

ARTÍCULO CIENTÍFICO

**EFFECTO DE LA FRECUENCIA DE CORTE Y LA PRECIPITACIÓN EN EL  
RENDIMIENTO DE *Cratylia argentea* ORGÁNICA**

Michael López-Herrera<sup>1</sup>, Ernesto Briceño-Arguedas<sup>2</sup>

**RESUMEN**

---

Esta investigación tuvo como objetivo, analizar el efecto de la edad de cosecha y la estación climática al momento de la cosecha, sobre el rendimiento de la *Cratylia argentea* Cv. Veraniega en un sistema de manejo orgánico, desde marzo de 2014 hasta abril 2015. Para este fin se utilizó un diseño irrestricto al azar con arreglo factorial, donde se aleatorizaron tres edades de cosecha del forraje (60, 75 y 90 días) y dos estaciones (lluviosa y seca) en parcelas de 50 m<sup>2</sup>. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones. La edad de cosecha y la estación climática influyen en la producción de materia seca y en la composición nutricional del forraje. Conforme aumenta la edad del forraje se incrementa la cantidad de materia seca producida por hectárea; sin embargo, aunque aumenta la cantidad de biomasa producida por hectárea, la calidad de la misma es inferior, ya que, conforme aumenta la edad de cosecha se reduce la cantidad de proteína y la digestibilidad del forraje, además se da un incremento de los componentes de la fibra, los cuales son menos aprovechables por el animal. La degradabilidad de la proteína fue afectada por la edad de cosecha y por la estación climática, los valores oscilaron entre 79 – 91 %/h. A pesar de esto, el forraje de *Cratylia argentea* bajo manejo orgánico, posee un adecuado contenido de nutrimentos para ser utilizado en dietas de animales rumiantes, ya que permite sostener producciones de 3,01 – 3,26 kg de leche/vaca/día por cada 10 kg de material fresco de acuerdo al requerimiento de proteína cruda.

**Palabras clave:** Forrajes, Nutrición de Rumiantes, Sistemas silvopastoriles, Bancos de proteína, Agricultura orgánica, Clima

---

<sup>1</sup>Universidad de Costa Rica. Centro de Investigación en Nutrición Animal y Escuela de Zootecnia. Autor para correspondencia: [michael.lopez@ucr.ac.cr](mailto:michael.lopez@ucr.ac.cr)

<sup>2</sup>Finca Agroecológica Siempreverde. Autor para correspondencia: [ebriceno@fincasiempreverde.com](mailto:ebriceno@fincasiempreverde.com)

**ABSTRACT**

---

**Effect of cutting frequency and rainfall on organic *Cratylia argentea* performance.**

The objective of this research was to analyze the effect of cutting frequency and rainfall on the performance of *Cratylia argentea* Cv. Veraniega in organic management, from March 2014 until April 2015. For this purpose we used a randomized design factorial arrangement where three ages forage harvesting (60, 75 and 90 days) and two climate seasons (rain and dry) were randomized in plots of 50 m<sup>2</sup>. Each treatment had three replicates. Cutting frequency and rainfall influence the production of dry matter and nutrient composition of the forage. As it increases the age of fodder, the amount of dry matter produced per hectare is increased, however, while increasing the amount of biomass produced per hectare, quality is inferior, since, with increasing age harvest reduces the amount of protein forage digestibility and also an increase in fiber components are given, which are less digestible by the animal. Protein degradability was affected by the cutting frequency and season, the values ranged from 79 – 91 %/h. Despite this, *Cratylia argentea* forage under organic management, have adequate nutrient content to be used in diets for ruminants, allowing support productions from 3.01 to 3.26 kg of milk / per 10 kg fresh material according to the requirement of crude protein.

**Keywords:** Forage, Ruminant Nutrition, Silvopastoral Systems, Protein plots, Organic farming, Climate

## **INTRODUCCIÓN**

---

El uso de las leguminosas se ha extendido, como una estrategia para reducir el uso de alimentos balanceados de alto costo; en los sistemas de producción del trópico (Tobía et al., 2004). Se plantean el uso de las leguminosas con sistemas de corte y acarreo, en sistemas silvopastoriles: como bancos de proteína o cercas vivas (Pezo e Ibrahim, 1998), aunque también se utilizan plantaciones de leguminosas forrajeras, en monocultivo o asociadas para conservar mediante la técnica del ensilaje (Tobía et al., 2004).

El uso de especies arbóreas y arbustivas leguminosas como complemento alimenticio de dietas con base en pastos, es una actividad común en América latina, África y Australia (Devendra, 1995). El uso de leguminosas permite aumentar la cantidad de proteína, ya que posee mayor concentración de esta fracción, con respecto al pasto utilizado como base de la dieta (Holmann y Lascano, 2001). Las concentraciones de proteína de los árboles utilizados tradicionalmente en la alimentación de rumiantes presentan niveles de 12 a 30%, valores altos en comparación con pastos maduros que oscilan entre 3 y 10% (Devendra y Pezo, 2001).

La *Cratylia* surge como una alternativa para uso en sistemas de producción ganadera en el trópico, debido a su capacidad de establecimiento en suelos ácidos de baja fertilidad, rápido rebrote, fácil propagación y resistencia a las sequías (Hess et al., 2004). Sin embargo, se desconoce el contenido nutricional de este forraje en condiciones de manejo orgánico certificado. De acuerdo a Younie (2001), las leguminosas son la principal fuente de forraje de calidad para los rumiantes en sistemas orgánicos, debido a su aporte de nitrógeno y materia orgánica al suelo y al alto aporte de proteína que realizan en las dietas de los rumiantes.

Así, el objetivo de esta investigación se enfoca en conocer la composición bromatológica del forraje de *Cratylia argentea*, bajo manejo orgánico certificado, de acuerdo a su edad de cosecha y a la estación climática en el año.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

---

Los forrajes para el experimento fueron obtenidos de la finca Agroecológica Siempreverde ubicada en el cantón de Upala a 120 - 180 msnm, con una precipitación promedio de 2500 mm anuales y una temperatura promedio de 25 °C. La misma es una finca orgánica certificada, por lo que los forrajes utilizados son 100% orgánicos certificados. La parte experimental se llevó a cabo en el Centro de Investigaciones en Nutrición Animal (CINA) de la Universidad de Costa Rica, ubicado en San Pedro de Montes de Oca. El período de muestreo abarcó desde marzo de 2014 hasta abril de 2015, con la finalidad de obtener mayor cantidad de muestras de la estación seca.

El material evaluado fue obtenido de una plantación con 4 años de establecida y 2 años de manejo orgánico certificado, de *Cratylia argentea* Cv. Veraniega, con una densidad de 10.000 plantas/hectárea. En el manejo del forraje se utiliza compost (250g/planta, 4 veces al año), además se agregan microorganismos cultivados de manera artesanal y se realiza encalado cuando el análisis de suelos lo indica, finalmente el control de arvenses se realiza de manera manual. La cosecha del material se realiza a los 60 cm de altura, en cada planta.

El experimento constó de un diseño irrestricto completamente aleatorizado, con arreglo factorial (3x2), donde se definieron tres edades de cosecha (60, 75 y 90 días) y dos tipos de condiciones climáticas (seco y lluvioso). Cada tratamiento se repitió por triplicado en parcelas de 50 m<sup>2</sup>. El material fue cortado de acuerdo al tratamiento asignado, en ese momento se realizó el pesaje para determinar la producción de biomasa por planta y estimando la producción de biomasa por hectárea/año. De cada tratamiento se tomaron 3 muestras para composición nutricional, las cuales fueron llevadas al laboratorio para su análisis.

A las muestras para composición nutricional se les analizó el porcentaje de materia seca (MS) en estufa a 60 °C durante 48 horas y el de proteína cruda (PC) mediante el método de Kjeldahl, extracto etéreo (EE) y cenizas (AOAC 1998), carbohidratos no fibrosos (CNF), (NRC, 2001), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina (Van Soest y Robertson 1985). La degradabilidad de la proteína se estimó utilizando las ecuaciones propuestas por Yang y Agnew (2004) y la

digestibilidad in vitro de la materia seca se determinó utilizando la metodología descrita por Tilley y Terry (1963).

Para el análisis de la información, se utilizó un modelo ANOVA de INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2013), de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$y_{ijk} = \mu + C_i + E_j + (C \times E)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

y = es la variable de respuesta obtenida de la ecuación.

$\mu$  = es la media general

C = es el efecto i esimo de la edad de cosecha del forraje.

E = es el efecto j esimo de la estación climática

CxE = es el efecto ij esimo de la interacción entre la estación y la edad de cosecha

$\varepsilon$  = Término de error, donde  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$

Cuando se determinó significancia de los efectos principales, la comparación entre medias posteriores se realizó mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0,05.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

---

### **Producción de biomasa**

Se encontró que la producción de material fresco (MF)/planta/corte, fue afectada significativamente por la edad de corte del forraje ( $p < 0,0001$ ) y por la estación climática en el año ( $p < 0,0442$ ). Estos efectos coinciden con los encontrados por Santana y Medina, (2005), quienes trabajaron evaluando la productividad de la *Cratylia*. El promedio de producción de parcelas fue menor cuando al edad de corte fue de 60 días (507,8 g MF/planta/corte), mientras que a edades de 75 y 90 días se obtuvo mayor producción (914,3 y 976,9 g MF/planta/corte, respectivamente), aunque no hubo diferencias entre ellas (Cuadro 1). Estas diferencias se deben a un mayor crecimiento del tejido de la planta lo que se traduce en una mayor cantidad de biomasa (Reyes et al., 2007).

Cuadro 1. Producción de biomasa de *Cratylia argentea* a tres niveles de edad de corte. Upala, Costa Rica. 2016

	Edad de corte (días)					
	60 días		75 días		90 días	
	lluvioso	seco	lluvioso	seco	lluvioso	seco
g MF/planta/corte	522,58 <sup>ab</sup>	492,99 <sup>a</sup>	1015,83 <sup>c</sup>	812,71 <sup>bc</sup>	1044,76 <sup>c</sup>	909,10 <sup>c</sup>
g MS/planta/corte	115,04 <sup>a</sup>	108,14 <sup>a</sup>	219,09 <sup>bc</sup>	202,53 <sup>b</sup>	271,87 <sup>c</sup>	241,39 <sup>bc</sup>
kg MF/ha/año	31354 <sup>a</sup>	29579 <sup>a</sup>	50791 <sup>b</sup>	40635 <sup>ab</sup>	41790 <sup>ab</sup>	36363 <sup>ab</sup>
kg MS/ha/año	6302 <sup>a</sup>	6488 <sup>a</sup>	10954 <sup>b</sup>	10126 <sup>b</sup>	10874 <sup>b</sup>	9655 <sup>b</sup>

Letras distintas en la misma fila son diferentes ( $p < 0,05$ )

En lo que respecta a la estación climática, la producción, fue mayor en la estación lluviosa (861,1 g MF/planta/corte) con respecto a la producción en la estación seca. Esto se debe a que durante la estación lluviosa ocurre un mayor crecimiento de las plantas, debido a que se propicia una mayor extracción de nutrimentos del suelo, además ocurre una mayor extracción de agua, la cual se deposita en los tejidos internos de la planta.

Por su parte, la producción de materia seca/planta/corte en la parcelas presentó diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ), debidas a la edad de corte del forraje, de esta manera, cuando se aumentó la edad de cosecha de los rebrotes, así aumentó la cantidad de materia seca producida por cada planta. El promedio materia seca producida a 60 días fue de 106,6 g MS/planta/corte, además el promedio de producción a los 75 días fue de 210,81 g MS/planta/corte y de 256,6 g MS/planta/corte a los 90 días. Esto coincide con lo descrito por Enríquez-Quiroz et al., (2003), quienes encontraron mayores producciones de materia seca conforme se incrementa la edad de cosecha del forraje.

En este caso, la estación climática no afectó la producción de materia seca por planta de las parcelas evaluadas (Figura 1), lo que contradice lo encontrado por Andersson et al., (2006), donde se encontraron diferencias promedio de 73 g MS/planta/corte, a favor de la estación lluviosa, con respecto a la estación seca. Esto puede ser debido a la presencia de agua en el suelo, ya que en la zona donde se desarrolló el experimento sólo hay 2 meses de estación seca, donde ocurren precipitaciones esporádicas, sumado a la incorporación de materia orgánica en el suelo, lo que permite aumentar la retención de

agua en el suelo y finalmente unido a la gran adaptación de la *Cratylia* a los momentos de escasez de agua; permitieron a las plantas mantener una adecuada producción de materia seca.

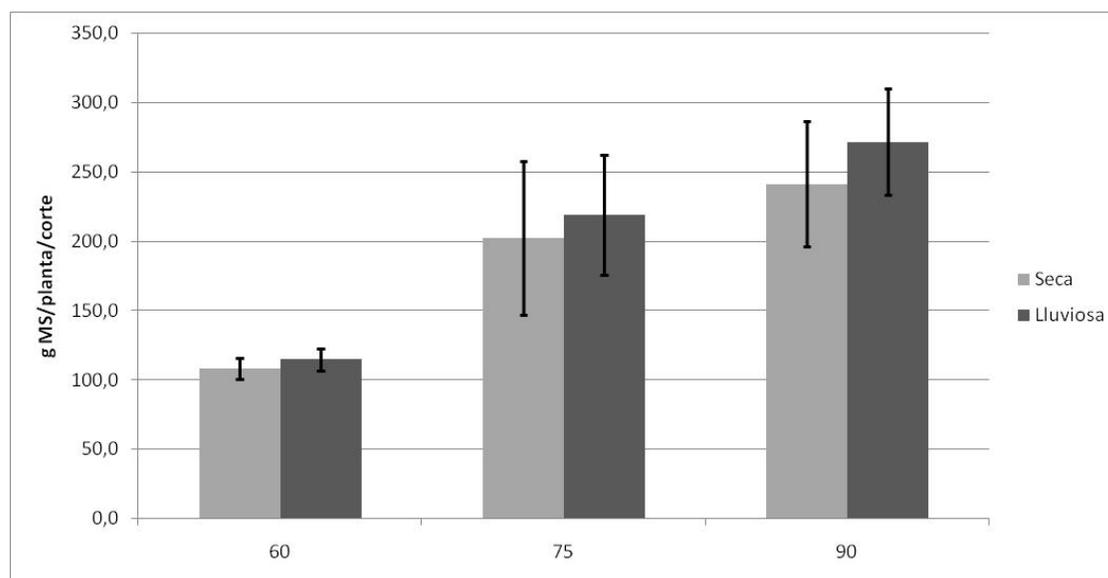


Figura 1. Producción de materia seca (g MS/planta/corte) de *Cratylia argentea*, de acuerdo a la edad de corte y a la estación climática. Upala, Costa Rica. 2016

Los valores de producción de materia seca de las parcelas donde se cosechó el forraje cada 60 días fueron menores que los valores obtenidos por Rodríguez y Guevara, (2002) (125,6 g MS/planta/corte) y Plazas y Lascano, (2005) (201,0 g MS/planta/corte), para la misma edad de cosecha. Sin embargo, a 75 días de edad de cosecha los valores obtenidos en esta investigación fueron mayores que los valores reportados en el trabajo de Plazas y Lascano (2005) (196,0 g MS/planta/corte). Cuando se compararon a los valores obtenidos por Santana y Medina (2005) con *Cratylia* cosechada a 60 y 90 días (120 y 214 g MS/planta/corte, respectivamente), se puede observar que los valores obtenidos en esta investigación son menores a los 60 días, pero mayores a los 90 días.

### **Materia seca y componentes celulares**

**Materia Seca.** La concentración de materia seca presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), debido a la interacción entre la edad de corte del forraje y la estación climática (Cuadro 2). De esta manera, conforme se incrementó la edad de cosecha del forraje, así aumentó el contenido de materia seca, esto debido a un efecto de madurez del forraje, donde el tejido es menos succulento y pasa a ser más seco y fibroso (Reyes et al., 2007). La diferencia encontrada es de 4,43 puntos porcentuales más de materia seca a los 90 días de cosecha con respecto a los 60 días de cosecha del rebrote.

Con respecto a la estación climática, los valores más altos de materia seca se obtuvieron en la estación seca, cerca de 3,97 puntos porcentuales más que en la estación lluviosa, este cambio en el contenido de materia seca se debe a que durante la estación seca se da una menor precipitación y una mayor transpiración de la planta, motivo por el cual se reduce la cantidad de agua en los tejidos de la planta, lo que aumenta el contenido de materia seca del forraje (Paulsen, 1994).

Los valores de materia seca encontrados en esta investigación oscilaron entre 19,50 – 26,93% (Cuadro 2), estos valores fueron menores a los encontrados por Heinritz et al., (2012) (27,1%) y a los encontrados por Santana y Medina, (2005) (32,5 – 33,4%) con forrajes cosechados a los 60 y 90 días. Mientras que Zhou et al., (2011) encontraron un valor de materia seca cercano a los obtenidos en esta investigación (25,98%). Estas diferencias pueden ser debidas a condiciones ambientales, de suelo y tipo de cultivar utilizado en cada experimento.

**Proteína Cruda.** El contenido de proteína de los materiales se ve afectado por la interacción entre la edad de cosecha del forraje y la estación climática ( $p < 0,05$ ). Así, el contenido de esta fracción disminuye de forma inversamente proporcional al aumento en la edad de cosecha del forraje (Cuadro 2). Esto coincide con los hallazgos de Reyes et al., (2007) quienes encontraron la misma disminución conforme se incrementó la edad del forraje.

Cuadro 2. Contenido de materia seca y demás componentes celulares, del forraje de *Cratylia argentea* a tres diferentes edades de corte y a la estación climática. San José, Costa Rica 2014.

<b>Edad de corte</b> <b>Estación climática</b>	<b>MS</b> <b>(%)</b>	<b>PC</b> <b>(% MS)</b>	<b>EE</b> <b>(% MS)</b>	<b>Cenizas</b> <b>(% MS)</b>	<b>CNF</b> <b>(% MS)</b>
<i>60 días</i>					
Seca	24,43 <sup>b</sup>	15,38 <sup>bc</sup>	4,72 <sup>b</sup>	8,64	13,29 <sup>b</sup>
Lluviosa	19,50 <sup>a</sup>	19,55 <sup>d</sup>	3,74 <sup>ab</sup>	8,89	11,78 <sup>b</sup>
<i>75 días</i>					
Seca	26,83 <sup>b</sup>	13,05 <sup>a</sup>	3,81 <sup>ab</sup>	9,45	10,15 <sup>b</sup>
Lluviosa	20,88 <sup>a</sup>	17,06 <sup>c</sup>	3,55 <sup>a</sup>	8,04	13,12 <sup>b</sup>
<i>90 días</i>					
Seca	26,93 <sup>b</sup>	13,08 <sup>a</sup>	3,05 <sup>a</sup>	8,99	7,35 <sup>a</sup>
Lluviosa	25,88 <sup>b</sup>	14,74 <sup>ab</sup>	3,44 <sup>a</sup>	8,63	7,51 <sup>a</sup>
<i>Valor de P</i>					
Edad de corte (E)	-	-	-	-	0,0131
Est. climática (C)	-	-	-	-	-
ExC	0,0080	0,0443	0,0379	-	-

<sup>a,b</sup> Valores en la misma columna con diferentes letras son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ) MS (materia seca), PC (proteína cruda), EE (extracto etéreo), CNF (carbohidratos no fibrosos).

Al contrario del contenido de materia seca, los valores más altos de proteína cruda se alcanzaron en la estación lluviosa (17,12% MS), mientras que los valores más bajos fueron obtenidos en la estación seca (13,83% MS). Considerando que la fertilización orgánica podría limitar el desempeño productivo de las plantas (Soria, 2003) principalmente por menor disponibilidad del nitrógeno, se ha encontrado que las leguminosas tienen la capacidad de mantener un adecuada productividad, aún cuando están en condiciones de limitación de nitrógeno (Rondon et al., 2007), debido a mecanismos de adaptación propios de cada especie (Weigelt et al., 2005). Sumado a lo anterior, se ha determinado que en los momentos de mayor precipitación la humedad en el suelo permite una mayor cantidad de nitrógeno disponible para las plantas, con respecto a los momentos de estación seca (Saetre y Stark, 2005); esto podría explicar las diferencias obtenidas en este experimento.

La concentración de proteína cruda de los forrajes en las parcelas, varió entre 13,05 – 19,55% MS, estos valores son menores a los obtenidos por Reyes et al., (2007) (19,89 – 21,92% MS) y los obtenidos por Plazas y Lascano (2005) (18,30 – 26,63% MS). Aunque los valores correspondientes a 60 y 75 días de rebrote en estación lluviosa fueron mayores que la concentración de proteína cruda reportada por Sánchez y Ledin (2006) (17,73% MS) y Zhou et al., (2011).

Cuando se utilizan las ecuaciones establecidas por Yan y Agnew (2004) para estimar la tasa de degradación de la proteína de los forrajes en el rumen, se observa que la misma fluctúa entre 80,0 – 90,0% de acuerdo a como se describe en el Cuadro 3. Estos autores señalan que la degradabilidad de la proteína a una tasa de pasaje de 0,02/h (consumo 1x) en un forraje aumenta conforme la concentración de proteína en el material aumenta, tal y como ocurre con estos materiales. La tasa de degradación estimada de la proteína es influenciada por la interacción entre la edad de corte del forraje y la estación del año, de esta manera conforme aumenta la edad del forraje así disminuye la degradabilidad de la proteína, además la degradabilidad, es 2 – 3 puntos porcentuales mayor en la estación lluviosa, con respecto a la estación seca.

Al realizar una simulación del potencial de producción que tendrían los forrajes a las diferentes edades, estimado con base en el contenido de PC y el consumo de material verde del forraje, además se cotejó contra los requerimientos establecidos en NRC (2001). De esta manera, cuando el forraje se cosecha a 60 días y se suplementa a los animales con 10 kg de forraje/día, se podría esperar una producción de 3,21 – 3,26 kg leche/vaca/día, tanto en estación seca como en la lluviosa. Mientras que cuando se cosecha el forraje a 90 días y se ofrece a los animales los mismos 10 kg de forraje/día, se podría esperar una producción de 3,01 – 3,26 kg leche/vaca/día, tanto en estación seca como en la lluviosa.

**Extracto etéreo.** Para esta variable, la interacción entre la edad de cosecha del forraje y la estación climática fue la que generó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los forrajes obtenidos (Cuadro 2). La edad de corte del forraje donde se presentó mayor contenido de extracto etéreo fue la de 60 días en la estación seca, mientras que las que mostraron menor concentración de esta fracción, fueron los materiales cosechados a 90 días, en ambas estaciones y los materiales cosechados a 75 días, en la estación lluviosa, sin

diferencias entre ellos. Los valores obtenidos en esta investigación fueron mayores a los obtenidos por Zhou et al., (2011) (2,98% MS), para forrajes de esta leguminosa.

Cuadro 3. Estimación de la degradabilidad de la proteína de acuerdo a la tasa de pasaje, del forraje de *Cratylia agatea* a tres diferentes edades de corte. San José, Costa Rica 2014.

Edad de corte (días)	Estación climática	Tasa de pasaje % h <sup>-1</sup>	
		0,02	0,08
60	Seco	89 <sup>bc</sup>	81 <sup>bc</sup>
	Lluvioso	91 <sup>a</sup>	84 <sup>a</sup>
75	Seco	86 <sup>d</sup>	79 <sup>d</sup>
	Lluvioso	90 <sup>ab</sup>	82 <sup>ab</sup>
90	Seco	86 <sup>d</sup>	79 <sup>d</sup>
	Lluvioso	88 <sup>c</sup>	81 <sup>c</sup>

<sup>a,b</sup> Valores en la misma columna con diferentes letras son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ )

**Cenizas.** No hubo fuentes de variación, que generaran diferencias significativas entre los forrajes (Cuadro 2). Los valores obtenidos en esta investigación son mayores a los reportados en el trabajo de Hess et al., (2006) (7,5% MS), aunque menores a los encontrados por Zhou et al., (2011) (9,25% MS) y Sánchez y Ledin (2006) (9,01% MS), estas diferencias pueden ser debidas a condiciones de tipo de suelo y cantidad de nutrimentos disponibles para la planta.

**Carbohidratos no fibrosos.** Se determinó que esta fracción se ve influenciada por la edad de corte del forraje ( $p < 0,05$ ), donde los materiales cosechados a 90 días son diferentes a los forraje cosechados a 75 y 60 días, aunque no hay diferencias entre estos últimos (Cuadro 2). Los materiales cosechados a 90 días poseen menor concentración promedio de carbohidratos no fibrosos (7,43 % MS), con respecto a la cantidad promedio de esta fracción en los forrajes de 60 y 75 días (12,63 y 11,63% MS, respectivamente). Esto es coincidente como lo reportado en los trabajos de Buxton (1996) y de McEniry y O'Kiely (2013), donde se indica que conforme aumenta la edad del forraje se reduce la concentración de los componentes celulares, como los carbohidratos, lo que reduce la palatabilidad del forraje.

Los valores obtenidos en esta investigación son menores a los encontrados por Zhou et al., (2011) (20,14% MS), esto puede repercutir en el consumo del forraje por parte de los animales, ya que se ha determinado que los animales tienen preferencias entre las especies forrajeras que consumen, además que estas preferencias están dominadas por el contenido de carbohidratos presentes en las plantas (Mayland et al., 2000), lo que hace necesario el uso de fuentes con altos contenidos de carbohidratos en la ración o el deshidratado del material para aumentar la concentración de esta fracción en el forraje que vaya a ser consumido por los animales (Mühlbach, 2000).

### **Componentes de la pared celular y digestibilidad del forraje**

**Fibra en detergente neutro.** Esta fracción presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), debido a los efectos individuales de, la edad de corte del forraje y también debido a la estación climática al momento de la cosecha (Cuadro 4). Los forrajes cosechados a los 60 días fueron los que mostraron en promedio, menor contenido de fibra (57,01% MS), mientras que los forrajes cosechados a los 90 días, fueron los que presentaron mayor contenido de fibra (66,61% MS). Este aumento en el contenido de fibra podría afectar la producción, ya que se ha encontrado que un aumento en el contenido FDN podría afectar la capacidad de consumo por parte de los animales (Oba y Allen, 1999; Sánchez y Soto, 1998).

Los valores más altos promedio de fibra detergente neutro se alcanzaron en la estación seca (63,02% MS), mientras que los valores más bajos fueron obtenidos en la estación lluviosa (59,99% MS). Esto coincide con los resultados obtenidos en la investigación de Evitayani et al., (2004), donde se encontraron valores mayores de fibra en los forrajes de leguminosas cuando fue la estación seca, con respecto a la estación lluviosa o más húmeda.

El contenido de fibra en detergente neutro de los forrajes evaluados es mayor que los valores encontrados por Ibrahim et al., (2001) (50,7% MS), además son mayores que los valores de esta fracción reportados por Andersson et al., (2006) en estación seca y estación lluviosa (40,3 – 42,9% MS, respectivamente); sin embargo, cuando se comparan con los valores de fibra encontrados por Reyes et al., (2007) (48,5 – 56,71% MS) con forrajes cosechados a 60 y 90 días, se puede observar que los forrajes evaluados poseen valores similares cuando se cosecha a edades de 60 y 75 días, mientras que a los 90 días

se obtienen valores superiores de fibra, situación que podría limitar el consumo de materia seca, debido a un efecto de llenado físico del rumen (Oba y Allen, 1999; Ramírez et al., 2002).

Cuadro 4. Concentración de los componentes de la fibra y digestibilidad in vitro de la materia seca, del forraje de *Cratylia argentea* a tres diferentes edades de corte y a la estación climática. San José, Costa Rica 2014.

Edad de corte Estación climática	FDN (% MS)	FDA (% MS)	Lignina (% MS)	DIVMS (%)
<i>60 días</i>				
Seca	56,05 <sup>a</sup>	39,34 <sup>a</sup>	12,84 <sup>ab</sup>	50,25 <sup>ab</sup>
Lluviosa	57,98 <sup>ab</sup>	40,81 <sup>ab</sup>	11,90 <sup>a</sup>	55,98 <sup>c</sup>
<i>75 días</i>				
Seca	58,23 <sup>ab</sup>	42,88 <sup>abc</sup>	14,37 <sup>bc</sup>	48,55 <sup>a</sup>
Lluviosa	63,55 <sup>bc</sup>	43,52 <sup>bcd</sup>	13,40 <sup>ab</sup>	54,18 <sup>bc</sup>
<i>90 días</i>				
Seca	67,54 <sup>c</sup>	47,23 <sup>d</sup>	16,26 <sup>c</sup>	45,25 <sup>a</sup>
Lluviosa	65,68 <sup>c</sup>	45,35 <sup>cd</sup>	14,43 <sup>bc</sup>	50,03 <sup>ab</sup>
<i>Valor de P</i>				
Edad de corte (E)	0,0001	<0,0001	0,0003	0,0011
Est. climática (C)	0,0259	-	0,0087	0,0001
ExC	-	-	-	-

<sup>a,b</sup> Valores en la misma columna con diferentes letras son estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ). FDN (fibra detergente neutro), FDA (fibra detergente ácido), DIVMS (Digestibilidad in vitro de la materia seca).

**Fibra en detergente ácido.** Esta fracción de la fibra, presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), debido al efecto individual de la edad de corte del forraje; sin embargo, la estación climática no originó diferencias significativas (Cuadro 4). Los forrajes cosechados a los 60 días fueron los que mostraron en promedio, menor contenido de fibra detergente

ácido (40,08% MS), mientras que los forrajes cosechados a los 90 días, fueron los que presentaron mayor contenido de fibra en detergente ácido (46,29% MS).

Estos valores fueron mayores que los reportados por Reyes y Ledin (2006) (32,56% MS) y que los valores determinados por Hess et al., (2006) (34,3% MS) y Hess et al., (2004) (35,9% MS). Esto supone una limitación ya que, valores mayores de fibra en detergente ácido se relaciona de manera negativa con la digestibilidad del forraje, esto concuerda con lo descrito en los trabajos de Sánchez y Soto, 1998 y a Ramírez et al., 2002, además en esta investigación se encontró una correlación de -0,54, entre la concentración de la fibra en detergente ácido y la digestibilidad in vitro de la materia seca, por lo tanto entre mayor es la concentración de fibra en detergente ácido, menor es el aprovechamiento por parte del animal.

**Lignina.** De acuerdo a Moore y Jung (2001), la lignina es uno de los componentes de la fibra que está estrechamente relacionado con la disponibilidad de los componentes de la pared celular, se diferencia de otros componentes que reducen la digestibilidad de los forrajes en que este es parte estructural de las plantas. En esta investigación se encontró que tanto al edad de cosecha, como la estación climática provocan diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el contenido de lignina del forraje (Cuadro 4). Esto coincide con los resultados obtenidos por Evtayani et al., (2004) quienes encontraron mayor contenido de lignina en los forrajes cosechados en época seca, con respecto a la edad lluviosa. Por su parte, Ramírez et al., (2002) y Moore y Jung (2001), reportan que conforme aumenta la edad del forraje, así aumenta la concentración de lignina en los tejidos de la planta y por lo tanto se reduce la digestibilidad del forraje. Todo lo anterior permite confirmar los resultados obtenidos.

De esta manera, cuando los forrajes fueron cosechados a los 60 días, mostraron en promedio menor contenido de lignina (12,37% MS), mientras que los forrajes cosechados a los 90 días, fueron los que presentaron mayor contenido de lignina (15,35% MS). Mientras que la concentración promedio de lignina por estación climática fue de 13,25% MS en la estación lluviosa y de 14,49% MS, para la estación seca. Los valores encontrados son menores a los reportados en el trabajo de Meale et al., (2012) (18,6% MS); sin embargo, son similares a los determinados por Hess et al., (2004) (15,6% MS) y Hess et al., (2006) (14,7% MS).

**Digestibilidad In vitro de la Materia Seca (DIVMS).** Los forrajes cosechados presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ), debido al efecto de la edad de corte del forraje y también debido a la estación climática al momento de la cosecha (Cuadro 4). De esta manera los forrajes cosechados a los 60 y 75 días fueron en promedio, más digestibles (53,11 – 51,36%, respectivamente), con respecto a los forrajes cosechados a los 90 días (47,64%).

Esto se debe a que, los forrajes disminuyen la cantidad de contenidos celulares, más digestibles y aumentan la cantidad de fibra, de menor digestibilidad; conforme aumentan la edad del forraje (McEniry y O'Kiely, 2013), además aumenta la cantidad de lignina en la pared celular, lo cual se correlaciona de manera negativa con la digestibilidad de los forrajes (Sánchez y Soto, 1998; Ramírez et al., 2002), en esta investigación se pudo estimar una correlación de -0,74, entre la DIVMA y la lignina.

En cuanto al efecto de la estación climática, se encontró que los valores de DIVMS en la estación lluviosa, fueron en promedio 5,37 puntos mayores que los valores promedio obtenidos en la estación seca. Esto coincide con lo encontrado por Ammar et al., (2004) quienes indican que los forrajes presentan diferentes coeficientes de digestibilidad entre las estaciones, además encontraron que los valores aumentan en los meses de mayor humedad, esto debido a un menor contenido de componentes indigestibles en la fibra como la lignina y a mayor contenido de otros nutrimentos más digestibles como proteínas y carbohidratos no fibrosos (Evitayani et al., 2004; Moore y Jung, 2001; McEniry y O'Kiely, 2013).

Los valores de DIVMS obtenidos en los forrajes cosechados a los 60 y 75 días fueron mayores a los publicados en el trabajo de Argel y Lascano (1998) (48,0% a 90 días), mientras que los valores de 90 días, de esta investigación fueron similares. Por otra parte los resultados obtenidos son comparables o mayores a los resultados publicados por Flores et al., (1998) (51,9% a 120 días), esto puede ser debido a condiciones de suelo o de ambiente del forraje.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

---

De los resultados obtenidos se aprecia que, es posible obtener buenos rendimientos en producción de biomasa y calidad de la misma a partir del uso de compostaje como herramienta dentro de un plan de fertilización para esta especie forrajera, siempre y cuando se haga un adecuado manejo de los intervalos de poda.

En el cultivo de *Cratylia argentea* bajo fertilización orgánica, se obtuvo que, tanto la edad de cosecha, como la estación climática en la que se cosecha el material, median sobre la producción de materia seca y la composición nutricional del forraje. Así, conforme aumenta la edad del forraje se incrementa la cantidad de materia seca producida por hectárea; sin embargo, aunque aumenta la cantidad de biomasa producida por hectárea, la calidad de la misma es inferior, ya que, conforme aumenta la edad de cosecha se reduce la cantidad de proteína y la digestibilidad del forraje, además se da un incremento de los componentes de la fibra, los cuales son menos aprovechables por el animal.

Finalmente, el forraje de *Cratylia argentea* bajo manejo orgánico, posee un adecuado contenido de nutrimentos para ser utilizado en dietas de animales rumiantes, ya que permite sostener producciones de 3,01 – 3,26 kg de leche/vaca/día por cada 10 kg de material fresco de acuerdo al requerimiento de proteína cruda.

## **LITERATURA CITADA**

---

- Ammar H., López S., González J.S., Ranilla M.J. 2004. Seasonal variations in the chemical composition and in vitro digestibility of some Spanish leguminous shrub species. *Animal Feed Science and Technology* 115(3): 327 – 340.
- 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*. *The Journal of Agricultural Science* 144(3): 237 – 248.

- Argel P., Lascano C. 1998. *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. *Pasturas tropicales* 20(1): 37 – 43.
- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1998. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16th ed, 4th rev. Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Bernal L., Ávila P., Ramírez G., Lascano C. E., Tiemann T., Hess H. 2011. Efecto del ensilaje y el heno de *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla*, *Cratylia argentea* y *Vigna unguiculata* sobre la producción de gas in vitro. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. Asociación Latinoamericana de Producción Animal 16(3): 97 – 103
- Buxton D.R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology* 59(1): 37 – 49.
- Church D.C., Pond W.G., Pond K.R. 2003. *Fundamentos de nutrición y alimentación de animales*. LIMUSA WILEY. México D.F. 636 p
- Devendra C. 1995 Composition and nutritive value of browse legumes. In *Tropical animal nutrition*. D'mello J and C Devendra (eds). CAB INTERNATIONAL, UK p. 49 - 66.
- Devendra C., Pezo D. 2001. Crop-animal systems in Asia and Latin America: Characteristics, opportunities for productivity enhancement and emerging challenges, including comparisons with West Africa. In: *Proceedings of an international conference on 'Sustainable crop-livestock production for improved livelihoods and natural resource management in West Africa*. 19-22.
- Di Rienzo J A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo Y.C. 2013. *InfoStat versión 2013*. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Enríquez-Quiroz J.F., Garay A.H., Pérez J.P., Carrillo A.R.Q., Cossio J.G.M. 2012. Densidad de siembra y frecuencias de corte en el rendimiento de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en el sur de Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 41(1):75 – 84
- Evitayani L.W., Fariani A., Ichinohe T., Abdulrazak S.A., Fujihara T. 2004. Comparative rumen degradability of some legume forages between wet and dry season in West Sumatra, Indonesia. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 17(8): 1107 – 1111.

- Flores O.I., Bolivar D.M., Botero J.A., Ibrahim M.A. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development* 10(1): 1 - 10
- Heinritz S.N., Martens S.D., Avila P., Hoedtke S. 2012. The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. *Animal Feed Science and Technology* 174(3): 201 – 210.
- Hess H.D., Beuret R.A., Lötscher M., I. Hindrichsen K., Machmüller A., Carulla J.E., Lascano C.E., Kreuzer M. 2004. Ruminant fermentation, methanogenesis and nitrogen utilization of sheep receiving tropical grass hay-concentrate diets offered with *Sapindus saponaria* fruits and *Cratylia argentea* foliage. *Animal Science* 79(1): 177 – 189.
- Hess H.D., Tiemann T.T., Noto F., Franzel S., Lascano C.E., Kreuzer M. 2006. The effects of cultivation site on forage quality of *Calliandra calothyrsus* var. *Patulul*. *Agroforestry Systems* 68(3): 209 – 220.
- Holmann F., Lascano C. 2001. Sistemas de alimentación con leguminosas para intensificar fincas lecheras. Consorcio Tropic leche. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Documento de Trabajo No. 184. Cali, Colombia. 109p.
- Ibrahim M., Franco M., Pezo D.A., Camero A., Araya J.L. 2001. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. *Agroforestry Systems* 51(2): 167 – 175.
- Mayland H.F., Shewmaker G.E., Harrison P.A., Chatterton N.J. 2000. Nonstructural carbohydrates in tall fescue cultivars: Relationship to animal preference. *Agronomy Journal* 92(6): 1203 – 1206.
- McEniry J., O'Kiely P. 2013. The estimated nutritive value of three common grassland species at three primary growth harvest dates following ensiling and fractionation of press-cake. *Agricultural and Food Science* 22(1): 194 – 200.
- Meale S.J., Chaves A.V., Baah J., McAllister, T.A. 2012. Methane production of different forages in in vitro ruminal fermentation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 25(1): 86 – 91
- Moore K.J., Jung H.J.G. 2001. Lignin and fiber digestion. *Journal of Range Management* 54(4): 420 – 430.

- Mühlbach P. 2000. Additives to improve the silage making process of tropical forages. In: Mannetje L.t. (Ed.), *Silage Making in the Tropics with Particular Emphasis on Smallholders*. FAO Plant Production and Protection, Roma, Italy. 151 – 164.
- Mühlbach P. R. 2005. Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales. Departamento de Zootecnia. Universidad Federal de Río Grande del Sur. Porto Alegre. Brasil. 50-68pp.
- National Research Council (NRC). 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th ed. National Academy Press. Washington DC. 408 p.
- Oba M., Allen M.S. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82(3): 589 – 596.
- Paulsen, G. M. (1994). High temperature responses of crop plants. *Physiology and determination of crop yield, (physiologyandde)*, 365-389.
- Peña P.M., Del Pozo P. 1992. *Explotación de pastos y forrajes*. ISCAH: La Habana, Cuba. 106 p.
- Pezo D, Ibrahim M. 1998. *Sistemas silvopastoriles*. Colección de Modelos de Enseñanza Agroforestal No. 2. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Plazas C.H., Lascano C.E.. 2005. Utilidad de *Cratylia argentea* en ganaderías de doble propósito del piedemonte de los llanos orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales* 27(2): 65 – 72
- Ramírez R., Ramírez R.G., López F. 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANL* 2: 180 – 189.
- Reyes N., Ledin S., Ledin I. 2007. Biomass production and nutritive composition of *Cratylia argentea* under different planting densities and harvest intervals. *Journal of Sustainable Agriculture* 29(4): 5 – 22.
- Reyes N.R., 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. *Tropical Animal Health and Production* 38(4):343 – 351.
- Rodríguez I., Guevara E. 2002. Producción de materia seca y valor nutritivo de la leguminosa arbustiva *Cratylia argentea* en el sur del estado Anzoátegui, Venezuela. *Revista Científica* 12(Suplemento II): 589 – 594

- Rondon M.A., Lehmann J., Ramírez J., Hurtado M. 2007. Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with bio-char additions. *Biology and fertility of soils* 43(6): 699 – 708.
- Saetre P., Stark J.M. 2005. Microbial dynamics and carbon and nitrogen cycling following re-wetting of soils beneath two semi-arid plant species. *Oecología* 142(2): 247 – 260.
- Sánchez N.R., 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. *Tropical Animal Health and Production* 38(4): 343 – 351.
- Sánchez J. M., Soto H. 1998. Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular. *Nutrición Animal Tropical* 4(1):7-19.
- Santana 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 (116) Revisado en <http://www.lrrd.org/lrrd17/10/sant17116.htm> el 25 de enero de 2016 a las 3:45 pm.
- Shelton M. 2000. Leguminosas forrajeras tropicales en los sistemas agroforestales. *Unasyva*, 51(200), 25-32. Consultado en <http://www.fao.org/3/a-x3989s/x3989s06.htm> el día 5 de mayo de 2015 a las 11:45 pm.
- Soria C.R.K. 2003. Determinación del potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en EARTH. Tesis de Licenciatura. Universidad EARTH. Guácimo, Costa Rica. 41p.
- Tilley J.M.A., Terry R.A. 1963. A two-stage technique for the In vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science* 18(2): 104 – 111.
- Tobia C., Rojas A., Villalobos E., Soto H., Uribe L. 2004. Sustitución parcial el alimento balanceado por ensilaje de soya y su efecto en la producción y calidad de la leche de vaca, en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(2):27-35.
- Van Soest P.J., Robertson, J.B. 1985. Analysis of forages and fibrous food. As 613. Cornell University, a laboratory manual. Department of Animal Science. Ithaca, New York. United States. 613 p.
- Weigelt A., Bol R., Bardgett R.D. 2005. Preferential uptake of soil nitrogen forms by grassland plant species. *Oecología* 142(4): 627 – 635.

- Yan T., Agnew R.E. 2004. Prediction of nutritive values in grass silages: II. Degradability of nitrogen and dry matter using digestibility, chemical composition and fermentation data. *Journal of Animal Science* 82: 1367 – 1379.
- Younie D. 2001. Pastizales ecológicos: La base de la ganadería ecológica. En: *Ganadería ecológica*. Editorial ACRIBIA. España. 57-78
- Zhou H. L., Li M., Zi X.J., Xu T.S., Hou G. Y. 2011. Nutritive value of several tropical legume shrubs in Hainan province of China. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 10(13): 1640 – 1648.