesión (cuadro 1). La CIAT 18668 mostró la proporción de HO más alta, la cual no fue estadísticamente diferente de CIAT 18516 y 18676, pero sí estadísticamente superior a CIAT 18666, cuyo valor fue el menor de todas las accesiones.

Con respecto a TN, las diferencias entre accesiones se comportaron en orden inverso; es decir, CIAT 18668 presentó la proporción más baja y CIAT 18666 la más alta. Por otro lado, el tallo comestible no fue afectado por la accesión, presentando una media general \pm error estándar de $0.61\% \pm 0.03\%$. En el caso de la relación material comestible (hoja + tallo comestible) a tallo no comestible, las diferencias entre accesiones fueron similares a las diferencias en proporción de hoja.

Cuadro 1

Porcentaje del rendimiento total de materia seca al primer corte, ocupado por la hoja, tallo comestible, tallo no comestible y relación comestible/no comestible, de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* cultivadas en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.

Accesión CIAT	Hoja	Tallo comestible	Tallo no comestible	Comestible/ No comestible
	-----%-----			
18516	48.96 ^{ab}	0.78 ^a	50.25 ^{ab}	0.99 ^{ab}
18666	45.92 ^b	0.66 ^a	53.40 ^a	0.88 ^b
18668	56.35 ^a	0.59 ^a	43.03 ^b	1.32 ^a
18676	54.65 ^{ab}	0.45 ^a	44.89 ^{ab}	1.23 ^{ab}

Medias seguidas de la misma literal son estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

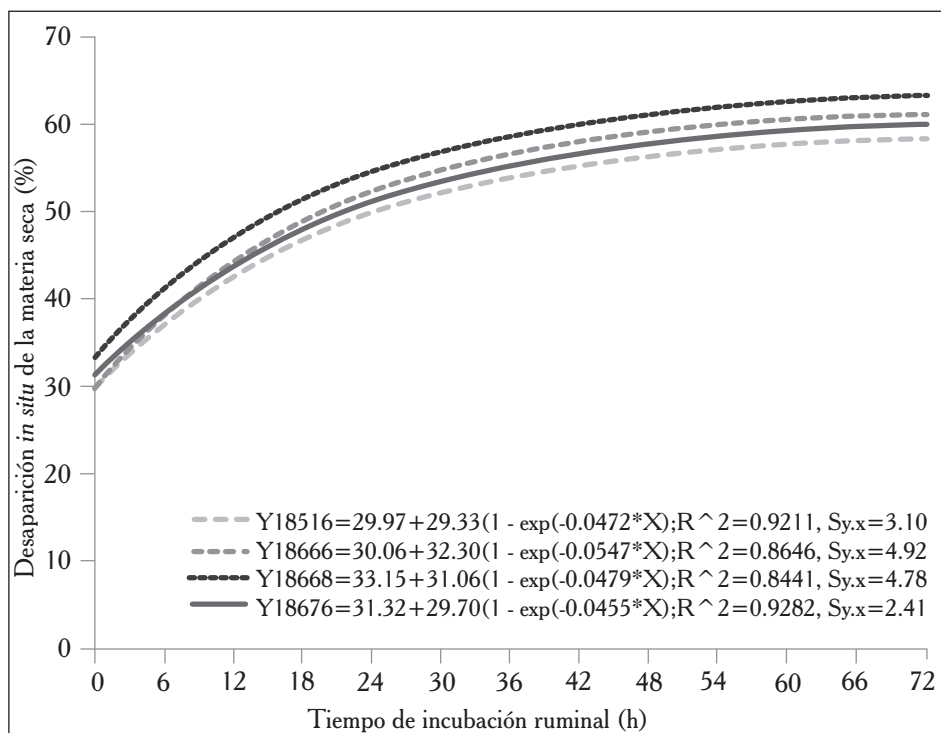
De los efectos del modelo, sólo el componente de la planta fue significativo ($P < 0.05$) sobre todos los componentes químicos; en tanto que los demás efectos (bloque, accesión, y la interacción accesión x componente de la planta) no fueron significativos. Las medias generales \pm errores estándar fueron: 19.10% \pm 0.70% para PC; 61.10% \pm 1.00% para FDN; 42.20% \pm 1.20% para FDA; y 14.20% \pm 0.30% para LIG. Las hojas tuvieron significativamente más PC que los tallos comestibles (20% *vs.* 16.20%), y fueron significativamente menores que los tallos en cuanto a FDN (57.10% *vs.* 65.20%), FDA (36.8% *vs.* 47.50%), pero no en LIG, pues las hojas mostraron un contenido significativamente mayor que los tallos comestibles (15.10% *vs.* 13.30%) (cuadro 2).

Con respecto a la DIS del componente hoja, el efecto del bloque no fue significativo sobre 'a' y 'b', pero sí lo fue sobre la tasa fraccional 'c'. El efecto de la accesión fue significativo sólo sobre 'a', pero no sobre los demás parámetros. Asimismo, ni el efecto de la vaca o la interacción accesión x vaca afectaron los parámetros del modelo de Ørskov y McDonald (1979).

El promedio del coeficiente de determinación de las curvas individuales fue 0.8970 con un error estándar de \pm 0.0222. Por lo tanto, las accesiones sólo difirieron en la proporción del componente altamente soluble de la materia seca: 29.97%, 30.06%, 33.15% y 31.32% para CIAT 18516, 18666, 18668 y 18676, respectivamente; siendo la 18668 significativamente superior a las demás, que no difirieron entre sí; en tanto que todas tuvieron una tasa fraccional de degradación común (0.0488 ± 0.0192 por hora) del componente lentamente degradable de la materia seca (30.60% \pm 4.52%), tal como lo muestra la figura 2.

Figura 2

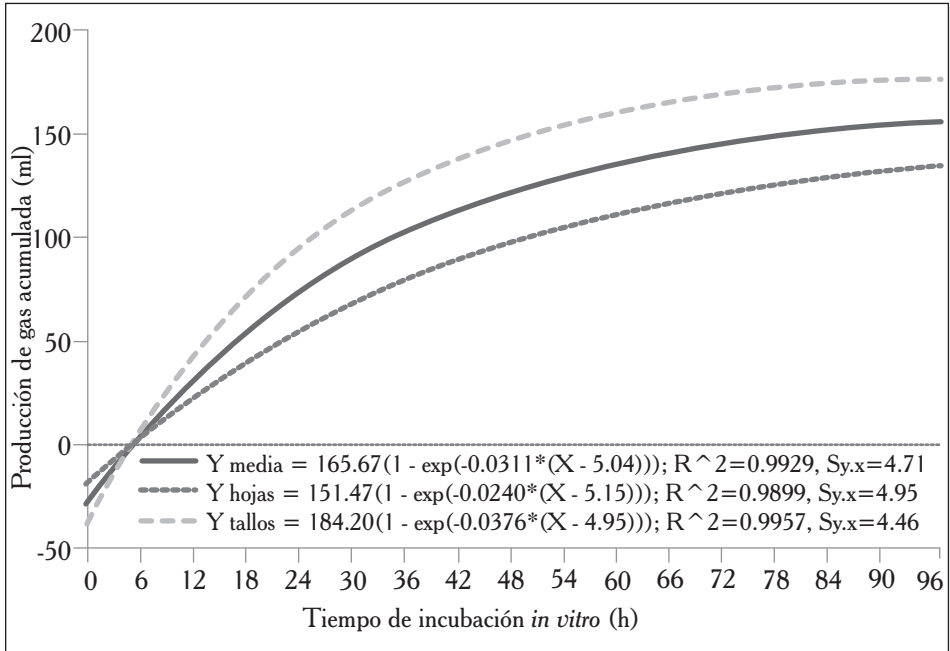
Desaparición de materia seca *in situ* como función del tiempo de incubación en el rumen, de acuerdo al modelo de Ørskov y McDonald (1979), de hojas de la primera cosecha de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* cultivadas en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.



Los parámetros del modelo de Krishnamoorthy *et al.* (1991) no fueron afectados por el bloque, la accesión o la interacción accesión x componente de la planta. El ajuste de las curvas individuales fue bastante bueno, dado que el promedio de los coeficientes de determinación fue 0.9907 con un error estándar de ± 0.0070 . Por lo tanto, una sola curva podría ser usada para describir la dinámica de producción de gas *in vitro* de las cuatro accesiones, la cual se presenta en la figura 3, donde también se muestra que el efecto del componente de la planta fue significativo sobre todos los parámetros.

Figura 3

Producción de gas *in vitro* como función del tiempo de incubación (de acuerdo al modelo de Krishnamoorthy *et al.*, 1991) de hojas, tallos comestibles y ambos componentes, promediados a través de las cuatro accesiones de *Cratylia argentea* cultivadas en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.



Discusión

Los rendimientos promedio de materia seca de hojas, tallos comestibles y tallos no comestibles fueron estadísticamente iguales. Por lo tanto, para esta situación particular, la selección de una accesión superior debe tener como base otras características. En primer lugar, la proporción de HO fue superior en CIAT 18668 con respecto a CIAT 18666, la cual mostró la proporción de HO más baja. Más aún, tal diferencia fue también significativa con respecto a la relación material consumible a tallo no consumible.

Por otro lado, CIAT 18516 y CIAT 18676 fueron similares a CIAT 18668, lo que implica que las dos primeras serían tan buenas candidatas a ser seleccionadas como esta última (cuadro 1). En resumen, las variables del rendimiento de materia seca y las derivadas de ésta, sólo fueron útiles para seleccionar la accesión menos productiva.

Incluso, después de casi doce meses de crecimiento ininterrumpido, 51.50% de la biomasa aérea eran hojas, lo que resultó en una relación material comestible a tallo no comestible promedio de 1.1:1. En Costa Rica, *C. argentea* se cosechó cada doce semanas durante un año, y se encontró que la relación hoja a tallo era de 1.76:1 para suelos de “mesón” y 1.43:1 para suelos de “terrazza” (Suárez *et al.*, 2008). Los valores costarricenses son mayores a los del presente experimento, porque hubo una diferencia de 40 semanas (52 vs. 12) en edad al corte. En cualquier caso, relaciones > 1:1 reflejan la capacidad de *C. argentea* de retener tanto hojas jóvenes como maduras. Argel (1995) informó que en la época seca y a una frecuencia de corte de 12-14 semanas, esta especie retuvo 90% de hojas jóvenes y 50% de hojas maduras.

El siguiente tamiz de pruebas por el que pasaron las accesiones fue la composición química del material comestible. Sin embargo, las accesiones fueron estadísticamente iguales con respecto a sus contenidos de proteína cruda, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido y lignina (cuadro 2). Las HO superaron en este aspecto a los TC, de tal manera que esto guiaría de nuevo a CIAT 18668, pues ésta fue la que tuvo mayor proporción de hoja. De hecho, como la contribución del TC al rendimiento total de materia seca fue tan reducida, sólo el rendimiento de hoja debería considerarse para seleccionar la mejor accesión.

En el presente estudio, la composición química de *C. argentea* estuvo dentro del rango de valores citados por otros investigadores (cuadro 2). Factores tales como diferencias en condiciones agro-climáticas, tipo de suelo y fertilización, edad de los arbustos, estado de madurez de las hojas, diferentes partes de la planta muestreadas (hojas, zarcillos, ramas y tallos) pudieron haber contribuido a algunas de las diferencias en los valores citados. Sin embargo, la composición química del follaje de *C. argentea* es bastante uniforme a pesar de los cambios en ambiente y manejo, lo cual es una característica deseable para mejorar la producción animal proveniente de pasturas de baja calidad. Además, la composición química de las cuatro accesiones no cambió drásticamente con la edad de la planta y se mantuvo a niveles aceptables, incluso con casi doce meses de crecimiento ininterrumpido.

Cuadro 2

Datos de la literatura compilados por los autores y datos del presente experimento sobre composición química del forraje de *Cratylia argentea*.

País	Edad al corte	Componente de la planta ²	Componente químico, %				Referencia
			PC	FDN	FDA	LIG	
Brasil	60	PCO	26.7				Xavier <i>et al.</i> (1990)
	120		13.8				
Brasil	60	PCO	21.3	67.6	39.0	Aroeira y Xavier (1991)	
Colombia	70-84	HO&TC	25.6	59.8	35.6	Fassler y Lascano (1995)	
Colombia	90	HO	21.4				Lascano (1996)
Brasil	142	PCO	16.0		48.0	5.4	Sobrinho y Nunhes (1996)
Colombia	N. R. ¹	HO	19.0	67.0	43.0	Wilson y Lascano (1997)	
	60		22.8	55.6	33.8	8.7	
Costa Rica	90	HO&TC	21.1	56.3	34.2	9.8	Franco (1997)
	120		20.8	57.2	36.1	10.9	
Costa Rica	60	PCO	17.6	54.8		14.8	Lobo y Acuña (1999)
	90		15.4	59.3		15.5	
Costa Rica	= 120	HO&TN	19.8	51.3	34.8	Ibrahim <i>et al.</i> (2001)	
Colombia	N. R.	N. R.	22.0				Plazas y Lascano (2005)
Nicaragua	84	HO&TC	17.7	60.0	32.6	Sánchez y Ledin (2006)	
Puerto Rico	134	HO&TN	16.6	57.2	43.9	Crespo (2007)	
Colombia	90	HO	18.0	59.7	51.4	Suárez <i>et al.</i> (2008b)	
México	364	HO	20.0	57.1	36.8	15.1	El presente experimento
		TC	16.2	65.2	47.5	13.3	

¹ N. R. = No reportada. ² HO = hoja; TC = tallo comestible; TN = tallo no comestible; PCO = planta completa.

Franco (1997) no encontró efecto estadístico de la edad de cosecha sobre la degradabilidad de la materia seca, *in situ*, de hojas y tallos jóvenes. Los valores de los parámetros del modelo de Ørskov y McDonald (1979) para dos, tres y cuatro meses de edad fueron respectivamente: para 'a', 31.30%, 28.20% y 24%; para 'b', 30.30%, 24.40% y 26.50%; para 'c', 0.08, 0.08 y 0.07 por hora. Los valores de 'a' y 'b' son muy similares a los del presente estudio (figura 2); en tanto que aquellos de 'c' son mayores por alrededor de 0.03 unidades, diferencia que pudo deberse a la mayor proporción de hojas maduras en el presente experimento, cuyas plantas se cosecharon en un estado avanzado de madurez.

Por otro lado, otros autores (Aroeira y Xavier, 1991) encontraron que la planta completa de 60 días de edad de *Cratylia floribunda* tuvo valores de 22.80%, 46.30% y 0.03/h, para 'a', 'b' y 'c', respectivamente, que fueron menores, mayores y menores a los valores encontrados en el presente experimento.

La dinámica de producción de gas fue diferente entre hojas y tallos comestibles, teniendo las primeras un potencial de producción de gas y una tasa fraccional menores que los de los segundos. Se sabe que los taninos de las hojas interfieren con la cantidad y tasa de producción de gas (Barahona *et al.*, 2003). Por lo tanto, las hojas son digeridas a menor velocidad y en menor extensión que los tallos jóvenes.

Por otra parte, el tratamiento de las muestras de hoja con H₂SO₄ al 72%, oxida los taninos, sobreestimando el contenido de lignina de las hojas, de ahí que en el presente experimento las hojas presentaran mayor contenido de lignina que los tallos comestibles. No obstante, es poco probable que tales inconsistencias en los análisis químicos empleados hayan jugado un papel importante en los resultados de degradación *in situ* y producción de gas *in vitro*, pues Bernal *et al.* (2008) clasifican a *C. argentea* como no taninífera.

Estos mismos autores encontraron que las leguminosas sin taninos *Vigna unguiculata* y *Cratylia argentea*, con 0% de taninos condensados ambas, presentaron valores asintóticos de producción de gas (214 ml y 157 ml, respectivamente) y degradación de materia seca (68.50% y 51.20%, respectivamente) más altos, en comparación con henos de las taniníferas *Calliandra calothyrsus* (23.00% de taninos condensados) y *Flemingia macrophylla* (3.66% de taninos condensados) que produjeron menos gas (93 ml y 80 ml, respectivamente) y cuya materia seca se degradó menos (25.60% y 25%, respectivamente). Dados estos resultados, las determinaciones de taninos son innecesarias en *C. argentea*.

Además, no tener el contenido de taninos en hojas y tallos comestibles es de menor importancia, porque la proporción de los segundos fue muy baja (cuadro 1), y por lo mismo, de reducido o nulo efecto para la nutrición del rumiante.

Por otro lado, los dos bioensayos realizados en el material comestible no arrojaron diferencias prácticas, ni estadísticas entre accesiones en cuanto al curso de degradación *in situ* de la materia seca o la dinámica de producción de gas *in vitro* (figuras 2 y 3).

Al final, el rendimiento de forraje y la calidad nutritiva de las cuatro accesiones de *C. argentea* fue similar. Esta ausencia de diferencias en rendimiento y calidad llevó a otros autores (Lascano *et al.*, 2005) a emplear una mezcla de semillas de las accesiones 18516 y 18668 para crear el cultivar Veranera, el único disponible comercialmente a la fecha.

Estos dos cultivares presentan igual hábito de crecimiento y plantas con morfología similar, además que se adaptan a las mismas condiciones de clima y suelos, presentando casi las mismas concentraciones de proteína cruda, Ca, P y digestibilidad de la materia seca *in vitro* (Schultze-Kraft, 1996). Ambos cultivares mostraron la misma fenología en diferentes sitios de Costa Rica (Argel, 1995). Sin embargo, es necesario estudiar la producción y calidad del forraje de las cuatro accesiones a lo largo del año, con el fin de decidir cuál de éstas debe seleccionarse para formar un cultivar local; o, si es el caso, mezclar semilla de dos o más accesiones.

Al evaluar leguminosas forrajeras arbustivas, raras veces se considera su papel como productoras de leña.

Una exploración de la literatura, no permitió localizar valores del contenido energético con base seca en los tallos de *C. argentea*. Por lo tanto, se utilizó el valor promedio de la madera de las especies tropicales *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Gmelina arborea*, informado por Fuwape y Akindele (1997) de 21.60 MJ/kg (ECCA, 2011), bajo el supuesto de que tal valor se puede aplicar a *C. argentea*; se multiplicó éste por el rendimiento de tallo no comestible —que fue de 2.444 kg/ha⁻¹— resultando un rendimiento de energía de 52.79 GJ/ha, equivalentes a 1,778 l de petróleo crudo, cuya densidad energética es de 29.70 MJ/l.

Esto sugiere que el tallo no comestible de *C. argentea* podría sustituir al energético no renovable, y representaría un ahorro económico directo en el hogar rural; y, al mismo tiempo, sería ambientalmente amigable, al aliviar la presión sobre los árboles nativos para producir leña. Esto resalta la calidad de especie leguminosa multipropósito de *Cratylia argentea*, que sería semejante a otras como *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*.

Conclusiones

Las cuatro accesiones de *Cratylia argentea* fueron similares en rendimiento de MS de hoja, tallo comestible y tallo no comestible, así como en valor nutritivo de sus componentes comestibles, que en hoja fueron cercanos al 20% de proteína cruda, lo cual indica que puede ser un buen suplemento proteínico, dado fresco o seco, para animales que pastan gramíneas tropicales de baja calidad nutritiva. Se concluyó que en esta primera etapa de evaluación, ninguna de las accesiones fue superior a las demás. La segunda etapa de evaluación, con cortes a diferentes edades de rebrote en distintas épocas del año, permitirá identificar la accesión que sea más productiva en etapas de evaluación agronómica y con animales en pastoreo.

Agradecimientos

El programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la DGAPA, UNAM, financió parte del presente experimento a través del proyecto IN208007 *Rendimiento de materia seca, valor nutritivo y adaptación de 8 leguminosas y 4 gramíneas en tres sitios del estado de Veracruz*. Las Doctoras M. E. Velasco Z. (FMVZ, Universidad Autónoma de Chiapas) e I. Carmona M. (Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP), donaron la semilla de las accesiones de *Cratylia argentea*.

Literatura citada

- Abberton, M. T.; MacDuff, J. H.; Marshall, A. H. y Humphreys, M. W. (2007). *The genetic improvement of forage grasses and legumes to reduce greenhouse gas emissions*. http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/climatechange/papers/abberton_%20geneticimprovement.pdf (consultada el 14 de abril de 2011).
- AOAC (1984). *Official methods of analysis*. 13th ed. Mensha, Wisconsin; Association of Official Analytical Chemists. 1545 pp.
- Argel, P. J. (1995). Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* en México y Centroamérica. En: Pizarro, E. A. y Coradin, L. (editores). *Memorias: Potencial del género Cratylia como leguminosa forrajera*. EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Brasilia, Brasil. p. 75-82.
- Aroeira, L. J. M. y Xavier, D. F. (1991). Digestibilidade e degradabilidade da *Cratylia furibunda* no rumen. *Past. Trop.* 13(3):15-19.
- Barahona, R.; Lascano, C. E.; Narvaez, N.; Owen, E.; Morris, P. y Theodorou, M. K. (2003). *In vitro* degradability of mature and immature leaves of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. *J. Sci. Food Agric.* 83:1256-1266.
- Bernal, L.; Ávila, P.; Ramírez, G.; Lascano, C. E.; Tiemann, T. y Hess, H. (2008). Efecto del ensilaje y el heno de *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla*, *Cratylia argentea* y *Vigna unguiculata* sobre la producción de gas *in vitro*. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 16(3):101-107.
- Castillo, G. E.; Valles, M. B.; Manneje, L. t y Aluja-Schunemann, A. (2005). Efecto de introducir *Arachis pintoi* sobre variables del suelo de pasturas de grama nativa del trópico húmedo mexicano. *Téc. Pec. Méx.* 43(2):287-295.
- Crespo, C. M. (2007). *Características agronómicas, composición química y selectividad ingestiva por ganado ovino de tres leguminosas arbustivas: Cratylia argentea (Desv.) Kuntze, Calliandra calothyrsus Meisn. y Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit*. Tesis de Maestro en Ciencias. Universidad de Puerto Rico. Mayaguez, Puerto Rico.
- ECCA Business Wood Energy Knowledge Center. (2011). *Biomass Calorific Value Calculator*. <http://www.eccabusiness.govt.nz/wood-energy-resources/biomass-calorific> (Consultado el 20 de diciembre de 2011).
- Enríquez, Q. J. F.; Hernández, A.; Pérez, J.; Quero, A. y Moreno, J. (2003). Densidad de siembra y frecuencias de corte en el rendimiento de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en el sur de Veracruz. *Téc. Pec. Méx.* 42(1):75-84.
- Fassler, O. M. y Lascano, C. E. (1995). The effect of mixtures of sun-dried tropical shrub legumes on intake and nitrogen balance by sheep. *Trop. Grasslds.* 29:92-96.
- Fernández, T. L.; Castillo, G. E.; Ocaña, Z. E.; Valles, M. B. y Jarillo, R. J. (2006). Características de la vegetación en gramas nativas solas o asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 en pastoreo rotacional intensivo. *Téc. Pecu. Méx.* 44(3):365-378.
- Franco, V. M. H. (1997). *Evaluación de la calidad nutricional de Cratylia argentea como suplemento en el sistema de producción de doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica*. Tesis de Magister Scientiae. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Fuwape, J. A. y Akindele, S. O. (1997). Biomass yield and energy of some fast-growing multipurpose trees in Nigeria. *Biomass and Bioenergy.* 12:101-106.
- García, E. (1981). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 3a. Ed. Instituto de Geografía, UNAM. México. 217 pp.
- Ibrahim, M.; Franco, M.; Pezo, D. A.; Camero, A. y Araya, J. L. (2001). Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. *Agrofor. Syst.* 51:167-175.
- Koelen van der, C. J.; Goedhart, P. W.; Vuuren van, A. M. y Savoini, G. 1992. Sources of variation of the *in situ* nylon bag technique. *Animal Feed Science and Technology.* 38:35-42.
- Komarek, A. R.; Robertson, J. B. y Van Soest, P. J. (1994). *Comparison of the filter bag technique to conventional filtration in the Van Soest NDF analysis of 21 feeds*. Proceedings of the National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization. University of Nebraska. 2 pp.

- Krishnamoorthy, U.; Soller, H.; Steingass, H. y Menke, K. H. (1991). A comparative study on rumen fermentation of energy supplements *in vitro*. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65:28.
- Lascano, C. E. (1995). Calidad nutritiva y utilización de *Cratylia argentea*. *Memorias: Potencial del género Cratylia como leguminosa forrajera*. EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Brasilia, Brasil. p. 83-97.
- Lascano, C.; Rincón, A.; Plazas, C.; Ávila, P.; Bueno, G. y Argel, P. (2005). *Cultivar Veranera (Cratylia argentea Desvaux O. Kuntze) – Leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con periodos prolongados de sequía en Colombia*. CORPOICA, CIAT. Cali, Colombia. 27 pp.
- Lobo, M. V. y Acuña, V. (1999). Productividad forrajera de *Cratylia argentea*. *Memorias del XI Congreso Nacional Agronómico (Costa Rica)*. Resumen 419. Pág. 557.
- Menke, K. H.; Raab, L.; Salewski, A.; Steingass, H.; Fritz, D. y Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci.* 93:217-222.
- Ørskov, E. R. y McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92:499-503.
- Pizarro, E. A. y Carvalho, M. A. (1996). Alternative forages for the tropics: Arachis and Paspalum. En: Springer, T. L. y Pittman, R. N. (Editores). *Identifying germplasm for succesful forage legume-grass interactions*. Proc. Symp. Crop Sci. Soc. Am., Seattle, Washington. pp 1-14.
- Plazas, B. C. H. y Lascano, C. E. (2005). Utilidad de *Cratylia argentea* en ganaderías de doble propósito del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Past. Trop.* 27:2.
- Sánchez, N. R. y Ledin, I. (2006). Effect of feeding different levels of foliage from *Cratylia argentea* to creole dairy cows on intake, digestibility milk production and milk composition. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* 38:343-351.
- SAS Institute Inc. 2010. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. Chapter 39: The GLM Procedure (Book Excerpt). Cary, NC: SAS Institute Inc. pp 2986-3177.
- Schultze-Kraft, R. (1996). *Leguminous forage shrubs for acid soils in the tropics*. En: Elgersma, A.; Struik, P. C. y Maesen, L. J. G. van der (Editores). *Grassland Science in Perspective*. Wageningen Agricultural University. p. 67-81.
- Sobrinho, J. M. y Nunhes, M. R. (1995). Estudos desenvueltos pela Empresa Goiana Agropecuária com *Cratylia argentea*. *Memorias: Potencial del género Cratylia como leguminosa forrajera*. EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Brasilia, Brasil. p. 53-61.
- Suárez, J. C.; Ramírez, B. L. y Velásquez, J. E. (2008). Comportamiento agronómico de cinco especies forrajeras bajo el sistema de corte y acarreo en suelos de terraza y mesón en el piedemonte amazónico colombiano. *Zootecnia Trop.* 26:347-350.
- Suárez, J. C.; Carula, J. E. y Velásquez, J. E. (2008b). Composición química y digestibilidad *in vitro* de algunas especies arbóreas establecidas en el piedemonte Amazónico. *Zootecnia Trop.* 26: 231-234.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. y Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 473-481.
- Wilson Q. T. y Lascano, C. (1997). *Cratylia argentea* como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos. *Past. Trop.* 19:2-8.
- Xavier, D. F.; Carvalho, M. M. y Botrel, M. A. (1990). Curva de crecimiento e acumulacão de proteína bruta de leguminosa *Cratylia floribunda*. *Past. Trop.* 12:35-38.

Recibido: Enero 05, 2012
Aceptado: Octubre 09, 2012



Título: *Flornaciendo*
Técnica: Scratch sobre estireno
Autor: Adoración Palma García (2manoS)
Medida: 20 x 25 cm
Año: 2012