

# ***Cratylia argentea*: UN ARBUSTO FORRAJERO POTENCIAL EN SISTEMAS SILVOPASTORILES. RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ACCESIONES SEGÚN LAS EDADES DE REBROTE Y ESTACIONES CLIMÁTICAS**

***Cratylia argentea*: A POTENTIAL FODDER SHRUB IN SILVOPASTORAL SYSTEMS. YIELD AND QUALITY OF ACCESIONS ACCORDING TO REGROWTH AGES AND CLIMATIC SEASONS**

**Braulio Valles-De la Mora<sup>1</sup>; Epigmenio Castillo-Gallegos;  
Eliazar Ocaña-Zavaleta; Jesús Jarillo-Rodríguez.**

Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. km 7.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan. C. P. 93600. Veracruz, MÉXICO.

Correo-e: braulio\_36@hotmail.com Tel.: 01 232 32 43941 (Autor para correspondencia).

## RESUMEN

**E**n los sistemas silvopastoriles, las leguminosas arbustivas de alta calidad nutricional representan una alternativa para la escasez de pastos en periodos secos del año. En este estudio se evaluó el efecto de diferentes edades de rebrote (6, 9, 12 y 15 semanas) en tres épocas del año (lluvia, invierno y seca, 2007-2008) de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* (18516, 18666, 18668 y 18676) en Veracruz, México, para el rendimiento de materia seca (RMS), fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), lignina (Lig), proteína cruda (PC) y degradación *in situ* de MS (DISMS). El rendimiento de materia seca (RMS) (media  $\pm$  error estándar) fue afectado por la época y la edad de rebrote, pero no se encontró efecto por la accesión o sus interacciones. El mayor RMS se logró en la temporada de secas ( $3632 \pm 306 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), lo que representó 45 % del rendimiento del forraje total, seguido por la temporada de lluvias (33 %,  $2615 \pm 188 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y la temporada de invierno (22 %,  $1733 \pm 61 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Se encontraron efectos significativos en la edad de rebrote en las tres épocas para FDN, FDA, Lig y PC. La mayor DISMS ocurrió en las temporadas de lluvias y secas promediando 66 y 65 %, respectivamente, después de 72 h de incubación. La temporada de secas fue el mejor período para RMS y DISMS. Estos resultados sugieren que *C. argentea* es una fuente confiable de forraje para sistemas silvopastoriles.

**PALABRAS CLAVE:** Rendimiento de materia seca, composición química, efectos estacionales, leguminosas forrajeras arbustivas, Veracruz, México.

## ABSTRACT

**I**n silvopastoral systems, high nutritional quality shrub legumes represent an alternative to shortage of grasses in dry periods of the year. The effect of different regrowth ages (6, 9, 12 and 15 weeks) in three climatic seasons (rainy, winter and dry seasons, 2007-2008) of four *Cratylia argentea* accessions (18516, 18666, 18668 and 18676) were evaluated in Veracruz, Mexico, for dry matter yield (DMY), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin (Lig), crude protein (CP) and *in situ* DM degradation (ISDMD). Dry matter yield (mean  $\pm$  standard error) was affected by season and regrowth age, but not by accession or interactions. The dry season showed the largest DMY ( $3632 \pm 306 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), representing 45 % of total forage yield, followed by the rainy (33 %,  $2615 \pm 188 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) and winter (22 %,  $1733 \pm 61 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) seasons. For NDF, ADF, Lig and CP, statistical effects were found for regrowth age in all three seasons. The largest ISDMD occurred in the rainy and dry seasons, reaching average values of 66 and 65 % at 72 h of incubation, respectively. The dry season was the best period for DMY and ISDMD, making *Cratylia argentea* a reliable feed resource for silvopastoral systems.

**KEYWORDS:** Dry matter yield, chemical composition, seasonal effects, shrub forage legumes, Veracruz, Mexico.



Recibido: 22 de octubre, 2013

Aceptado: 26 de junio, 2014

doi: 10.5154/r.rchscfa.2013.11.040

<http://www.chapingo.mx/revistas>

## INTRODUCCIÓN

Ha sido ampliamente documentado que la productividad dentro de los sistemas silvopastoriles se puede mejorar sustancialmente cuando se incluyen leguminosas arbustivas, en comparación con los sistemas que se basan exclusivamente en gramíneas forrajeras (Dagang & Nair, 2003; Mahecha & Angulo, 2012; Shelton, 2000). La cría de ganado en zonas tropicales es una actividad altamente dependiente de las lluvias y las fluctuaciones de temperatura del aire durante todo el año (Calvosa, Chuluunbaatar, & Fara, 2007), que conducen a un déficit de forraje en la temporada de secas e invierno, y un excedente en la temporada de lluvias (Enríquez, Hernández, Pérez, Quero, & Moreno, 2003). Por lo tanto, se ha recomendado el uso de leguminosas arbustivas con alta calidad nutricional que pueden prosperar en el momento del año cuando la mayoría de los pastos no son la alternativa para hacer frente a la escasez de alimentos en la temporada de secas. Asimismo, las leguminosas arbustivas tienen el beneficio adicional de producir más forraje que los pastos, son más tolerantes al mal manejo, tienen la capacidad de rebrotar, proporcionar forraje de buena calidad y tienen otros usos como fuente de leña, rompevientos, y control de erosión en laderas; además de mejorar la fertilidad del suelo (Holmann, Lascano, & Plazas, 2002). Sin embargo, no todos los árboles o arbustos forrajeros producen cantidades suficientes de biomasa para alimentar al ganado. Se ha documentado que la edad de rebrote y las temporadas climáticas afectan el rendimiento y la calidad del forraje de las especies forrajeras leñosas (Casanova-Lugo, Petit-Aldana, Solorio-Sanchez, Parsons, & Ramírez-Avilés, 2014).

La edad al corte de árboles forrajeros en diferentes estaciones del año (temporada de secas vs. temporada de lluvias) y en diferentes etapas de desarrollo (floración vs. vegetativo) también puede influir en el rebrote. La defoliación, descrita en términos de frecuencia se refiere a qué tan a menudo se cortan o se ramonean los árboles. En muchos estudios se informa que el mayor rendimiento total de biomasa se obtiene en los intervalos de cosecha más largos. En este aspecto, se han llevado a cabo estudios con *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze con el fin de identificar las accesiones superiores con un buen rendimiento, principalmente durante periodos prolongados de sequía. En Colombia, Andersson, Peters, Schultze-Kraft, Franco, y Lascano (2006) evaluaron 38 accesiones de *C. argentea* y encontraron una gran variación en las características agronómicas de la colección de germoplasma, en términos de mayor producción de materia seca (MS), en particular en la estación seca. Las accesiones CIAT 18674 y CIAT 22406 se identificaron como prometedoras para la producción de MS. En Quintana Roo, México, se llevó a cabo un experimento por Sosa, Cabrera, Pérez y Ortega (2008), donde se evaluaron 10 leguminosas forrajeras, entre ellas *C. argentea*, mostrando un efecto significativo de la época y de la edad de corte en el rendimiento de materia seca de esta leguminosa. Estos autores observaron que el rendimiento entre las especies varió dentro de cada tempo-

## INTRODUCTION

It has been widely documented that animal productivity within silvopastoral systems can be improved substantially when leguminous shrubs are included, as compared to systems that rely exclusively on grass forage (Dagang & Nair, 2003; Mahecha & Angulo, 2012; Shelton, 2000). Livestock husbandry in the tropics is an enterprise highly dependent on rainfall and air temperature fluctuations throughout the year (Calvosa, Chuluunbaatar, & Fara, 2007), which lead to a forage deficit in the dry and winter seasons, and a surplus in the rainy season (Enríquez, Hernández, Pérez, Quero, & Moreno, 2003). Thus, the use of shrub legumes with high nutritional quality that can thrive at the time of year when most grasses do not become an alternative to address the shortage of food in the dry period. Also, shrub legumes have the added benefit of producing more forage than grasses, are more tolerant to poor management, have the ability to resprout, provide good quality forage and have other uses as a source of firewood, windbreaks, and erosion control on slopes, and they also improve soil fertility (Holmann, Lascano, & Plazas, 2002). However not all the forage trees or shrubs yield enough amounts of biomass to feed cattle. The age of regrowth and climatic seasons are documented to affect the yield and forage quality of woody forage species (Casanova-Lugo, Petit-Aldana, Solorio-Sanchez, Parsons, & Ramírez-Avilés, 2014).

Cutting forage trees at different seasons of the year (dry season vs. wet season) and at different stages of development (flowering vs. vegetative) may also influence subsequent regrowth. Also, defoliation described in terms of frequency is how often the trees are cut or browsed. Many studies have reported that the highest total biomass yield is obtained in the longer harvest intervals. In this respect, some studies with *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze have been carried out in order to identify superior accessions with good performance, mainly during long dry periods. In Colombia, Andersson, Peters, Schultze-Kraft, Franco, and Lascano (2006) evaluated 38 *C. argentea* accessions and found a great variation in agronomic characteristics in the germplasm collection, in terms of higher dry matter (DM) production, particularly in the dry season. Accessions CIAT 18674 and CIAT 22406 were identified as promising for DM production, particularly in the dry season. In Quintana Roo, Mexico, an experiment carried out by Sosa, Cabrera, Pérez, and Ortega (2008) where 10 forage legumes were evaluated, among them *C. argentea*, showed an effect of the season and cutting age on the dry matter yield of this legume. These authors observed that performance among species varied within each season, with *C. argentea* standing out as the most productive, both in the dry (0.6 t DM·ha<sup>-1</sup>) and rainy (2.6 t DM·ha<sup>-1</sup>) seasons. Similarly, they observed an effect by regrowth age: specifically, as regrowth age increased, yield did also from 0.7 to 1.8 t DM·ha<sup>-1</sup>. For this variable, Lobo and Acuña (2004) reported that *C. argentea* harvested at 90 days yielded more biomass (3.9 t DM·ha<sup>-1</sup>) than at 60 days

rada, destacando *C. argentea* como la más productiva, tanto en la temporada de secas ( $0.6 \text{ t MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) como en la lluviosa ( $2.6 \text{ t MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Del mismo modo, se observó un efecto de edad de rebrote: específicamente, cuando la edad del rebrote aumentó, el rendimiento fue, de  $0.7$  a  $1.8 \text{ t MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Para esta variable, Lobo y Acuña (2004) reportaron que *C. argentea* cosechada a los 90 días produjo más biomasa ( $3.9 \text{ t MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) que a los 60 días ( $1.3 \text{ t MS}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); estos mismos autores señalaron que la edad de rebrote afecta la disponibilidad de la biomasa, independientemente de la altura de rebrote.

*Cratylia argentea* es una leguminosa arbustiva, que alcanza una altura de hasta 3 m, y se encuentra en una amplia gama de entornos, desde Perú hasta el oeste del estado de Ceará en Brasil. Se adapta a las condiciones de fertilidad del suelo y a alturas bajas a medias cercanas a 1,200 m. Tiene un valor nutritivo superior al de otras leguminosas arbustivas, además de que sólo tiene pequeñas cantidades o no contiene taninos (Bernal et al., 2008; Celis, Sánchez, & Parra, 2004; Sturm, Tiemann, Lascano, Kreuzer, & Hess, 2007). Es muy resistente a la sequía y se mantiene verde y productiva durante la temporada de secas, hasta por siete meses (Rodríguez & Guevara, 2002; Sosa et al., 2008), produciendo más forraje que muchas otras leguminosas arbustivas (Suárez, Ramírez, & Velásquez, 2008b), superando las  $9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  (Sosa et al., 2008).

En el trópico mexicano, el ganado pasta principalmente en pasturas nativas, las cuales son pobres en calidad y poseen una marcada estacionalidad en su crecimiento, debido a las variaciones climáticas que afectan la productividad de forraje, principalmente durante la época seca y de invierno. Sin embargo, el comportamiento estacional de *C. argentea* es desconocido para los trópicos húmedos del estado de Veracruz, México, y por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes edades de rebrote sobre el rendimiento y calidad del forraje de cuatro accesiones de *C. argentea* en tres épocas del año.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del sitio

El experimento se llevó a cabo en el municipio de Tlapacoyan, Veracruz, México ( $20^{\circ} 04' \text{ N}$ ,  $97^{\circ} 06' \text{ O}$ , altitud 112 m). Los suelos son ultisoles caracterizados por un pH de 5.3; materia orgánica (MO), 0.49 %; nitrógeno total (N), 0.10 %; fósforo (P),  $33.4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Los valores para el potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na) y capacidad de intercambio catiónico (CIC) son: 0.35, 1.45, 2.12, 0.24 y  $9.35 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ , respectivamente; con los siguientes componentes de textura: arena, arcilla y limo de 28, 39 y 34 %, respectivamente. El clima es cálido y húmedo, con tres estaciones definidas: a) lluvia, con precipitaciones altas y temperaturas altas (de agosto a noviembre), b) invierno o "viento del norte" con escasas precipitaciones y temperaturas bajas (de diciembre a marzo) y, c) temporada de secas, con escasas

( $1.3 \text{ t DM}\cdot\text{ha}^{-1}$ ); they pointed out that regrowth age affects biomass availability, regardless of height regrowth.

*Cratylia argentea* is a shrub legume, which reaches heights of up to 3 m, and is found in a wide range of environments, from Peru to the west of the state of Ceará in Brazil. It adapts well to soil fertility conditions and low to medium altitudes close to 1,200 m. It has a higher nutritional value than other leguminous shrubs, plus it has only trace amounts of or no tannins (Bernal et al., 2008; Celis, Sánchez, & Parra, 2004; Sturm, Tiemann, Lascano, Kreuzer, & Hess, 2007). It is very drought tolerant and remains green and productive during dry seasons lasting up to seven months (Rodríguez & Guevara, 2002; Sosa et al., 2008), yielding more forage than many other shrub legumes (Suárez, Ramírez, & Velásquez, 2008b), over  $9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{year}^{-1}$  (Sosa et al., 2008).

In the Mexican tropics, cattle graze mainly on native pastures, which are poor in quality and have marked seasonality in their growth, due to climatic variations affecting forage productivity, mainly during the dry and winter seasons. However, seasonal behavior of *C. argentea* is unknown for the humid tropics of the state of Veracruz, Mexico, and therefore the objective of this study was to evaluate the effect of different regrowth ages on the yield and forage quality of four accessions of *C. argentea* in three climatic seasons.

## MATERIALS AND METHODS

### Site description

The experiment was conducted in the municipality of Tlapacoyan, Veracruz, Mexico ( $20^{\circ} 04' \text{ N}$ ,  $97^{\circ} 06' \text{ W}$ , altitude 112 m). Soils are Ultisols characterized by pH 5.3; organic matter (OM), 0.49 %; total nitrogen (N), 0.10 %; phosphorus (P),  $33.4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Values for potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na) and cation exchange capacity (CEC) are: 0.35, 1.45, 2.12, 0.24 and  $9.35 \text{ cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ , respectively; with texture components sand, clay and silt of 28, 39 and 34 %, respectively. Climate is hot and humid, with three defined seasons: a) rainy, with high rainfall and high temperatures (August to November), b) winter or "Norther wind" with low rainfall and low temperatures (December to March) and, c) dry, with low rainfall and high temperatures (April to July). Rainfall (mm) and maximum and minimum temperatures ( $^{\circ}\text{C}$ ) for the experimental period are shown in Figure 1.

### Experiment set up

We assessed four forage legume accessions of *C. argentea*, with CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia) keys: 18516, 18666, 18668 and 18676. The experimental plots ( $10 \times 3 \text{ m}$ ) were planted on Sept 1, 2006, with plants spaced 1 m apart between and within the row. Each plot was divided into four subplots corresponding to four regrowth ages: 6, 9, 12 and 15 weeks of age, according to

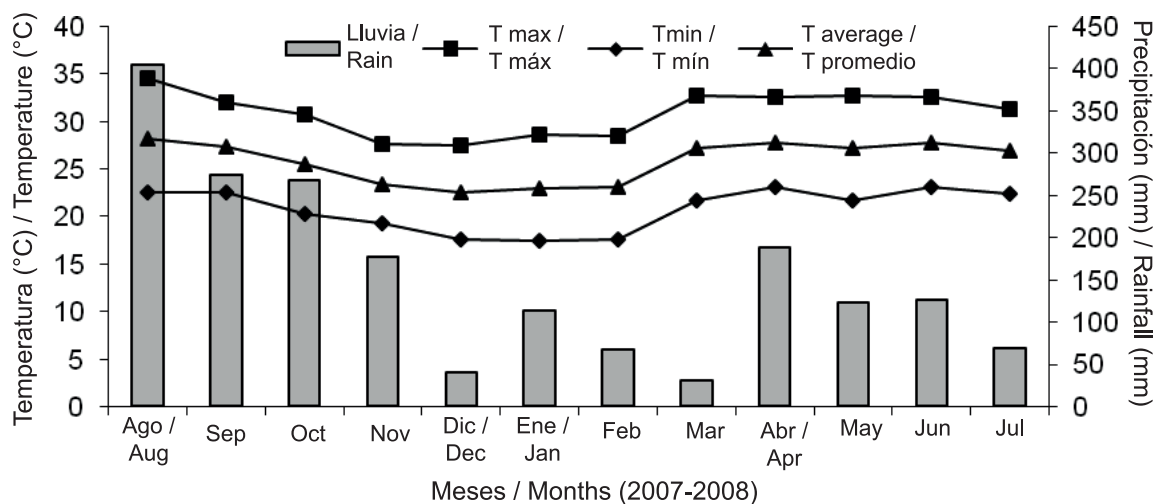


FIGURA 1. Temperatura máxima (Tmáx), mínima (Tmín) y promedio (Tpromedio), y precipitación (lluvia) durante el periodo experimental en Veracruz, México.

FIGURE 1. Maximum (Tmax), minimum (Tmin) and average temperature (Taverage), and rainfall (rain) during the experimental period in Veracruz, Mexico.

precipitaciones y temperaturas altas (de abril a julio). En la Figura 1 se muestra la precipitación (mm) y las temperaturas máximas y mínimas (°C) para el periodo experimental.

### Elaboración del experimento

Se evaluaron cuatro accesiones de la leguminosa forrajera de *C. argentea*, con números de accesión CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia): 18516, 18666, 18668 y 18676. Las parcelas experimentales (10 x 3 m) se plantaron el 01 de septiembre de 2006, con plantas espaciadas 1 m de distancia entre y dentro de la fila. Cada parcela se dividió en cuatro subparcelas que corresponden a cuatro edades de rebrote: 6, 9, 12 y 15 semanas de edad, de acuerdo con Toledo y Schultze-Kraft (1982). Para evitar efectos de borde, se utilizaron las dos hileras centrales, excluyendo las plantas en ambos extremos de la fila. Cerca de 11 meses (24-27 de agosto de 2007) después de la plantación, se realizó una primera cosecha de estandarización, y después de eso, se hicieron evaluaciones para la temporada de lluvias los días: 10 y 29 de octubre, 24 de noviembre y 10 de diciembre de 2007; para las edades de rebrote; 6, 9, 12 y 15 semanas, respectivamente. Para la evaluación de la temporada de invierno, las parcelas fueron cosechadas en las siguientes fechas: 31 de enero, 20 de febrero, 12 de marzo y 2 de abril de 2008; y para la estación seca, el 19 de mayo, 4 de junio y 15 y 25 de julio de 2008. En todos los casos, la altura de corte fue de 70 cm sobre el nivel del suelo. Las variables de respuesta fueron: rendimiento de materia seca (RMS, kg·ha<sup>-1</sup>), proteína cruda (PC, g·kg<sup>-1</sup>MS), fibra en detergente neutro (FDN, %), fibra en detergente ácido (FDA, %), lignina (Lig, %) y degradación *in situ* de la materia seca (DISMS, %) a 72 h.

Toledo and Schultze-Kraft (1982). To avoid border effects we used the two central rows, excluding the plants on both ends of the row. About 11 months (24-27 Aug 2007) after planting, a first standardization harvest was done, and after that, assessments were made for the rainy season on: Oct. 10 and 29, Nov. 24 and Dec. 10, 2007 for regrowth ages of 6, 9, 12 and 15 weeks, respectively. For the winter season evaluation, plots were harvested on: Jan. 31, Feb. 20, March 12 and April 2, 2008; and again for the dry season on May 19, June 4 and 15, and July 25, 2008, for the increasing regrowth ages. In all cases cutting height was 70 cm above ground level. Response variables were: dry matter yield (DMY, kg·ha<sup>-1</sup>), crude protein (CP, g·kg<sup>-1</sup> DM), neutral detergent fiber (NDF, %), acid detergent fiber (ADF, %), lignin (Lig, %) and 72 h-*in situ* dry matter degradation (ISDMD, %).

### Laboratory analysis

Harvested material was separated into stems up to 3 mm thick, leaves (leaflets and petiole), representing potentially consumable material, and stems greater than 3 mm. Each component was weighed, and a sample of 500 g per component was dried in a forced air oven at 65 °C for 72 h to determine the percent dry matter and to calculate the DMY (Toledo & Schultze-Kraft, 1982). Crude protein was determined as % N x 6.25, according to Kjeldahl (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2005). Neutral detergent fiber determinations, ADF and Lig were performed according to Van Soest (1963), using a fiber digester Ankom200 (Ankom Technology, Macedon, NY, USA). *In situ* dry matter digestion was estimated according to Ørskov and McDonald (1970), with incubation times of 3, 6, 9, 12, 24, 48 and 72 h; degradation parameters were obtained by



## Análisis de laboratorio

El material colectado fue separado en tallos de hasta 3 mm de espesor, hojas (pecíolo), que representa el material potencialmente consumible, y los tallos de más de 3 mm. Cada componente se pesó, y se tomó una muestra de 500 g por componente, la cual fue secada en un horno de aire forzado a 65 °C durante 72 h para determinar el porcentaje de materia seca y calcular el RMS (Toledo & Schultze-Kraft, 1982). La proteína cruda se determinó como % N x 6.25, según Kjeldahl (Association of Official Analytical Chemists [AOAC], 2005). Las determinaciones de fibra en detergente neutro, FDA y Lig se realizaron según Van Soest (1963), utilizando un digestor de fibra Ankom200 (Ankom Technology, Macedon, Nueva York, EE.UU.). La digestión de materia seca *in situ* se estimó de acuerdo con Ørskov y McDonald (1970), con tiempos de incubación de 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h; los parámetros de degradación se obtuvieron ajustando los datos en el modelo descrito por Ørskov, Hovell, y Mould (1980):

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

Donde:

y = MS degradada en el tiempo "t" (%)  
 a = Fracción rápidamente degradable (intercepción) (%)  
 b = Fracción lentamente degradable (%)  
 a + b = MS Potencialmente degradable (grado de degradación) (%)  
 c = Tasa de degradación (fracción degradable por hora)  
 t = Tiempo de incubación en el rumen (h)  
 e = Base de los logaritmos naturales

## Análisis estadístico

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres bloques o repeticiones, utilizando la pendiente del terreno como criterio para el bloqueo. Cada uno de los tres bloques tenía cuatro parcelas, una por accesión. El análisis de varianza (ANOVA) se realizó con PROC MIXED del Sistema de Análisis Estadístico (SAS, 1999). Además, los datos de RMS se ajustaron al modelo de crecimiento exponencial:

$$y = ae^{bx}$$

Donde:

y = RMS (kg·ha<sup>-1</sup>)  
 a = RMS cuando x = 0  
 b = Tasa constante expresada en unidades x inversas (1·x<sup>-1</sup>)  
 x = Edad de rebrote en semanas; el ajuste se hizo por separado para cada estación.

Este modelo describe el crecimiento de la población, cuando la población tiene suficientes nutrientes y espacio para crecer. Sin embargo, también se puede utilizar para describir

fitting the data to the model described by Ørskov, Hovell, and Mould (1980):

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

Where:

y = DM degraded at time "t" (%)  
 a = Rapidly degradable fraction (intercept) (%)  
 b = Slowly degradable fraction (%)  
 a + b = Potentially degradable DM (extent of degradation) (%)  
 c = Rate of degradation (degradable fraction per hour)  
 t = Time of incubation in the rumen (h)  
 e = Base of the natural logarithms

## Statistical analysis

The experimental design was a randomized complete block with three blocks or replications, using the slope of the terrain as a criterion for blocking. Each one of the three blocks had four plots, one per accession. Analysis of variance (ANOVA) was performed with PROC MIXED of Statistical Analysis System (SAS, 1999). Additionally, DMY data were adjusted to the exponential growth model:

$$y = ae^{bx}$$

Where:

y = DMY (kg·ha<sup>-1</sup>)  
 a = DMY when x = 0  
 b = Rate constant expressed in inverse x units (1·x<sup>-1</sup>)  
 x = Age of regrowth in weeks; the fit was done separately for each season

This model describes uninhibited population growth, that is, when the population has plenty of nutrients and space to grow. However, it can also be used to describe plant growth during short time spans when weather, soil or both become limiting factors for plant growth. This model shows a constant doubling time, *i. e.* the time that it takes to increase DMY by a factor of two, which can be calculated as ln(2)/b, which indicates the efficiency with which present plant biomass, produces more biomass (Motulsky & Christopoulos, 2003).

Dry matter yield and quality variables were analyzed with PROC MIXED. The model included the fixed effects of accession and regrowth ages, the random effect of block and the plot as the individual on which the repeated measurements (seasons) were made, considering the following covariance structures: compound symmetry, unstructured, Huynh-Feldt, autoregressive, autoregressive with heterogeneous variance and autoregressive with moving average. Once the most appropriate covariance structure was chosen, the final ANOVA with least squares means 't' test comparisons was performed.

el crecimiento de la planta durante periodos cortos, cuando el tiempo, el suelo o ambos se convierten en factores limitantes para el crecimiento de plantas. Este modelo describe una constante doble de tiempo, *i. e.* el tiempo que se necesita para aumentar el RMS por un factor de dos, que puede ser calculado como  $\ln(2)/b$ , que indica la eficiencia con la que la biomasa vegetal produce más biomasa (Motulsky & Christopoulos, 2003).

Se analizaron las variables de rendimiento de materia seca y de calidad con PROC MIXED. El modelo incluyó los efectos fijos de accesión y edades de rebrote, el efecto aleatorio de bloque y la parcela como unidad sobre la que se hicieron las mediciones repetidas (estaciones), teniendo en cuenta las siguientes estructuras de covarianza: simetría compuesta, no estructurada, Huynh-Feldt, autorregresiva, autorregresiva con varianza heterogénea y autorregresiva con media móvil. Una vez que se eligió la estructura de covarianza más apropiada, se llevó a cabo el análisis de varianza final con la prueba de “t” para comparación de medias.

Para DISMS, se ajustó una curva determinada para cada combinación de la accesión y edad de rebrote, por lo que cada parámetro puede ser analizado de forma individual como variable de respuesta en el análisis de la varianza.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Rendimiento de materia seca de acuerdo con la temporada y edad de rebrote

El análisis de la varianza para RMS detectó diferencias ( $P < 0.0001$ ) para el efecto de la temporada y la edad de rebrote. Las tres temporadas fueron diferentes, con medias ( $\pm$  error estándar) para la temporada de lluvias, invierno y secas de  $\pm 188 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $1783 \pm 61 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $3632 \pm 306 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , lo que representó una distribución de forraje anual de 33, 22 y 45 %, respectivamente. Durante las tres temporadas, los valores medios por accesión 18516, 18666, 18668 y 18676 fueron  $2311 \pm 261 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $3048 \pm 321 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $2567 \pm 280 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  y  $2781 \pm 301 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. Independientemente de la época, la producción de forraje no mostró diferencias estadísticamente significativas dentro de las edades de rebrote. Además, las accesiones se comportaron de manera similar, a pesar de que CIAT 18666 tuvo un rendimiento más alto que los otros. En el caso de CIAT 18668 a las 15 semanas en la temporada de secas, se registró una reducción del rendimiento de MS, pero no fue posible explicar este hecho (Cuadro 1).

Aunque no se encontró efecto en el RMS relacionado con la edad de rebrote, excepto durante la temporada de lluvias a las 12 semanas (CIAT 18516), los resultados coinciden con Sosa et al. (2008), utilizando *C. argentea* y otras leguminosas, en Chetumal, México (1,200 mm de lluvia, 70 % humedad relativa en verano). Se evaluaron edades de rebrote a los 3, 6, 9 y 12 semanas y se encontró que, independientemente

For ISDMD, a particular curve for each combination of accession and regrowth age was fit, so each parameter could be analyzed individually as the response variable in the analysis of variance.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Dry matter yield according to season and regrowth age

Analysis of variance for DMY detected differences ( $P < 0.0001$ ) for the effect of season and regrowth age. All three seasons were different, with means ( $\pm$  standard error) for rainy, winter and dry seasons of  $2615 \pm 188 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $1783 \pm 61 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  and  $3632 \pm 306 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , which represented an annual forage distribution of 33, 22 and 45 %, respectively. Over the three seasons, the mean values per 18516, 18666, 18668 and 18676 accession were  $2311 \pm 261 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $3048 \pm 321 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $2567 \pm 280 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  and  $2781 \pm 301 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , respectively. Regardless of season, forage production showed no statistical differences within regrowth ages. Also, the accessions behaved similarly, in spite of CIAT 18666 having a higher performance than the other ones. In the case of CIAT 18668 at 15 weeks in the dry season, a reduction of DM yield was recorded and it is not possible to explain this fact (Table 1).

Although no effect was found in DMY related to regrowth age, except during the rainy season at 12 weeks (CIAT 18516), results coincide with Sosa et al. (2008), using *C. argentea* and other legumes, in Chetumal, Mexico (1,200 mm rain, 70 % of that in summer). They evaluated regrowth ages at 3, 6, 9 and 12 weeks and found that regardless of the season, the highest yields were achieved by the 12-week regrowth. In the dry season, all legumes, including *C. argentea*, had low yields averaging  $0.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . This value is considerably lower than the  $3.6 \pm 0.32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  averaged over the four regrowth ages. Also in the dry season, Rodríguez and Guevara (2002) found in Venezuela that the same four accessions evaluated here, showed a range of forage production (leaves) from 651 to 862  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  per cut, which was close to the data of Plazas and Lascano (2005) who found in farms of the Colombian Llanos Piedmont region that the dry season average forage yield was  $594 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  with 52 % of leaves, whereas in the rainy season yield was  $3,337 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  with 66 % of leaves. Despite the lower forage yield in the former season, *C. argentea* showed good green-leaf regrowth. Also in Colombia, in the Amazon piedmont, Suárez et al. (2008b) estimated the biomass of leaves of *C. argentea* every 12 weeks and found that this legume sown in terrace soils yielded  $5,200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . This value is much higher than those found in our experiment, for any season of the year, and could be explained by better Colombian soil fertility, mainly in terms of organic matter (3.1 %) and nitrogen (3.1 %). Enríquez et al. (2003) reported that in Isla, Veracruz, Mexico (summer rainfall,  $1,000 \text{ mm}\cdot\text{year}^{-1}$ ) the dry season accounted for only 25 % of the total annual yield, with 55 % and 20 % accounted for by the rainy and winter seasons, respectively. Also, in Anzoategui, Venezue-

CUADRO 1. Rendimiento de materia seca (RMS) de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* en cuatro edades de rebrote, en tres temporadas climáticas.

TABLE 1. Dry matter yield (DMY) of four *Cratylia argentea* accessions at four regrowth ages, in three climatic seasons.

Temporada / Season	Edad de rebrote (semanas) / Regrowth age (weeks)	RMS (kg·ha <sup>-1</sup> ) accesiones de <i>Cratylia argentea</i> / DMY (kg·ha <sup>-1</sup> ) of <i>Cratylia argentea</i> accessions				Media / Mean
		18516	18666	18668	18676	
Lluvia / Rainy	6*	1,119 ± 195 <sup>a</sup>	1,511 ± 233 <sup>a</sup>	1,458 ± 192 <sup>a</sup>	1,165 ± 159 <sup>a</sup>	1,313 ± 99
	9	2,138 ± 294 <sup>a</sup>	2,509 ± 189 <sup>a</sup>	2,433 ± 337 <sup>a</sup>	2,182 ± 575 <sup>a</sup>	2,315 ± 167
	12	2,438 ± 101 <sup>a</sup>	3,640 ± 542 <sup>a</sup>	3,236 ± 592 <sup>a</sup>	2,668 ± 477 <sup>a</sup>	2,996 ± 326
	15	3,459 ± 733 <sup>a</sup>	4,383 ± 227 <sup>a</sup>	3,306 ± 279 <sup>a</sup>	4,194 ± 1495 <sup>a</sup>	3,836 ± 389
	Promedio / Average	2,289 ± 374	3,011 ± 358	2,608 ± 278	2,552 ± 486	
Modelo de crecimiento exponencial: $Y = 842e^{0.1026}$ , $R^2 = 0.50$ , RSE = 937, n = 48 Exponential growth model: $Y = 842e^{0.1026}$ , $R^2 = 0.50$ , RSE = 937, n = 48						
Invierno / Winter	6	543 ± 86 <sup>a</sup>	817 ± 195 <sup>a</sup>	607 ± 86 <sup>a</sup>	1047 ± 172 <sup>a</sup>	754 ± 85
	9	964 ± 201 <sup>a</sup>	1539 ± 462 <sup>a</sup>	1026 ± 50 <sup>a</sup>	1416 ± 175 <sup>a</sup>	1236 ± 136
	12	1,867 ± 570 <sup>a</sup>	3082 ± 890 <sup>a</sup>	2346 ± 804 <sup>a</sup>	2375 ± 389 <sup>a</sup>	2417 ± 323
	15	2,212 ± 225 <sup>a</sup>	2,987 ± 912 <sup>a</sup>	2,255 ± 421 <sup>a</sup>	3,360 ± 1173 <sup>a</sup>	2,683 ± 314
	Promedio / Average	1,396 ± 245	2,106 ± 411	1,495 ± 298	1,930 ± 314	
Modelo de crecimiento exponencial: $Y = 440e^{0.1256}$ , $R^2 = 0.45$ , RSE = 840, n = 46 Exponential growth model: $Y = 440e^{0.1256}$ , $R^2 = 0.45$ , RSE = 840, n = 46						
Seca / Dry	6	1,538 ± 230 <sup>a</sup>	1,864 ± 93 <sup>a</sup>	1,376 ± 180 <sup>a</sup>	1,651 ± 290 <sup>a</sup>	1,607 ± 105
	9	2,152 ± 365 <sup>a</sup>	3,167 ± 718 <sup>a</sup>	2,462 ± 307 <sup>a</sup>	2,471 ± 380 <sup>a</sup>	2,563 ± 230
	12	3,269 ± 561 <sup>b</sup>	5,004 ± 1,095 <sup>a</sup>	6,067 ± 749 <sup>a</sup>	4,401 ± 512 <sup>a</sup>	4,685 ± 447
	15	6,033 ± 251 <sup>a</sup>	6,069 ± 2105 <sup>a</sup>	4,272 ± 118 <sup>a</sup>	6,320 ± 1075 <sup>a</sup>	5,674 ± 617
	Promedio / Average	3,248 ± 544	4,026 ± 721	3,544 ± 620	3,711 ± 610	
Modelo de crecimiento exponencial: $Y = 873e^{0.1278}$ , $R^2 = 0.56$ , ESR = 1415, n = 48 Exponential growth model: $Y = 873e^{0.1278}$ , $R^2 = 0.56$ , RSE = 1415, n = 48						

\*Para cada edad de rebrote dentro de la temporada, medias en hileras seguidas por las mismas letras no difieren estadísticamente ( $P > 0.0001$ ). R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinación; ESR: Error estándar residual. ± Error estándar promedio.

\*For each regrowth age within season, means in rows followed by the same letters do not differ statistically ( $P > 0.0001$ ). R<sup>2</sup>: Coefficient of determination; RSE: Residual standard error. ± Average standard error.

de la temporada, los rendimientos más altos se obtuvieron a las 12 semanas de rebrote. En la temporada de secas, todas las leguminosas, incluyendo *C. argentea*, tuvieron rendimientos bajos, promediando 0.6 t·ha<sup>-1</sup>. Este valor es considerablemente menor que el de 3.6 ± 0.32 t·ha<sup>-1</sup> promediado durante las cuatro edades de rebrote. También en la temporada de secas, Rodríguez y Guevara (2002) encontraron en Venezuela que las mismas cuatro accesiones evaluadas aquí,

la (1,044 mm·year<sup>-1</sup>), Rodríguez and Guevara (2002) mentioned that these same accessions produced more forage in the rainy season, while the dry season's yield was only 37 % of that achieved in the rainy season.

*Cratylia argentea* accumulated consumable DMY in an exponential fashion (Table 1). Although the rainy and dry seasons showed practically the same values for parameter

mostraron un rango de producción de forraje (hojas) de 651 a 862 kg·ha<sup>-1</sup> por corte, valores cercanos a los datos de Plazas y Lascano (2005) quienes encontraron, en la región del piedemonte, en los llanos colombianos, que el rendimiento promedio del forraje en la temporada de secas fue de 594 kg·ha<sup>-1</sup>, con 52 % de hojas, mientras que el rendimiento en la temporada de lluvias fue de 3,337 kg·ha<sup>-1</sup> con 66 % de hojas. A pesar del menor rendimiento de forraje en lluvias, *C. argentea* mostró buen rebrote de hoja verde. También en Colombia, en el piedemonte amazónico, Suárez et al. (2008b) estimaron la biomasa de hojas de *C. argentea* cada 12 semanas y encontraron que esta leguminosa sembrada en suelos de terraza produjo 5,200 kg·ha<sup>-1</sup>. Este valor es mucho mayor que los que se encontraron en nuestro experimento, para cualquier época del año, y podría deberse a una mejor fertilidad del suelo en esa región, principalmente en términos de materia orgánica (3.1%) y nitrógeno (3.1%). Enríquez et al. (2003) reportaron que en Isla, Veracruz, México (lluvias de verano: 1.000 mm·año<sup>-1</sup>) la temporada de secas abarcó sólo el 25 % del rendimiento anual total, con 55 y 20 %, para la temporada de lluvias y de invierno, respectivamente. Asimismo, en Anzoátegui, Venezuela (1.044 mm·año<sup>-1</sup>), Rodríguez y Guevara (2002) mencionaron que estas mismas accesiones producen más forraje en la temporada de lluvias, mientras que el rendimiento en la temporada de secas era sólo de 37 % de lo alcanzado en la temporada de lluvias.

*Cratylia argentea* acumuló RMS consumible de una manera exponencial (Cuadro 1). Aunque las temporadas de lluvia y seca mostraron prácticamente los mismos valores para el parámetro a, siendo en ambos casos mayor que el de la temporada de invierno, y, por otro lado, los valores de b para las temporadas de invierno y seca eran prácticamente los mismos y más altos que los de la temporada de lluvias, estos hechos podrían ser considerados como resultados de las ecuaciones, en lugar de igualdades de rendimientos de MS. En todos los casos, el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) fue bajo. De acuerdo con las ecuaciones, el tiempo para duplicar el rendimiento fue mayor en la época de lluvia (6.8 semanas) en comparación con el de la temporada de invierno (5.5 semanas) y la temporada de secas (5.4 semanas), que fue prácticamente igual entre ellos. La cantidad de tiempo requerido para lograr un RMS de 3000 kg·ha<sup>-1</sup> fue más corto en la temporada de secas (9.7 semanas), seguido de la temporada de lluvias (12.4 semanas) y, finalmente, la temporada de invierno (15.3 semanas). En cada edad de rebrote, por temporada, no se encontraron diferencias significativas ( $P \geq 0.0001$ ), excepto en la temporada de secas a las 12 semanas, donde la accesión 18516 produjo menos forraje (3,269 ± 561 kg MS·ha<sup>-1</sup>) que el resto de los materiales (rango 4,400-6,067 kg MS·ha<sup>-1</sup>). Esta ausencia de diferencia en edad y accesión en los tres periodos fue observada por Rodríguez y Guevara (2002), quienes evaluaron, en Colombia, durante las estaciones lluviosas y de seca, 10 accesiones de *C. argentea*, entre las cuales estaban las reportadas aquí.

En las tres temporadas climáticas, la edad de rebrote afectó a todas las variables, excepto FDA en la temporada de secas.

a, being in both cases larger than that of the winter season, and on the other hand, the parameter b values for the winter and dry seasons were practically the same and both larger than that of the rainy season, these facts could be considered as results of the equations rather than equalities of DM yields. In all cases, the coefficient of determination (R<sup>2</sup>) was low. According to the equations, the time to doubling yield was longer for the rainy season (6.8 weeks) in comparison to those of the winter (5.5 weeks) and dry (5.4 weeks) seasons, which were practically the same between them. The length of time required to achieve a DMY of 3,000 kg·ha<sup>-1</sup> was shorter for the dry season (9.7 weeks) followed by the rainy season (12.4 weeks) and finally the winter season (15.3 weeks). Within each regrowth age, by season, no significant differences ( $P \geq 0.0001$ ) were found except in the dry season at 12 weeks, where the accession 18516 produced less forage (3,269 ± 561 kg DM·ha<sup>-1</sup>) than the rest of the materials (range 4,400-6,067 kg DM·ha<sup>-1</sup>). This lack of difference in age and accession within the three periods was also observed by Rodríguez and Guevara (2002), who evaluated, in Colombia, during the rainy and dry seasons, 10 accessions of *C. argentea*, among which were the ones reported here.

In the three climatic seasons, the regrowth age affected all variables, except ADF in the dry season. On the other hand, neither accession nor interaction accession x regrowth age showed effects upon all indicators in the rainy and winter seasons. The opposite happened in the dry season in which the interaction accession x regrowth age affected all variables (Table 2).

#### Crude protein content by season and regrowth age

Levels of crude protein in *C. argentea* by season are shown in Figure 2. Values of crude protein by season were: 224 ± 2.5 g·kg<sup>-1</sup> DM, 263 ± 2.4 g·kg<sup>-1</sup> DM and 259 ± 5.8 g·kg<sup>-1</sup> DM for the rainy, winter and dry seasons, respectively. There was a reduction in CP content as regrowth age increased in the four accessions in the rainy season, whilst in the winter season these values remained stable, and on the contrary, in the dry season CP increased with age ( $P < 0.0001$ ), particularly at 12 and 15 weeks of regrowth. Linear regression equations ( $Y = a + bx$ ) were developed for each accession in order to look for variations in this parameter, yielding the following results for the accessions 18516, 18666, 18668 and 18676:  $Y = 24.17 - 0.007x$ ,  $R^2 = 0.43668 \times 10^{-6}$ ;  $Y = 22.69 + 0.198x$ ,  $R^2 = 0.54$ ;  $Y = 22.31 + 0.27x$ ,  $R^2 = 0.75$ ;  $Y = 22.82 + 0.25x$ ,  $R^2 = 0.64$ , respectively.

Crude protein content levels obtained here are either similar or different to those found by other researchers. In Antioquia, Colombia, it was reported that in the dry season, cutting height and regrowth age did not affect legume's CP content, resulting in a narrow range of values: 191 to 207 g·kg<sup>-1</sup> (Santana & Medina, 2005). This range is similar to the one obtained here only for two accessions at 12 and 15 weeks regrowth in the rainy season, and one accession at 12 weeks in the dry season. Our remaining values are superior



**CUADRO 2. Prueba de efectos fijos tipo tres para la calidad nutricional de materia seca comestible (hojas + tallos < 3 mm) de las cuatro accesiones de *Cratylia argentea* cosechadas a las 6, 9, 12 y 15 semanas en la temporada de lluvias, invierno y temporada seca en Veracruz, México.**

**TABLE 2. Test of type three fixed effects for the nutritional quality of edible dry matter (leaves + stems < 3 mm) of the four *Cratylia argentea* accessions harvested at 6, 9, 12 and 15 weeks in rainy, winter and dry season in Veracruz, Mexico.**

Temporada / Season	Efecto / Effect	Df		Variable			
		Num	Den	FDN / NDF (ARH)	FDA / ADF (HF)	Lig (ARH)	PC / CP (AR)
----- P > F -----							
Lluvia / Rainy	Accesión / Accession	3	6	0.8760	0.7905	0.7149	0.8013
	Semana / Week	3	21	0.0012	< 0.0001	0.0002	< 0.0001
	Acc x Sem	9	21	0.8897	0.9591	0.7787	0.2359
				FDN / NDF (ARH)	FDA / ADF (ARMA)	Lig (ARMA)	PC / CP (ARH)
Invierno / Winter	Accesión / Accession	3	6	0.9134	0.1209	0.6854	0.5123
	Semana / Week	3	21	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
	Acc x Sem / Acc x Week	9	21	0.6365	0.2794	0.0475	0.3713
				FDN / NDF (ARH)	FDA / ADF (ARMA)	Lig (UN)	PC / CP (ARH)
Seca / Dry	Accesión / Accession	3	6	0.3086	0.1279	0.2591	0.0030
	Semana / Week	3	21	< 0.0001	0.0815	0.0002	< 0.0001
	Acc x Sem / Acc x Week	9	21	0.0001	0.0039	0.0179	0.0002

Gl: Grados de libertad, Den: Denominador grados de libertad, FDN: fibra en detergente neutro, ADF: fibra en detergente ácido, Lig: lignina, CP: Proteína cruda.

Entre paréntesis, la estructura de covarianza más adecuado para el análisis de medidas repetido con PROC MIXED: ARH, autorregresivo con varianza heterogénea; AR, autorregresivo; HF, Huynh-Feldt; ARMA, autorregresivo de media móvil.

Df: Degrees of freedom, Den: Denominator degrees of freedom, NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber, Lig: Lignin, CP: Crude protein.

In brackets, the most appropriate covariance structure for repeated measures analysis with PROC MIXED: ARH, autoregressive with heterogeneous variance; AR, autoregressive; HF, Huynh-Feldt; ARMA, autoregressive moving average.

Por otra parte, ni la accesión ni la interacción accesión x edad de rebrote mostraron efectos sobre todos los indicadores en las temporadas de lluvia y de invierno. Lo contrario ocurrió en la temporada de secas en el que la interacción accesión x edad de rebrote afectó a todas las variables (Cuadro 2).

**Contenido de proteína cruda por temporada y edad de rebrote**

En la Figura 2 se muestran los niveles de proteína cruda en *C. argentea* por temporada. Los valores de proteína cruda fueron: 224 ± 2.5 g·kg<sup>-1</sup>MS, 263 ± 2.4 g·kg<sup>-1</sup>MS and 259 ± 5.8 g·kg<sup>-1</sup>MS para la temporada de lluvias, invierno y de seca, respectivamente. Hubo una reducción en el contenido de PC conforme la edad de rebrote aumentó en las cuatro accesiones en la temporada de lluvias, mientras que en la temporada de invierno estos valores se mantuvieron esta-

in all cases. In the department of Cauca, Colombia (1,800 mm annual rainfall), 38 accessions of *C. argentea* were evaluated, including accessions 18516, 18668 and 18676, reporting a range of CP in leaves of 184 to 237 g·kg<sup>-1</sup> (Andersson et al., 2006). These concentrations coincide with the range of values obtained in this experiment. Therefore, our results and those of the literature show that the concentration of CP in *C. argentea* foliage is regularly above the 20 % level, being superior to that of many tree species currently used in animal production systems, such as *Guazuma ulmifolia* Lam. and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Solario, Armendariz, & Ku, 2000), *Calliandra calothyrsus* Meisn., *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard, *Cassia siamea* Lam. (Narváez & Lascano, 2004); *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., *Moringa oleífera* Lam., *Schizolobium excelsum* Vogel (García et al., 2008) and *Erythrina fusca* Lour. (Suárez et al., 2008b).

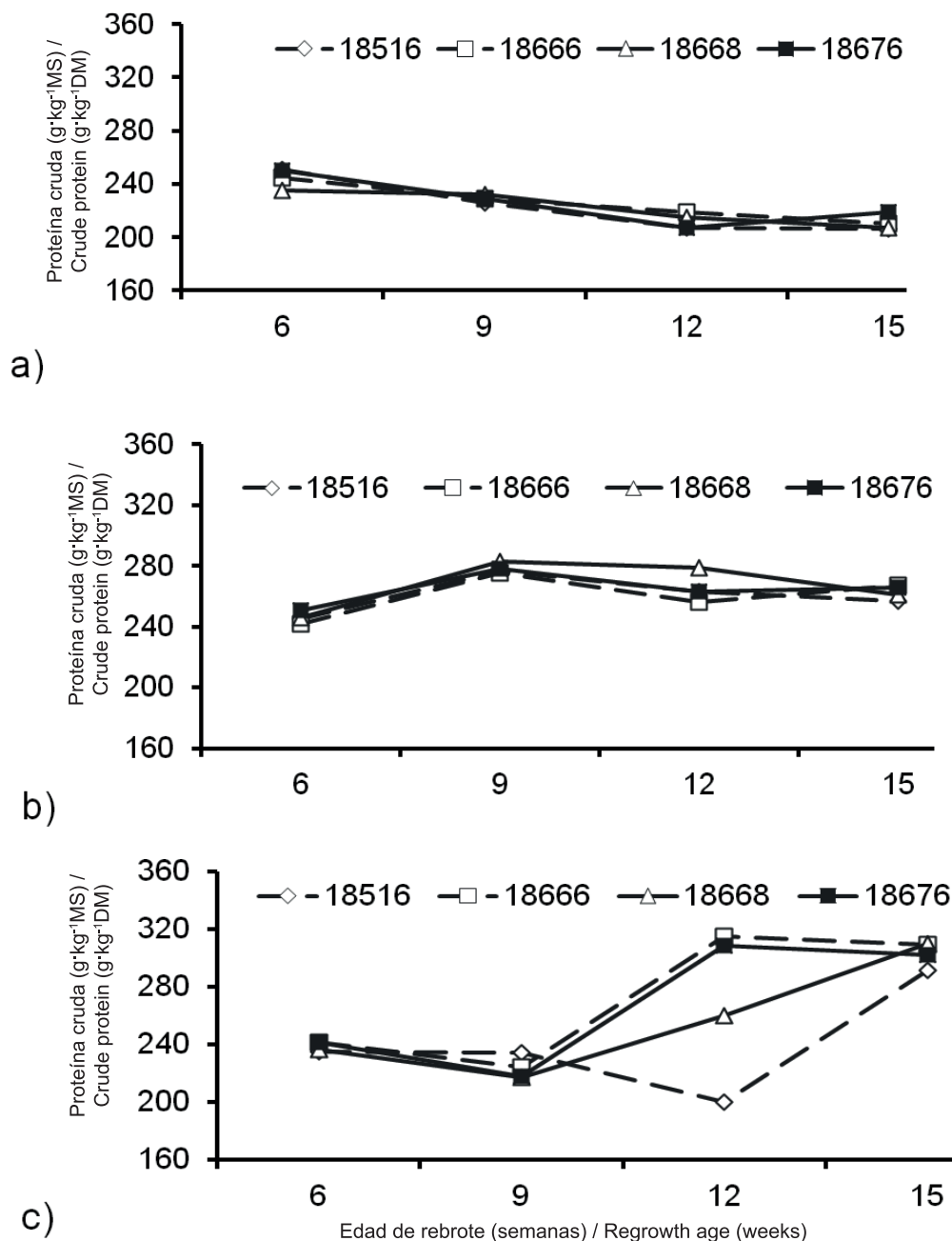


FIGURA 2. Contenido de proteína cruda en cuatro accesiones de *C. argentea*, en cuatro edades de rebrote (promediado sobre accesiones) en la temporada de lluvias (A), invierno (B) y seca (C). MS: Materia seca.

FIGURE 2. Crude protein content in four accessions of *C. argentea*, at four regrowth ages (averaged over accessions) in the rainy (A), winter (B) and dry (C) seasons. DM: Dry matter.

bles, y por el contrario, en la temporada de secas el contenido de PC aumentó con la edad ( $P < 0.0001$ ), en particular a las 12 y 15 semanas de rebrote. Se desarrollaron ecuaciones de regresión lineal ( $Y = a + bx$ ) para cada accesión con el fin de buscar variaciones en este parámetro, obteniéndose los siguientes resultados para las accesiones 18516, 18666, 18668 and 18676:  $Y = 24.17 - 0.007x$ ,  $R^2 = 0.43668 \times 10^{-6}$ ;  $Y = 22.69 + 0.198x$ ,  $R^2 = 0.54$ ;  $Y = 22.31 + 0.27x$ ,  $R^2 = 0.75$ ;  $Y = 22.82 + 0.25x$ ,  $R^2 = 0.64$ , respectivamente.

#### NDF, ADF and lignin according to season and regrowth age

Table 3 shows the mean contents of NDF, ADF and Lig, according to season and regrowth age. The ANOVA found that the response of these variables to regrowth age changed according to season. The NDF content was similar for regrowth ages six to 12 weeks and increased by around six percent units at 15-week regrowth. Neutral detergent fiber behaved differently in the winter season: the 3 week re-

Los niveles de proteína cruda aquí obtenidos son similares o diferentes a los encontrados por otros investigadores. En Antioquía, Colombia, se informó que en la temporada de secas, la altura de corte y la edad de rebrote no afectaron el contenido de proteína cruda de las leguminosas, lo que resultó en un estrecho rango de valores: 191 a 207 g·kg<sup>-1</sup> (Santana & Medina, 2005). Este rango es similar al obtenido aquí sólo para dos accesiones a las 12 y 15 semanas de rebrote en la temporada de lluvias, y una accesión a las 12 semanas en la temporada de secas. Nuestros valores restantes son superiores en todos los casos. En el Departamento del Cauca, Colombia (1,800 mm de lluvia anual), se evaluaron 38 accesiones de *C. argentea*, incluidas las accesiones 18516, 18668 y 18676, reportando valores de PC en hojas de 184 a 237 g·kg<sup>-1</sup> (Andersson et al., 2006). Estas concentraciones coinciden con el rango de valores obtenidos en este experimento. Por lo tanto, nuestros resultados y los de la literatura muestran que la concentración de PC en follaje de *C. argentea* está regularmente por encima del nivel del 20 %, siendo superior a la de muchas especies de árboles que actualmente se utilizan en los sistemas de producción animal, como *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Solorio, Armendariz, & Ku, 2000), *Calliandra calothyrsus* Meisn., *Clitoria fairchildiana* R. A. Howard, *Cassia siamea* Lam. (Narváez & Lascano, 2004); *Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth., *Moringa oleifera* Lam., *Schizolobium excelsum* Vogel (García et al., 2008) y *Erythrina fusca* Lour. (Suárez et al., 2008b).

#### FDN, FDA y lignina según la temporada y la edad de rebrote

El Cuadro 3 muestra los contenidos medios de FDN, FDA y Lig, según la temporada y la edad del rebrote. El análisis de varianza reveló que la respuesta de estas variables a la edad de rebrote cambió de acuerdo a la temporada. El contenido de FDN fue similar para las edades de rebrote de seis a 12 semanas y aumentó alrededor de seis unidades porcentuales a las 15 semanas de rebrote. La fibra en detergente neutro se comportó de manera diferente en la temporada de invierno: a las tres semanas de rebrote, la FDN fue menor, y luego aumentó alrededor de siete unidades porcentuales en las semanas de rebrote seis y nueve, para disminuir alrededor de tres unidades porcentuales a las 15 semanas de rebrote. Ni FDA ni Lig siguieron el crecimiento esperado con el patrón de edad de rebrote. Tal comportamiento coincide con Andersson et al. (2006). Ellos encontraron que en el periodo de alta precipitación, las mayores concentraciones de FDN y FDA, para las tres accesiones mencionadas, fueron más bajas (42 y 26 %) en comparación con el periodo seco (43 y 29 %), lo que indica que la época del año afectó la calidad de los materiales estudiados. Sin embargo, los valores reportados por estos autores son menores que en el presente experimento para FDN y FDA, pero similar a otros, que se encuentran en una revisión del potencial de las leguminosas arbustivas para la producción animal (Olivares, Jiménez, Rojas, & Martínez, 2005), con un 60 y 64 %, respectivamente.

growth was lower, and then increased by around seven percent units in 6 and 9 week regrowth, to decrease by around three percent units at the 15 week regrowth. Neither ADF nor Lig followed the expected increasing with regrowth age pattern. Such behavior agrees with Andersson et al. (2006). They found that in the period of highest rainfall, concentrations of NDF and ADF, for the three mentioned accessions, were lower (42 % and 26 %) compared with the dry period (43 % and 29 %), indicating that the season of year affected the quality of the evaluated materials. However, the values reported by these authors are lower than in the present experiment for NDF and ADF, but similar to others, found in a review of the potential of shrub legumes for animal production, with 60 % and 64 %, respectively (Olivares, Jiménez, Rojas, & Martínez, 2005).

Neutral detergent fiber, ADF and Lig increased with age at harvest time in the rainy season. Although lignin values are high, this is due more to the analytical method (ADF) which solubilises more than half the lignin in tropical grasses, but relatively little in tropical legumes (Lowry, Conlan, Schlink, & McSweeney, 1994).

It is known that much of the variation in quality forages, in addition to variations in environmental conditions (soil, climate, fertilization), genetic material and management, makes crude protein one of the most variable components in pastures (Juarez & Bolaños, 2007). Also, the CP has a pattern of inverse behavior to the growth of the plant, ie, it decreases with age, due to the lower metabolic activity of the plant and the lower proportion of cell content, which is where most of the plant protein is located. In grasses, NDF content is associated with the growth of forage but in legumes this effect is not very clear; therefore, NDF does not change with age. In this respect, Phengsavanh and Frankow-Lindberg (2013) working with five forage legume accessions, *Aeschynomene histrix* Poir. BRA 9690, *Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth. CIAT 17009, *Stylosanthes guianensis* Mart. ex Benth. CIAT 184, and *S. guianensis* CIAT 184 Composite and *Vigna unguiculata* L. Walp. CIAT 1088-4, subjected to three harvesting interval treatments (21, 30 and 45 days), found that CP content was highest with the shortest harvesting interval, while the opposite was true for the fiber content (crude fiber, acid detergent fiber and neutral detergent fiber).

The age of cutting or harvest has the greatest effect on forage quality and this is also true in the case of *C. argentea*. In the case of the CP, despite a moderated variation, in all cases it was always above 20 %, which represents a more than acceptable level for livestock.

#### Degradation kinetics of dry matter of leaves and stems

In general, the model parameters of Ørskov and McDonald (1970), namely the rapidly degradable fraction (a), slowly degradable fraction (b), potentially degradable DM (a + b fractions), and the rate of degradation (c), were not affected

CUADRO 3. Fibra en detergente neutro (FND), fibra en detergente ácido (FDA) y lignina (Lig) en *Cratylia argentea*, en cuatro edades de cosecha, en tres épocas climáticas (media de las cuatro accesiones).

TABLE 3. Neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lignin (Lig) in *Cratylia argentea*, at four harvesting ages, in three climatic seasons (average of the four accessions).

Temporada / Season	Variable (%)	Edad de cosecha (semanas) / Harvesting age (weeks)			
		6	9	12	15
Lluvia / Rainy	FND / NDF	56.7 ± 1.1 <sup>b</sup>	55.5 ± 0.2 <sup>b</sup>	55.9 ± 0.2 <sup>b</sup>	61.8 ± 1.2 <sup>a</sup>
	FDA / ADF	35.7 ± 0.8 <sup>b</sup>	35.5 ± 0.3 <sup>b</sup>	36.9 ± 0.4 <sup>b</sup>	41.8 ± 1.0 <sup>a</sup>
	Lig	14.8 ± 0.8 <sup>b</sup>	18.5 ± 0.2 <sup>a</sup>	18.0 ± 1.0 <sup>ab</sup>	20.6 ± 0.5 <sup>a</sup>
Invierno / Winter	FND / NDF	58.7 ± 0.7 <sup>c</sup>	65.4 ± 0.9 <sup>a</sup>	65.6 ± 0.5 <sup>a</sup>	62.3 ± 1.1 <sup>b</sup>
	FDA / ADF	49.5 ± 0.6 <sup>a</sup>	42.6 ± 0.6 <sup>b</sup>	47.2 ± 1.0 <sup>a</sup>	40.4 ± 0.8 <sup>b</sup>
	Lig	26.0 ± 1.0 <sup>a</sup>	22.6 ± 0.4 <sup>ab</sup>	26.9 ± 1.2 <sup>a</sup>	19.2 ± 0.7 <sup>b</sup>
Seca / Winter	FND / NDF	65.5 ± 0.8 <sup>bc</sup>	64.2 ± 0.6 <sup>c</sup>	67.4 ± 1.0 <sup>ab</sup>	69.3 ± 1.0 <sup>a</sup>
	FDA / ADF	46.5 ± 0.8 <sup>a</sup>	48.8 ± 0.4 <sup>a</sup>	48.6 ± 0.9 <sup>a</sup>	47.4 ± 1.4 <sup>a</sup>
	Lig	24.3 ± 0.6 <sup>a</sup>	24.7 ± 0.3 <sup>a</sup>	23.3 ± 1.5 <sup>a</sup>	23.8 ± 0.7 <sup>a</sup>

Para cada edad de rebrote en la temporada, medias en hileras seguidas por diferentes letras difieren estadísticamente ( $P \leq 0.0001$ ).

For each regrowth age within season, means in rows followed by different letters differ statistically ( $P \leq 0.0001$ ).

FND, FDA y Lig aumentaron con la edad en el momento de la cosecha en la temporada de lluvias. Aunque los valores de lignina son altos, esto se debe más al método analítico (FDA) que solubiliza más de la mitad de la lignina en los pastos tropicales, pero relativamente poco en leguminosas tropicales (Lowry, Conlan, Schlink, & McSweeney, 1994).

Se sabe que gran parte de la variación en los forrajes de calidad, además de las variaciones en condiciones ambientales (suelo, clima, fertilización), material genético y manejo, la proteína cruda es uno de los componentes más variables en los pastos (Juarez & Bolaños, 2007). Además, la PC tiene un patrón de comportamiento inverso al crecimiento de la planta, es decir, que disminuye con la edad, debido a una menor actividad metabólica de la planta y menor proporción de contenido celular, que es donde se encuentra la mayoría de la proteína vegetal. En los pastos, el contenido de FND se asocia con el crecimiento de forraje, pero en las leguminosas este efecto no es muy claro; por lo tanto, FND no cambia con la edad. En este sentido, Phengsavanh y Frankow-Lindberg (2013) al trabajar con cinco accesiones de leguminosas forrajeras, *Aeschynomene histrix* Poir. ex Benth. CIAT 17009, *Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth. CIAT 184, and *S. guianensis* CIAT 184

by accession, week or their interaction ( $P > 0.05$ ). The parameter 'a' was affected by week, accession x week and accession in the rainy, winter and dry seasons, respectively ( $P < 0.05$ ). Parameters 'b' and 'c' were only affected by accession in the dry season. The potential degradability (a + b) per accession and harvest age were very similar in the rainy and dry seasons, but with high variation in the winter season (Table 4).

The parameter "a" is consistent with values found for this species in an experiment which includes forage tree legumes. Others authors reported a value of 36 % for *C. argentea*, whereas other legumes presented a range from 29 to 60 % for this variable (Flores, Bolivar, Botero, & Ibrahim, 1998). Other researchers have reported similar values in tropical native woody legumes (Ceconello, Benezra, & Obispo, 2003). Also, degradation rate values (c) coincide with the range of 7 to 8 %, reported by Flores et al. (1998). Figure 3 shows the degradation kinetics of dry matter (leaves + stems < 3 mm) in the rumen, according to the model of Ørskov and McDonald (1970), for accessions, harvest ages and seasons. During the rainy season, degradation per accession and per week has a very similar pattern, reaching for both cases a value of 66 and 65 %, respectively, at 72 h.



Composite and *Vigna unguiculata* L. Walp. CIAT 1088-4, sometidas a tres tratamientos de intervalos de cosecha (21, 30 y 45 días), encontraron que el contenido de PC fue mayor con el intervalo de cosecha más corto, mientras que lo contrario era cierto para el contenido de fibra (fibra cruda, fibra en detergente ácido y fibra en detergente neutro).

La edad de corte o cosecha tiene el mayor efecto en la calidad del forraje y esto no es la excepción en el caso de *C. argentea*. En el caso de la PC, a pesar de una variación moderada, en todos los casos siempre fue superior al 20 %, lo que representa un nivel más que aceptable para el ganado.

#### Cinética de degradación de la materia seca de hojas y tallos

En general, los parámetros del modelo de Ørskov y McDonald (1970): la fracción rápidamente degradable (a), fracción lentamente degradable (b), MS potencialmente degradable (fracciones a + b), y la tasa de degradación (c), no fueron afectadas por la accesión, semana o su interacción ( $P > 0.05$ ). El parámetro 'a' se vio afectado por semana, accesión x semana y accesión en la temporada de lluvias, invierno y secas, respectivamente ( $P < 0.05$ ). Los parámetros 'b' y 'c' sólo se vieron afectados por la accesión en la temporada de secas. La degradabilidad potencial (a + b) por accesión y edad de cosecha fueron muy similares en las temporadas de lluvia y seca, pero con alta variación en la temporada de invierno (Cuadro 4).

El parámetro 'a' es consistente con los valores encontrados para esta especie. Otros autores reportaron un valor de 36 % para *C. argentea*, mientras que otras leguminosas presentaron un rango de 29-60 % para esta variable (Flores, Bolívar, Botero, & Ibrahim, 1998). Otros investigadores han reportado valores similares en leguminosas nativas leñosas tropicales (Ceconello, Benezra, & Obispo, 2003). Además, los valores de la tasa de degradación (c) coinciden con el rango de 7 a 8 %, reportado por Flores et al. (1998).

La Figura 3 muestra la cinética de degradación de materia seca (hojas + tallos < 3 mm) en el rumen, de acuerdo con el modelo de Ørskov y McDonald (1970), para accesiones, edades de corte y épocas. Durante la temporada de lluvias, la degradación por accesión y por semana tiene un patrón muy similar, alcanzando en ambos casos, un valor de 66 y 65 %, respectivamente, a las 72 h. En el caso de nueve semanas se observa una degradación más acelerada en las primeras 6 h de incubación. En el invierno se tiene una ligera variación en accesiones y edad de cosecha. En el primer caso, las accesiones CIAT 18668 y 18676 se destacaron sobre el resto, mientras que para la edad de rebrote, la tendencia fue la esperada, y los valores de digestibilidad más altos se presentaron a las nueve semanas ( $R^2 = 0.96$ ), pero esta tendencia no correspondió con los resultados de FDN, FDA y Lig para el mismo periodo. En la temporada de secas, las tendencias fueron muy similares para las accesiones y las edades de cosecha (Cuadro 4).

In the case of nine weeks, a more accelerated degradation in the first 6 h of incubation is observed. Winter has a slight variation in accessions and harvest age. In the first case, the accessions CIAT 18668 and 18676 stood out over the rest, while for regrowth age the trend was as expected, and higher digestibility values were presented at nine ( $R^2 = 0.96$ ) weeks, but this trend did not match the results of NDF, ADF and Lig for the same period. In the dry season, the trends were very similar for accessions and harvest ages (Table 4).

During the rainy and dry seasons, 48 h *in situ* DM degradability values for both accessions and regrowth ages were above 60 %. Values lower than 35 % in leaves of *C. argentea* harvested every three months were reported by Suárez, Carrulla, and Velásquez (2008a).

Performance of the accessions at the mentioned periods differed markedly during the winter season, where both the accessions and harvest ages showed considerable variation. In the case of the accessions, the range was from 37 to 65 %, while by season it was from 45 to 80 %.

Agroforestry systems offer a sustainable alternative to increase plant biodiversity, and increase animal production levels with reduced dependence on external inputs. The high forage yield and quality of *C. argentea* during the dry season represent an alternative to the use of commercial concentrates, resulting in significant savings for small producers in the Mexican tropics. A study developed by Holmann et al. (2002) reported that the use of *C. argentea* in a cut-and-carry system reduced the economic cost to produce milk and meat by 13 % when this legume is offered as the only supplement at milking time.

#### CONCLUSIONS

*Cratylia argentea* is a reliable forage resource for the dry season in silvopastoral systems, mainly for its high performance in this season. Forage production increased as the ages of regrowth also increased. The absence of effects of accession and its interaction with season and/or week indicate that accessions behaved similarly during the trial. The quality of the materials evaluated suggests their use in the early ages of regrowth (nine to 12 weeks), and their high content of CP and digestibility observed in the rainy and dry seasons show the great potential of the accessions evaluated; however, one should take into account that the high lignin content could result in an inefficient or limited availability of crude protein, especially for herds with high protein requirements, such as dairy cattle and growing animal.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Project Support Program for Research and Technological Innovation (PAPIIT) grant (Project number IN202410), funded by the National University of Mexico.

CUADRO 4. Parámetros para la ecuación de Ørskov, de las cuatro accesiones de *Cratylia argentea* y cuatro edades de rebrote, durante la temporada de lluvias, invierno y seca de 2007-2008, obtenidos como medias de mínimos cuadrados.

TABLE 4. Parameters for the Ørskov equation, of the four *Cratylia argentea* accessions and four regrowth ages, during the rainy winter and dry season of 2007-2008, obtained as least square means.

Temporada / Season	Accesión/edad / Accession/age	Parámetros de la ecuación de Ørskov / Parameters of the Ørskov equation				
		a	b	c	DER / RSD	R <sup>2</sup>
Lluvia / Rainy	CIAT 18516	28.58 <sup>a**</sup>	39.00 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	4.82 <sup>a</sup>	0.89 <sup>ab</sup>
	CIAT 18666	29.61 <sup>a</sup>	39.91 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	3.79 <sup>a</sup>	0.93 <sup>a</sup>
	CIAT 18668	28.99 <sup>a</sup>	34.67 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	4.52 <sup>a</sup>	0.89 <sup>b</sup>
	CIAT 18676	30.44 <sup>a</sup>	37.41 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	3.84 <sup>a</sup>	0.93 <sup>ab</sup>
	6 semanas / weeks	28.79 <sup>b</sup>	42.35 <sup>a</sup>	0.04 <sup>b</sup>	4.33 <sup>a</sup>	0.92 <sup>a</sup>
	9 semanas / weeks	35.39 <sup>a</sup>	34.35 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	4.63 <sup>a</sup>	0.89 <sup>a</sup>
	12 semanas / weeks	28.38 <sup>bc</sup>	36.48 <sup>b</sup>	0.04 <sup>b</sup>	4.40 <sup>a</sup>	0.91 <sup>a</sup>
	15 semanas / weeks	25.04 <sup>c</sup>	37.82 <sup>ab</sup>	0.07 <sup>a</sup>	3.59 <sup>a</sup>	0.94 <sup>a</sup>
Invierno / Winter	CIAT 18516	15.38 <sup>b</sup>	38.54 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	2.52 <sup>a</sup>	0.94 <sup>a</sup>
	CIAT 18666	15.83 <sup>b</sup>	33.50 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	2.14 <sup>a</sup>	0.94 <sup>a</sup>
	CIAT 18668	31.07 <sup>a</sup>	42.14 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	2.96 <sup>a</sup>	0.91 <sup>a</sup>
	CIAT 18676	25.38 <sup>ab</sup>	35.71 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	3.72 <sup>a</sup>	0.93 <sup>a</sup>
	6 semanas / weeks	---	---	---	---	---
	9 semanas / weeks	23.39 <sup>a</sup>	35.52 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	2.82 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>
	12 semanas / weeks	20.04 <sup>a</sup>	34.41 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	2.98 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>
	15 semanas / weeks	21.79 <sup>a</sup>	45.24 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup>	3.30 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>
Seco / Dry	CIAT 18516	32.65 <sup>a</sup>	32.56 <sup>b</sup>	0.06 <sup>ab</sup>	2.42 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>
	CIAT 18666	29.53 <sup>b</sup>	34.48 <sup>ab</sup>	0.06 <sup>b</sup>	2.42 <sup>a</sup>	0.96 <sup>a</sup>
	CIAT 18668	28.95 <sup>b</sup>	37.39 <sup>a</sup>	0.06 <sup>a</sup>	2.18 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>
	CIAT 18676	32.62 <sup>a</sup>	31.03 <sup>b</sup>	0.05 <sup>c</sup>	2.21 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>
	6 semanas / weeks	31.18 <sup>a</sup>	35.15 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	2.11 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>
	9 semanas / weeks	31.06 <sup>a</sup>	35.57 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	2.20 <sup>a</sup>	0.97 <sup>a</sup>
	12 semanas / weeks	31.0 <sup>a</sup>	31.67 <sup>b</sup>	0.06 <sup>a</sup>	2.15 <sup>a</sup>	0.94 <sup>a</sup>
	15 semanas / weeks	30.51 <sup>a</sup>	33.08 <sup>ab</sup>	0.06 <sup>a</sup>	2.77 <sup>a</sup>	0.94 <sup>a</sup>

DER: desviación estándar residual. \*\* Medias, en accesiones o edad de rebrote (columnas), seguidos por letras diferentes son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ). CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

RSD: Residual standard deviation. \*\* Means, at accessions or regrowth age (columns), followed by different letters are statistically different ( $P < 0.05$ ). CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

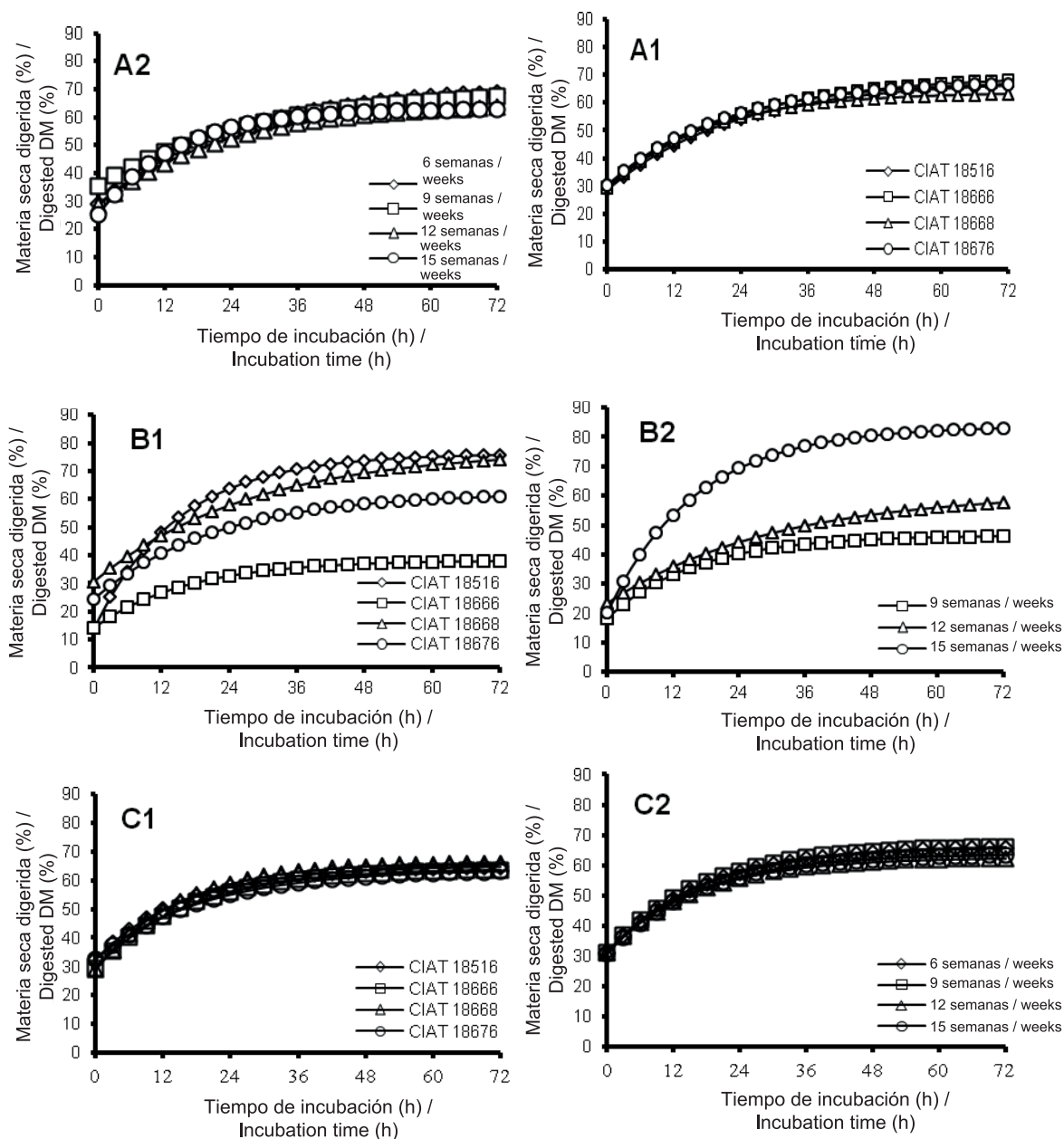


FIGURA 3. Degradación *in situ* de materia seca (MS) (%) de *Cratylia argentea* en tres temporadas climáticas (A = lluvia, B = invierno, C = seco), mediante accesiones (A1, B1, C1) y edades de corte (A2, B2, C2).

FIGURE 3. *In situ* dry matter (DM) degradation (%) of *Cratylia argentea* in three climatic (A = rainy, B = winter, C = dry) seasons, by accessions (A1, B1, C1) and by cutting ages (A2, B2, C2).

Durante las estaciones lluviosas y secas, los valores de degradabilidad *in situ* de la MS a 48 h, tanto para las accesiones como para las edades de rebrote estuvieron por encima del 60 %. Valores inferiores a 35 % en hojas de *C. argentea* cosechadas cada tres meses fueron reportados por Suárez, Carulla, y Velásquez (2008a).

El rendimiento de las accesiones en los periodos mencionados contrastó notablemente durante la temporada de invierno, donde tanto las accesiones como las edades de corte

mostraron una variación considerable. En el caso de las accesiones, el rango fue de 37 a 65 %, mientras que por temporada fue de 45 a 80 %.

Los sistemas agroforestales ofrecen una alternativa sostenible para aumentar la biodiversidad vegetal, y aumentar los niveles de producción animal con menor dependencia de insumos externos. El alto rendimiento y calidad del forraje de *C. argentea* durante la temporada de secas representa una alternativa para el uso de concentrados comerciales, lo que resulta en un ahorro significativo para los pequeños productores en el trópico mexicano. Un estudio desarrollado por Holmann et al. (2002) reportaron que el uso de *C. argentea* en un sistema de corte y acarreo reduce el costo económico para la producción de leche y carne en un 13 % cuando esta leguminosa se ofrece como único suplemento en el momento del ordeño.

## CONCLUSIONES

*Cratylia argentea* es un recurso forrajero confiable para la temporada de secas en los sistemas silvopastoriles, principalmente por su alto rendimiento en esta temporada. La producción de forraje se incrementó a medida que las edades de rebrote también aumentaron. La ausencia de efectos de la accesión y su interacción con la temporada o semana indican que las accesiones se comportaron de manera similar durante la prueba. La calidad de los materiales evaluados sugiere su uso en las primeras edades de rebrote (nueve a 12 semanas), y su alto contenido de PC y digestibilidad observada en las temporadas de lluvia y seca muestran el gran potencial de las accesiones evaluadas; sin embargo, hay que tener en cuenta que el alto contenido de lignina podría dar lugar a una disponibilidad limitada o ineficaz de proteína cruda, especialmente para los rebaños con altos requerimientos de proteína, como el ganado lechero y animales en crecimiento.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo recibió apoyo por parte del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PA-PIIT) con el número de proyecto IN202410, financiado por la Universidad Nacional Autónoma de México.

## REFERENCIAS

- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). *Official methods of analysis* (18 ed). Gaithersburg, MD, USA: Author.
- Andersson, M. S., Peters, M., Schultze-Kraft, R., Franco, L. H., & Lascano, C. E. (2006). Phenological, agronomic and forage quality diversity among germplasm accessions of the tropical legume shrub *Cratylia argentea*. *Journal of Agricultural Science*, 144, 237–248. doi:10.1017/S0021859606006034
- Bernal, B. L., Ávila, P., Ramírez, G., Lascano, C. E., Tiemann, T., & 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*. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal*, 16, 101–107. Obtenido de <http://www.bioline.org.br/pdf/la08014>
- Calvosa, C., Chuluunbaatar, D., & Fara, K. (2007). Livestock and climate change. Rome, Italy: International Fund for Agricultural Development (IFAD). Obtenido de <http://www.ifad.org/lrkm/factsheet/cc.pdf>
- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J., Solorio-Sanchez, F. J., Parsons, D., & Ramírez-Avilés, L. (2014). Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico. *Agroforestry Systems*, 88, 29–39. doi:10.1007/s10457-013-9652-7
- Cecconello, C. G., Benezra, S. M., & Obispo, E. N. (2003). Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrajeras leñosas en un bosque seco tropical. *Zootecnia Tropical*, 21, 149–165. Obtenido de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692003000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-72692003000200004&script=sci_arttext)
- Celis, P. G. A., Sánchez, G. H., & Parra, P. A. (2004). Calidad nutritiva de las arbustivas forrajeras *Malvaviscus arboreus*, *Codariocalyx gyroides* y *Cratylia argentea* en la zona de ladera de los Departamentos de Cauca y Valle, Colombia. *Revista CORPOICA*, 5, 56–59. Obtenido de [http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Revista/8ArbustivasForrajeras\\_pp56-59\\_RevCorpo\\_v5n1.pdf](http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Revista/8ArbustivasForrajeras_pp56-59_RevCorpo_v5n1.pdf)
- Dagang, A. B. K., & Nair, P. K. R. (2003). Silvopastoral research and adoption in Central America: Recent findings and recommendations for future directions. *Agroforestry Systems*, 59, 149–155. doi: 10.1023/A:1026394019808
- Enríquez, Q. J. F., Hernández, G. A., Pérez, P. J. A., Quero, C. A. R., & Moreno, C. J. G. (2003). Densidad de siembra y frecuencias de corte en el rendimiento de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en el sur de Veracruz. *Técnica Pecuaria en México*, 41, 75–84. Obtenido de <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200303285853.pdf>
- Flores, O. I., Bolívar, D. M., Botero, J. A., & Ibrahim, M. A. (1998). Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de ruminantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*, 10, 1–5. Obtenido de <http://www.lrrd.org/lrrd10/1/cati101.htm>
- García, M. D. E., Medina, R. M. G., Clavero, C. T., Cova, J. L., Domínguez, C., & Baldizan, A. (2008). Caracterización nutritiva del follaje de seis especies forrajeras con énfasis en sus perfiles polifenólicos. *Revista Científica FCV-LUZ*, 18, 188–196. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/959/95918211.pdf>
- Holmann, S. F., Lascano, A. C., & Plazas, B. C. (2002). Evaluación ex-ante de *Cratylia argentea* en sistemas de producción de doble propósito en el Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales*, 24, 2–11. Obtenido de <http://tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/pages/view/Pasturas>
- Juárez, H. J., & Bolaños, E. D. (2007). Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. *Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo*, 23,



- 81–90. Obtenido de [http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/uciencia/junio\\_2007/9%20-%20190UC.pdf](http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/uciencia/junio_2007/9%20-%20190UC.pdf)
- Lobo, M., & Acuña, V. (2004). Effect of regrowth age and cutting height on productivity of *Cratylia argentea* cv. Veraniega. In F. Holmann, & C. Lascano (Eds), *Feeding systems with forage legumes to intensify dairy production in Latin America and the Caribbean* (pp. 54–58). Cali, Colombia: CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Tropileche Consortium; Addis Ababa, Ethiopia: SLP (System-wide Livestock Programme); Nairobi, Kenya: ILRI (International Livestock Research Institute). Obtenido de <http://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/830/Tropileche.pdf?sequence=1>
- Lowry, J. B., Conlan, L. L., Schlink, A. C., & McSweeney, C. S. 1994. Acid detergent dispersible lignin in tropical grasses. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 65, 41–49. doi: 10.1002/jsfa.2740650108
- Mahecha, L. L., & Angulo, J. (2012). Nutrient management in silvopastoral systems for economically and environmentally sustainable cattle production: A case study from Colombia. In J. Whalen (Ed.), *Soil fertility improvement and integrated nutrient management - a global perspective* (pp. 201–216).
- Motulsky, H., & Christopoulos, A. (2003). Fitting models to biological data using linear and nonlinear regression. GraphPad PRISM v. 4.0. A practical guide to curve fitting. San Diego, CA, USA: GraphPad Software Inc. Obtenido de <http://www.graphpad.com/manuals/Prism4/RegressionBook.pdf>
- Narváez, V. N., & Lascano, A. C. (2004). Caracterización química de especies arbóreas tropicales con potencial forrajero en Colombia. *Pasturas Tropicales*, 26, 66–74. <http://tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/pages/view/Pasturas>
- Olivares, P. J., Jiménez, G. R., Rojas, H. S., & Martínez, H. P. A. (2005). Uso de las leguminosas arbustivas en los sistemas de producción animal en el trópico. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 6(5), 1–19. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617216006>
- Ørskov, E. R., & McDonald, I. (1970). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 92, 499–503. doi: 10.1017/S0021859600063048
- Ørskov, E. R., Hovell, De B. F. D., & Mould, F. (1980). The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production*, 5, 195–213. Obtenido de [http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/tap53/53\\_1.pdf](http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/tap53/53_1.pdf)
- Phengsavanh, P., & Frankow-Lindberg, B. E. (2013). Effect of harvesting interval on biomass yield and nutritive value of five tropical forage legumes (*Aeschynomene histrix* 'BRA 9690', *Canavalia brasiliensis* 'CIAT 17009', *Stylosanthes guianensis* 'CIAT 184' and 'Composite' and *Vigna unguiculata* 'CIAT 1088-4') in Lao PDR. *Grassland Science*, 59(2), 80–86. doi: 10.1111/grs.12017
- Plazas, B. C. H., & Lascano, A. C. (2005). Utilidad de *Cratylia argentea* en ganaderías de doble propósito del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales*, 27, 65–72. Obtenido de <http://tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/pages/view/Pasturas>
- Rodríguez, P. I., & Guevara, D. E. (2002). Producción de materia seca y valor nutritivo de la leguminosa arbustiva *Cratylia argentea* en el sur del estado Anzoátegui, Venezuela. *Revista Científica FCV-LUZ*, 12(2), 589–594. Obtenido de [http://www.saber.ula.ve/revistacientifica/n12/pdfs/articulo\\_56.pdf](http://www.saber.ula.ve/revistacientifica/n12/pdfs/articulo_56.pdf)
- Santana, R. M. O., & Medina, S. M. (2005). Producción de materia seca y calidad forrajera de *Cratylia argentea* (Desv.) O. Kuntze bajo tres alturas y edades de corte en bosque húmedo tropical. *Livestock Research for Rural Development*, 17(10). Consultado 17-02-2010 en <http://www.lrrd.org/lrrd17/10/sant17116.htm>
- Shelton, M. (2000). Tropical forage tree legumes in agroforestry systems. *Unasylva*, 51, 25–32. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/x3989e/x3989e05.pdf>
- Solorio, S. F. J., Armendariz, Y. I., & Ku, V. J. (2000). Chemical composition and in vitro dry matter digestibility of some fodder trees from South-east México. *Livestock Research for Rural Development*, 12(4). Consultado 22-03-2013 en <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd12/4/solo124a.htm>
- Sosa, R. E., Cabrera, T. E., Pérez, R. D., & Ortega, R. L. (2008). Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México*, 46, 413–426. Obtenido de <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200810022003.pdf>
- Statistical Analysis System (SAS). (1999). *SAS/STAT User's Guide. Release 8.0 Edition*. Cary, USA: Autor.
- Sturm, C. D., Tiemann, T. T., Lascano, C. E., Kreuzer, M., & Hess, H.D. (2007). Nutrient composition and *in vitro* ruminal fermentation of tropical legume mixtures with contrasting tannin contents. *Animal Feed Science and Technology*, 138, 29–46. doi: 10.1016/j.anifeeds.2006.11.008
- Suárez, S. J. C., Carulla, F. J. E., & Velásquez, R. J. (2008a). Composición química y digestibilidad *in Vitro* de algunas especies arbóreas establecidas en el piedemonte Amazónico. *Zootecnia Tropical*, 26, 231–234. Obtenido de [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_ci/ZootecniaTropical/zt2603/pdf/suarez\\_j2.pdf](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt2603/pdf/suarez_j2.pdf)
- Suárez, S. J. C., Ramírez, P. B., & Velásquez, R. J. (2008b). Comportamiento agrónomo de cinco especies forrajeras bajo el sistema de corte y acarreo en suelos de terraza y mesón en el piedemonte amazónico colombiano. *Zootecnia Tropical*, 26, 347–350. Obtenido de [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_ci/ZootecniaTropical/zt2603/pdf/suarez\\_j.pdf](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt2603/pdf/suarez_j.pdf)
- Toledo, M. J., & Schultze-Kraft, R. (1982). Metodología para la evaluación agrónoma de pastos tropicales. En J. M. Toledo (Ed.), *Manual para la evaluación agrónoma* (pp. 91–111). Cali, Colombia: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales-Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Van Soest, P. J. (1963). Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 46, 829–835.