

# Características agronómicas y valor nutricional del gandul [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] cosechado a diferentes edades de corte<sup>1,2</sup>

Víctor M. Figueroa<sup>3</sup>, Abner A. Rodríguez<sup>4\*</sup> y Paul F. Randel<sup>5</sup>

J. Agric. Univ. P.R. 95(3-4):193-210 (2011)

## RESUMEN

Se realizó un estudio dividido en tres partes. En la primera parte se evaluó el efecto de diferentes edades de corte (60, 75, 90, 120 y 180 d) sobre las características agronómicas, la composición química y la degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) del gandul [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] 'Kaki' y sus fracciones anatómicas (hojas y tallos). En la segunda parte se determinó la selectividad ingestiva por caprinos de esta leguminosa. En la tercera parte se determinó el efecto de su inclusión en dietas basadas en heno de gramíneas tropicales referente al consumo voluntario y la digestibilidad de la materia seca (MS), proteína bruta (PB) y fibra detergente neutro (FDN). La altura de la planta aumentó ( $P < 0.05$ ) y la relación hoja: tallo disminuyó ( $P < 0.05$ ) a medida que se incrementó la edad de corte. El contenido de MS y FDN en la planta completa aumentó ( $P < 0.05$ ) por 13.9 y 19.2 unidades porcentuales, respectivamente, mientras la PB disminuyó numéricamente por 4.8 unidades, a medida que la edad de corte avanzó de 60 a 180 d. A las cinco sucesivas edades de corte evaluadas, el contenido porcentual de PB en las hojas excedía el de los tallos, mientras el contenido de FDN mostró la tendencia contraria. El promedio de DIVMS fue de 69.6% en la planta completa, 73.9% en las hojas y 50.4% en los tallos. La DIVMS disminuyó ( $P < 0.05$ ) al avanzar la edad de corte, de 71.2% a los 60 días a 55.8% a los 180 d. En la prueba de selectividad ingestiva (cafetería), al comparar el gandul en estado fresco versus gramíneas frescas y henificadas se observó una mayor selección por el gandul en los primeros 10 minutos y menguante durante los últimos 20 minutos de observación. En la prueba de consumo voluntario y digestibilidad, que utilizó seis caprinos (26.4 kg peso vivo), al incorporar el gandul al nivel de 25% en una dieta basal de heno de gramínea tropical (HGT) aumentó ampliamente el consumo de PB ( $P < 0.05$ ). Dicha adición tendió a mejorar la digestibilidad de MS y PB, pero sin alcanzar la significancia a  $P < 0.05$  (56.7% vs. 51.4% y 58.7% vs. 51.2%, respectivamente); la digestibilidad de FDN no mostró tendencia alguna. Al aumentar la altura de la planta de gandul cambió la composición química y las proporciones de hojas y tallos. Los resultados

<sup>1</sup>Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 16 de diciembre de 2010.

<sup>2</sup>Financiado por proyecto HATCH-426 de la Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez.

<sup>3</sup>Ex Estudiante Graduado, Departamento de Industria Pecuaria.

<sup>4</sup>Catedrático, Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico, P.O. Box 9000, Mayagüez, PR 00680. \*Autor para correspondencia.

<sup>5</sup>Catedrático, Departamento de Industria Pecuaria.

de DIVMS sugieren que el intervalo de corte de 75 a 120 d es favorable para la posible utilización del gandul como forraje fresco en dietas para pequeños rumiantes.

Palabras clave: gandul, edad de corte, características agronómicas, valor nutritivo

#### ABSTRACT

Agronomic characteristics and nutritive value of pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] harvested at different stages of maturity

This study was divided into three parts. The first evaluated the effects of five stages of plant maturity (60, 75, 90, 120 and 180 d) on the agronomic characteristics, chemical composition and *in vitro* degradability (IVDMD) of pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] 'Kaki' and its anatomical fractions, leaves and stems. In the second part, the selective consumption of this legume was studied. In the third part, the effects of the inclusion of pigeon pea in diets based on tropical grass hay for goats on voluntary intake, and digestibility of dry matter (DM), crude protein (CP) and neutral detergent fiber (NDF) were determined. Plant height increased and leaf:stem ratio decreased, as the plants grew. In the whole plant, DM and NDF content increased ( $P < 0.05$ ) by 13.9 and 19.2 percentage units, but CP content numerically decreased by 4.8 units as plant maturity progressed from 60 to 120 d. At the five successive stages evaluated, CP content in the leaves exceeded that of the stems, whereas NDF content showed the opposite trend. The IVDMD values were 69.6% in the whole plant, 73.9% in the leaves, and 50.4% in the stems. Whole plant IVDMD decreased ( $P < 0.05$ ), with advancing plant maturity, from 71.2% at 60 d to 55.8% at 180 d. In the selective consumption trial, intake of fresh pigeon pea was compared with that of fresh native tropical grass (NTG) or NTG hay. A high selection of pigeon pea was observed for the first 10 minutes, but during the following 20 minutes this selection decreased. In the voluntary intake and digestibility trial that utilized six goats (26.4 kg live weight) to evaluate the inclusion of 25% of pigeon pea in a NTG-based diet, CP intake was markedly higher ( $P < 0.05$ ) with legume supplementation. Dietary inclusion of the legume also tended to improve the digestibility of DM and CP but not at the  $P < 0.05$  level of significance (56.7% vs. 51.4% and 58.7 vs. 51.2%); however, it did not affect NDF digestibility. As the pigeon pea plant increased in height, changes occurred in leaf:stem proportions and chemical composition. The IVDMD results suggest that the interval from 75 to 120 d of growth is favorable for possible utilization of pigeon pea as fresh forage in diets for small ruminants.

Key words: pigeon pea, harvesting day, agronomic characteristics, nutritive value

#### INTRODUCCIÓN

El aumento en el costo de los granos cereales comúnmente utilizados para la formulación de alimentos concentrados (ej., soya, maíz) y la disponibilidad estacional de muchos de los residuos agroindustria-

les hacen necesaria la evaluación y búsqueda de otras fuentes alimenticias que sustituyan total o parcialmente el uso de estos ingredientes típicamente utilizados como suplemento en la alimentación de ovinos y caprinos. En los últimos años se ha investigado la incorporación de diversos tipos de leguminosas (arbustivas, anuales, perennes) en la nutrición de pequeños rumiantes (Crespo-Crespo, 2007; Acero-Camelo, 2007; Hernández-Valentín, 2007; Sandoval-Centeno, 2007). Estas especies forrajeras poseen conocidos atributos agronómicos, como por ejemplo su tolerancia a la baja fertilidad y acidez de los suelos tropicales y su capacidad de fijación biológica de nitrógeno. Además de ahorro en la utilización de fertilizantes comerciales, representan una fuente con potencial para utilizarse como parte integral en sistemas de alimentación de caprinos y ovinos. *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze, *Calliandra calothyrsus* Meisn., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Stylosanthes guainensis* y *Arachis glabrata* son algunas de las especies de leguminosas que han sido evaluadas recientemente en dietas para pequeños rumiantes con resultados promisorios. Entre las especies de leguminosas, las de tipo arbustivo (i.e., *C. argentea*, *C. calothyrsus*, *L. leucocephala*) presentan mayores rendimientos de biomasa, toleran mejor el mal manejo agronómico y tienen mayor capacidad de rebrote y de producir forraje en lugares secos o durante épocas secas que las de tipo herbáceo (Crespo-Crespo, 2007). Sin embargo, su efectividad como alimento se ve afectada por su estado de madurez, nivel de inclusión en la dieta y forma física al momento de ofrecerse (fresco o conservado). El gandul [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] es una leguminosa de tipo arbustivo que tolera las ya mencionadas características adversas de los suelos tropicales como su acidez e infertilidad. Además, se trata de un cultivo que presenta multiusos (i.e., su grano es utilizado en la alimentación humana) y como alimento animal podría ser utilizado como forraje fresco o conservado. Existe información limitada sobre las características agronómicas del gandul, la calidad forrajera y nutricional y los factores que lo afectan, y su posible inclusión en dietas para pequeños rumiantes. Los objetivos de este experimento fueron: 1) determinar las características agronómicas, composición química y degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) de gandul cosechado a diferentes edades de corte; 2) observar la selectividad ingestiva relativo a gramíneas frescas o henificadas del gandul por ganado caprino mediante pruebas de cafeteria; y 3) determinar el efecto de la inclusión de gandul en dietas basadas en heno de gramíneas tropicales sobre el consumo de forraje y la digestibilidad de la materia seca (MS), proteína bruta (PB) y fibra detergente neutro (FDN).

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### *Características agronómicas, composición química y anatómica y degradabilidad in vitro*

En la Finca Laboratorio Alzamora, localizada en el Recinto Universitario de Mayagüez, se sembraron ocho hileras con 16 plantas de gandul 'Kaki' cada una, separadas a una distancia de 30.5 cm entre hileras y entre plantas en la hilera, en una parcela con dimensiones de 4 x 8 m (32 m<sup>2</sup>). La siembra se realizó en un suelo Ultisol, sin aplicar fertilizantes, pero con deshierbo manual semanalmente. Después de 60, 75, 90, 120 y 180 d de crecimiento se midió la altura de 16 plantas seleccionadas al azar (dos de cada hilera), las cuales se cortaron posteriormente a 20 cm sobre el suelo. Se pesó cada una de las plantas cosechadas. A ocho de las mismas se les separaron manualmente las hojas y tallos para determinar la relación entre estas fracciones anatómicas. Se analizaron muestras de las plantas completas y sus dos fracciones para determinar el contenido de MS (65° C/48 h), PB y paredes celulares (FDN) (AOAC, 1991; Van Soest et al., 1991). Además, se sometieron muestras de las plantas completas, hojas y tallos en cada estado de madurez a la determinación de la DIVMS en un laboratorio comercial (Dairy One Forage Lab, Ithaca, Nueva York).

#### *Prueba de selectividad*

Se evaluó la selectividad ingestiva del gandul en estado fresco mediante tres pruebas de cafetería utilizando 12 ejemplares caprinos adultos. Se cosechó el material vegetativo de la misma parcela después del último muestreo (180 d) para la determinación descrita en la sección anterior, de composición química y DIVMS. En cada prueba se comparó la selectividad de la leguminosa contra la de pasto fresco de gramíneas naturalizadas cortadas manualmente de predios para pastoreo de caprinos en la finca Alzamora, y heno comercial de gramíneas. Las tres pruebas se realizaron a intervalos de 48 horas (lunes, miércoles y viernes). En cada prueba se ubicó 10 kg de cada forraje en comederos de metal separados a una distancia de 4 m. Mediante una escala cuantitativa se apreció durante 35 minutos, a intervalos de cinco minutos, la selectividad de los caprinos por los tres forrajes. Asimismo, se introdujo a los animales al área de estudio y se observó su comportamiento selectivo. Se cuantificaron los niveles de selección según el número de animales observados en el acto ingestivo: ninguno (cero animal), bajamente consumido (uno a cuatro animales), medianamente consumido (cinco a ocho animales) y altamente consumido (nueve a 12 animales). Además, se establecieron los correspondientes valores porcentuales para cada nivel de selección a base de la cantidad de animales en el acto ingestivo: como baja de 8 a 33%, mediana de 42 a

66%, y alta de 75 a 100%. Transcurridos los 35 minutos de cada prueba se cuantificó la cantidad no consumida de cada forraje para determinar el consumo total porcentual a base del forraje ofrecido.

#### *Prueba de consumo voluntario y digestibilidad*

Para determinar el efecto de la inclusión de gandul en una dieta basal de heno de gramíneas tropicales (HGT) sobre el consumo voluntario y digestibilidad de nutrientes, se realizó un ensayo metabólico utilizando la técnica de recolección total de heces fecales con caprinos individuales como unidades experimentales. Se sembró el gandul en la Estación Experimental Agrícola en Lajas en una parcela de 30 x 100 m en un suelo Vertisol a una distancia entre hileras y entre plantas de 30.5 cm. El forraje se cosechó manualmente a los 127 d de crecimiento cortando las plantas a 20 cm de altura, y se transportó al Proyecto de Pequeños Rumiantes localizado en la Finca Laboratorio Alzamora del Recinto Universitario de Mayagüez. El forraje se secó al sol durante tres a cuatro días y se almacenó en forma de heno. Se utilizaron seis caprinos criollos castrados (26.4 kg peso vivo) distribuidos entre dos dietas experimentales y dos periodos según un diseño experimental tipo reversible con tres repeticiones por tratamiento en cada periodo. Los tratamientos experimentales evaluados fueron 100% HGT y una dieta de HGT y gandul ofrecidos en las respectivas proporciones 75:25. Se cortó el HGT a un largo de partícula teórica de 2.5 cm con miras a disminuir la selectividad animal y se ofreció en comederos separados del gandul, que se ofreció en forma tal como cosechado. Se ofrecieron las dietas en cantidades equivalentes a un 3% del PV diariamente en base seca. Cada uno de los dos periodos experimentales constó de 7 d de adaptación de los caprinos a la dieta y 5 d de recolección de datos comparativos. Para determinar el consumo de forraje y la digestibilidad aparente de la MS, PB y FDN, en cada periodo se cuantificó el forraje ofrecido y rechazado y las heces totales de cada animal alojado en una jaula metabólica equipada con un panel recolector. Se colectaron y almacenaron muestras del forraje ofrecido y rechazado y de las heces (10%) para posterior determinación de su contenido de MS, PB y FDN, utilizando la metodología citada previamente.

#### *Análisis estadístico*

Los datos de altura de la planta, relación hoja:tallo, composición química (MS, PB y FDN) y DIVMS del gandul se analizaron según un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial de tratamientos de 5 (edad de la planta) x 3 (fracciones anatómicas: planta completa, hoja y tallo), utilizando el procedimiento de modelo lineal general de SAS (SAS, 1990). Se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey (fijando una probabilidad de 0.05.) para comparar las medias de las variables

que arrojaron diferencias significativas. Los datos de la prueba de consumo voluntario y digestibilidad de la MS, PB y FDN se analizaron según un diseño reversible con tres repeticiones por tratamiento en cada periodo (seis en total). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el modelo general de SAS (SAS Institute, 1990) y una prueba de Tukey para comparar las medias de los tratamientos experimentales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Características agronómicas y composición anatómica*

La altura de la planta de gandul aumentó de 1.22 a 2.10 m entre los dos y los seis meses de edad, siendo mayor en las plantas cosechadas entre los 90 y 180 días comparado con plantas cosechadas a los 60 y 75 días de crecimiento (Cuadro 1). En experimentos relacionados (Crespo-Crespo, 2007), la altura observada en las leguminosas arbustivas *C. argentea* (CA), *C. calothyrsus* (CC) y *L. leucocephala* (LL) a los 134 d post-trasplante fue de 0.46, 1.32 y 1.62 m, respectivamente. Mientras que en el corriente experimento la altura de la planta a los 90 d fue 1.90 m. A los 75 d de crecimiento la altura del gandul fue superior a las observadas en CA y CC a los 134 d post-trasplante. Aunque en este experimento no se determinó el rendimiento del material vegetativo por unidad de superficie (kg/ha), otras investigaciones han demostrado una relación directa entre la altura de la planta y dicho criterio. Crespo-Crespo (2007) obtuvo respectivos rendimientos forrajeros de 1,172.9; 1,133.4; y 43.9 kg/MS/ha en LL, CC y CA, y con toda probabilidad, a la misma edad cronológica el rendimiento del gandul sería apreciablemente mayor que el de estas otras leguminosas arbustivas.

Las partes proporcionales de hojas y tallos en las plantas se utilizan como un criterio indicativo de la calidad de los forrajes. La relación hoja:tallo de un forraje puede afectar la selectividad, aceptabilidad e incluso la palatabilidad del material vegetativo, y por ende, el consumo voluntario por los animales. En este experimento la relación hoja: tallo disminuyó según transcurrieron los días de crecimiento del forraje y varió inversamente con la altura de la planta (Cuadro 1). Aunque no

CUADRO 1. *Altura y relación hoja:tallo del gandul 'Kaki' cosechado a cinco edades de corte.*

| Edad (días) | Altura (m)          | Relación hoja:tallo |
|-------------|---------------------|---------------------|
| 60          | 1.22 a <sup>1</sup> | 1.10 a              |
| 75          | 1.38 a              | 1.10 a              |
| 90          | 1.90 b              | 0.84 a              |
| 120         | 2.05 b              | 0.43 b              |
| 180         | 2.10 b              | 0.33 b              |

<sup>1</sup>Medias en la misma columna con diferentes letras difieren (P < 0.05).

se detectaron diferencias significativas en dicha relación del gandum cosechado a los 60, 75 y 90 d de edad, sí se observó una disminución proporcional numérica de hojas a medida que la planta pasó de dos a tres meses de edad, reduciéndose la razón hoja:tallo por 0.26 unidad (aproximadamente 23%). Posteriormente, se observó un deterioro significativo en la presencia de hojas en proporción a los tallos entre los 90 a 120 d de edad de 0.84 a 0.43 (casi 50%). Esta tendencia decreciente en la relación hoja:tallo continuó hasta los 180 d de crecimiento, cuando se obtuvo una relación de 0.33, valor mucho menor ( $P < 0.05$ ) que el observado en el gandum a los 60, 75 y 90 d de edad pero no tan diferente al del gandum cosechado a los 120 d. Ball et al. (2001) observaron que al madurar la planta de alfalfa (*Medicago sativa*) existen relaciones inversas entre las proporciones hoja:tallo y la altura y la madurez. Al disminuir la relación hoja:tallo queda una menor proporción del tejido vegetal más comestible por los animales. Crespo-Crespo (2007) observó una menor relación hoja:tallo en las plantas más altas de LL (0.55) que en las de menor altura de CA (1.35) y CC (1.22) a la misma edad cronológica. Espinoza et al. (1996) también reportaron que en *L. leucocephala* la proporción hoja:tallo se relaciona inversamente con la edad de la planta y la altura de corte. Guevara y Guenni (2004) estudiaron varias líneas de *L. leucocephala* a los 15, 30, 45, 60 y 110 d de germinadas y observaron un aumento relativo del peso de tallos de todas las líneas a partir de los 45 d, debido a la lignificación de los mismos al madurarse. Según estos autores, el envejecimiento afecta la composición química de ambos componentes anatómicos (hojas y tallos) que sufren cambios adversos a la calidad del forraje. En el presente estudio a los 180 d de edad el gandum presentó una gran altura (2.10 m) y muy baja proporción de hoja:tallo (0.33), por lo que su utilidad como forraje en esta etapa sería muy limitada.

En el Cuadro 2 es evidente el efecto adverso de la edad de corte sobre la composición química de la planta. Entre las edades de 60 a 180 el contenido (%) de MS de la planta de gandum aumentó 13.9 unidades porcentuales. No se observó diferencia ( $P > 0.05$ ) en este criterio entre las edades de 60 y 75 d, pero sí hubo aumentos marcados ( $P < 0.05$ )

CUADRO 2. Composición química<sup>1</sup> (%) del gandum 'Kaki' cosechado a diferentes edades de corte.

| Edad de corte (d) | MS                  | PB     | FDN    |
|-------------------|---------------------|--------|--------|
| 60                | 37.6 a <sup>2</sup> | 18.9 a | 50.0 a |
| 75                | 35.8 a              | 16.1 a | 53.9 a |
| 90                | 43.2 b              | 15.4 a | 68.4 b |
| 120               | 55.6 c              | 17.1 a | 62.8 b |
| 180               | 51.5 c              | 14.1 a | 69.2 b |

<sup>1</sup>Materia Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutro (FDN).

<sup>2</sup>Medias en la misma columna con diferentes letras difieren ( $P < 0.05$ ).

a los 90, y otra vez a los 120 d. Aunque no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en el contenido (%) de PB en las plantas de gandul a diferentes edades de crecimiento, sí se observó una tendencia decreciente y una reducción numérica total de 4.8 unidades porcentuales entre las edades de 60 (18.9%) y 180 (14.1%) d. El contenido (%) de FDN del gandul aumentó por 19.2 unidades entre las edades de 60 a 180 d. Este comportamiento fue similar al de la MS, pero la FDN mostró su mayor aumento entre los 75 y 90 d de edad.

Los cambios en el contenido de MS de las hojas y tallos del gandul cosechado a diferentes edades siguieron el mismo patrón al observado en la planta completa, habiendo aumentos de más de 17 unidades en las hojas y más de 19 en los tallos entre las edades de 60 a 180 d (Cuadro 3). En las hojas el contenido de MS fue similar ( $P > 0.05$ ) a los obtenidos a los 60 y 75 d, pero luego aumentó ( $P < 0.05$ ) progresivamente a las edades subsiguientes. En los tallos el aumento fue siempre progresivo, pero no alcanzó significancia ( $P > 0.05$ ) entre los 60 y 75 d ni entre los 120 y 180 d.

Si bien se detectaron ciertas diferencias ( $P < 0.05$ ) en el contenido proteico en las hojas de gandul a las diferentes edades, la tendencia fue errática y el contenido de compuestos nitrogenados fue relativamente constante, variando entre límites de 21.09 a 24.97% PB (Cuadro 3). En cambio, en los tallos la tendencia decreciente del contenido de PB fue clara ( $P < 0.05$ ) de 60 a 90 d de edad, manteniéndose posteriormente valores similares hasta los 180 d. En ambas fracciones anatómicas se observó un aumento progresivo en el contenido de paredes celulares (%FDN) a las sucesivas edades, con excepción del intervalo entre 90 y 120 d en las hojas. Martínez-Pamatz (2002) también reportó que el contenido de MS en hojas y tallos de gandul aumentó con la edad, al

CUADRO 3. Composición química<sup>1</sup> (%) de las fracciones anatómicas del gandul 'Kaki' cosechado a diferentes edades de corte.

| Edad de corte(d) | Fracción anatómica  |                 |                  |                     |                 |                  |
|------------------|---------------------|-----------------|------------------|---------------------|-----------------|------------------|
|                  | Hojas <sup>2</sup>  |                 |                  | Tallos <sup>2</sup> |                 |                  |
|                  | MS                  | PB <sup>3</sup> | FDN <sup>3</sup> | MS                  | PB <sup>3</sup> | FDN <sup>3</sup> |
| 60               | 25.8 d <sup>4</sup> | 25.0 a          | 42.1 c           | 42.1 c              | 8.5 a           | 66.0 c           |
| 75               | 24.5 d              | 21.1 c          | 42.7 c           | 46.7 c              | 7.7 b           | 69.8 bc          |
| 90               | 35.6 c              | 23.9 ab         | 53.7 b           | 51.3 b              | 5.4 c           | 73.4 b           |
| 120              | 40.0 b              | 24.4 ab         | 50.8 b           | 60.8 a              | 5.4 c           | 75.1 ab          |
| 180              | 43.4 a              | 21.7 bc         | 58.9 a           | 61.7 a              | 5.9 c           | 78.4 a           |

<sup>1</sup>Materia Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Fibra Detergente Neutro (FDN).

<sup>2</sup>Medias de cuatro repeticiones.

<sup>3</sup>Base Seca.

<sup>4</sup>Medias en la misma columna con diferentes letras difieren entre sí ( $P < 0.05$ ).

evaluar edades de crecimiento desde 60 a 180 d. Comparado con resultados obtenidos en otras especies de leguminosas, en el presente estudio se observó un mayor contenido de MS en las hojas de gandul de 120 d de edad (40.0%) que los valores encontrados en hojas de las leguminosas arbustivas CC, CL y LL cosechadas a los 134 días post-trasplante, de 36.3, 28.4 y 27.8%, respectivamente (Crespo-Crespo, 2007). Martínez-Pamatz (2002) también señaló que el contenido de PB en hojas de gandul se mantiene relativamente constante a diferentes edades de la planta. En cambio, el contenido de FDN en los tallos de gandul aumentó directamente con la edad de la planta. El contenido de PB en las hojas de gandul a 120 d (24.4%) también fue mayor que los valores obtenidos por Crespo-Crespo (2007) en hojas de CC, CA y LL de 134 d de crecimiento, mientras en los tallos el contenido de PB difirió menos, con valores porcentuales entre 5 y 8% para las cuatro leguminosas arbustivas. Al estudiar las leguminosas *Desmodium uncinatum* y *Vigna unguiculata*, Baloyi et al. (2008) encontraron, en común con los resultados presentes en gandul, un mayor nivel de PB y menor de FDN en las hojas que en los tallos.

*Degradabilidad in vitro*

La DIVMS de la planta de gandul se vio afectada por las fracciones anatómicas (planta completa, hojas y tallos) y la edad de corte. Se obtuvo un valor intermedio para la planta completa y, tal como esperado, una marcadamente mayor degradabilidad en hojas que en tallos (Cuadro 4). Al avanzar la edad de la planta la DIVMS disminuyó significativamente ( $P < 0.05$ ), de 71.2% para el material vegetativo cosechado a los 60 d a 55.8% para el de 180 d de crecimiento (Cuadro 4). Los resultados presentes concuerdan con investigaciones previas que seña-

CUADRO 4. Efectos principales de la fracción anatómica y edades de corte sobre la degradabilidad in vitro de la materia seca de gandul 'Kaki'.

| Variable                  | DIVMS (%)           |
|---------------------------|---------------------|
| <i>Fracción anatómica</i> |                     |
| Planta completa           | 69.6 b <sup>1</sup> |
| Hojas                     | 73.9 a              |
| Tallos                    | 50.4 c              |
| <i>Edad de corte (d)</i>  |                     |
| 60                        | 71.2 a              |
| 75                        | 66.8 b              |
| 90                        | 64.4 c              |
| 120                       | 64.8 c              |
| 180                       | 55.8 d              |

<sup>1</sup>Valores de cada variable con letras diferentes difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

lan una mayor digestibilidad de las hojas que de los tallos y el efecto negativo de la edad de corte sobre la DIVMS de una amplia gama de forrajeras (Van Soest, 1994).

Se detectaron interacciones significativas entre la fracción anatómica y la edad de corte en su efecto sobre la DIVMS del gandul (Cuadro 5). La DIVMS de las tres fracciones fue mayor ( $P < 0.05$ ) en el material vegetativo cosechado a los 60 d y menor en el de 180 d de crecimiento. A medida que avanzó la madurez de 60 a 180 d la DIVMS en la planta completa disminuyó 19.5 unidades porcentuales, mientras que en hojas y tallos la diferencia fue de 9.2 y 17.3 unidades, respectivamente. A las edades de corte intermedias, la DIVMS de la planta completa de 75 d fue mayor ( $P < 0.05$ ) que la obtenida a los 90 y 120 d. En las hojas, la porción degradable disminuyó ( $P < 0.05$ ) a cada edad sucesiva de corte, mientras que en los tallos entre los 75 y 120 d la degradabilidad no varió significativamente.

Los resultados combinados referentes a características agronómicas (altura de la planta y relación hoja:tallo), la composición química y la DIVMS de la planta completa y fracciones anatómicas (hojas y tallos) del gandul obtenidos en este experimento permiten concluir que el intervalo de edades entre 75 y 120 d es favorable para su posible utilización como forraje fresco en dietas para pequeños rumiantes. Aunque en este experimento no se evaluó el efecto de la edad sobre el rendimiento, fue evidente la limitada cantidad de forraje cosechado al cortar el material vegetativo a los 60 d. Al otro extremo, el valor nutritivo (composición química y DIVMS) es demasiado bajo en plantas de 180 d, a cuya etapa las hojas solo constituyen una tercera parte de la planta y la proporción de pared celular de la planta completa se acerca al 70%.

#### *Prueba de selectividad*

En la prueba *in vivo* de tipo cafetería para comparar el gandul en estado fresco versus gramíneas frescas y henificadas (Cuadro 6) se observó que el consumo relativo de la leguminosa disminuyó al transcu-

CUADRO 5. Degradabilidad *in vitro* (%) de la materia seca de fracciones anatómicas de gandul 'Kaki' cosechado a diferentes edades de corte.

| Fracción anatómica | Edad de corte (d)   |        |        |        |        |
|--------------------|---------------------|--------|--------|--------|--------|
|                    | 60                  | 75     | 90     | 120    | 80     |
| Planta completa    | 76.3 a <sup>1</sup> | 73.0 b | 70.8 c | 71.3 c | 56.8 d |
| Hojas              | 79.0 a              | 75.5 b | 73.3 c | 71.8 d | 69.8 e |
| Tallos             | 58.3 a              | 52.0 b | 49.3 b | 51.3 b | 41.0 c |

<sup>1</sup>Medias con diferentes letras en la misma hilera difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

CUADRO 6. *Selectividad ingestiva por caprinos de gandul y gramíneas frescas o henificadas.*<sup>1</sup>

| Tiempo (minutos)                                     | Material vegetativo     |                 |                 |
|--|-------------------------|-----------------|-----------------|
|  | PFG <sup>2</sup>        | HG <sup>2</sup> | GF <sup>2</sup> |
| 0-5  | Baja (14%) <sup>2</sup> | Baja (28%)      | Mediana (58%)   |
| 5-10   | Baja (33%)              | Mediana (36%)   | Mediana (36%)   |
| 10-15  | Mediana (36%)           | Mediana (39%)   | Baja (22%)      |
| 15-20  | Mediana (39%)           | Baja (30%)      | Baja (22%)      |
| 20-25  | Baja (31%)              | Baja (30%)      | Baja (19%)      |
| 25-30  | Baja (33%)              | Baja (33%)      | Baja (28%)      |
| 30-35  | Mediana (44%)           | Mediana (39%)   | Baja (11%)      |
| Consumo Total Porcentual a base del forraje ofrecido | 30                      | 22              | 32              |

<sup>1</sup>A base del conteo de caprinos observados consumiendo: No consumida = 0 animales consumiendo; Bajamente consumida = 1 a 4 animales consumiendo (8 a 33%); Medianamente consumida = 5 a 8 animales consumiendo (42 a 66%); Altamente consumida = 9 a 12 animales consumiendo (72 a 100%).

<sup>2</sup>PFG=pasto fresco gramínea; HG= heno de gramínea; GF=gandul fresco.

rrir el tiempo, desde mediana (0 a 10 minutos) hasta baja selectividad (10 minutos en adelante). Se observó la mayor selectividad del gandul durante los primeros cinco minutos (58%) y cinco a 10 minutos (36%) de la prueba, con valores de selectividad promedio durante los primeros 10 minutos de 47%, 23.5% y 32% para la leguminosa y la gramínea fresca y la henificada, respectivamente. Aunque en este estudio no se distinguió el consumo de las fracciones anatómicas de la leguminosa, sí se observó que la mayor selectividad durante la etapa inicial de la prueba fue el resultado de la alta selección de las hojas por los caprinos. La disminución progresiva en la disponibilidad de esta fracción y el aumento resultante en la proporción de los tallos, fracción poco seleccionada, determinó la baja selectividad ingestiva de la leguminosa durante los últimos 20 minutos, cuando su valor porcentual fue menor al observado con las gramíneas frescas o henificadas. A pesar de la disminución en la selectividad ingestiva del gandul a través del tiempo, su consumo porcentual final a base del forraje total ofrecido superó por 2 y por 10 unidades porcentuales a lo observado en la gramínea fresca y henificada, respectivamente. Rodríguez et al. (2010a) observaron una mayor selectividad de heno de gandul que de gramíneas tropicales por novillas tipo lechero y caprinos, pero también observaron una mayor preferencia por las leguminosas *A. glabrata* y *S. guianensis* que por el gandul. Crespo-Crespo (2007) evaluó la selectividad ingestiva por ovinos bajo pastoreo de tres leguminosas arbustivas y no observó ninguna ingestión de *C. argentea* ni de *C. calothyrsus*, y mediana selección para *L. leucocephala*. Basado en los resultados presentes y los de experimentos relacionados, se recomienda efectuar pruebas de selectividad

ingestiva del gandul en condiciones de pastoreo (ramoneo) y su comparación con otras leguminosas arbustivas.

#### *Prueba de consumo y digestibilidad*

Los valores de composición química del HGT (PB = 4.98%, FDN = 65.00%) y heno de gandul (PB = 17.42%, FDN = 62.76%) utilizados en la prueba de alimentación son típicos de gramíneas y leguminosas tropicales (Van Soest et al., 1994). La incorporación de gandul al nivel de 25% como sustituto parcial del HGT utilizado como dieta basal no resultó en diferencias ( $P > 0.05$ ) en las cantidades de MS y FDN ofrecidas ni rechazadas entre las dos dietas experimentales (Cuadro 7). En cambio el ofrecimiento de PB fue mayor ( $P < 0.05$ ), por más del doble, en caprinos alimentados con 25% de gandul que con 100% HGT (104 vs. 50 g/d), y al diferir poco la cantidad de rechazo (17 vs. 10 g/d), el consumo de PB fue ampliamente mayor ( $P < 0.05$ ) que en el control. También se observaron diferencias numéricas en el consumo de MS y FDN a favor de la mezcla gramínea:leguminosa sobre el HGT solo. Al expresar el consumo de MS por día como un porcentaje del peso vivo de los caprinos, dicha diferencia es de 0.51 unidad (2.24 vs. 2.75%). Este resultado

CUADRO 7. Consumo voluntario y digestibilidad de heno de gramínea y heno de gramínea suplementados con gandul por parte del ganado caprino en confinamiento.

| Componente (g/d) <sup>1</sup> | Inclusión porcentual del gandul |         |
|-------------------------------|---------------------------------|---------|
|                               | 0                               | 25      |
| <i>Ofrecido</i>               |                                 |         |
| MS <sup>2</sup>               | 1,004 a <sup>3</sup>            | 1,117 a |
| PB <sup>2</sup>               | 50 a                            | 104 b   |
| FDN <sup>2</sup>              | 652 a                           | 845 a   |
| <i>Rechazo</i>                |                                 |         |
| MS                            | 381 a                           | 331 a   |
| PB                            | 10 a                            | 17 a    |
| FDN                           | 295 a                           | 327 a   |
| <i>Consumo</i>                |                                 |         |
| MS                            | 623 a                           | 786 a   |
| PB                            | 40 a                            | 87 b    |
| FDN                           | 357 a                           | 518 a   |
| <i>Digestibilidad (%)</i>     |                                 |         |
| MS                            | 51.4 a                          | 56.7 a  |
| PB                            | 51.2 a                          | 58.7 a  |
| FDN                           | 39.0 a                          | 38.8 a  |

<sup>1</sup>Base seca.

<sup>2</sup>MS = Materia Seca, PB = Proteína Bruta, FDN = Fibra Detergente Neutro.

<sup>3</sup>Medias con letras diferentes en la misma hilera difieren significativamente ( $P < 0.05$ ).

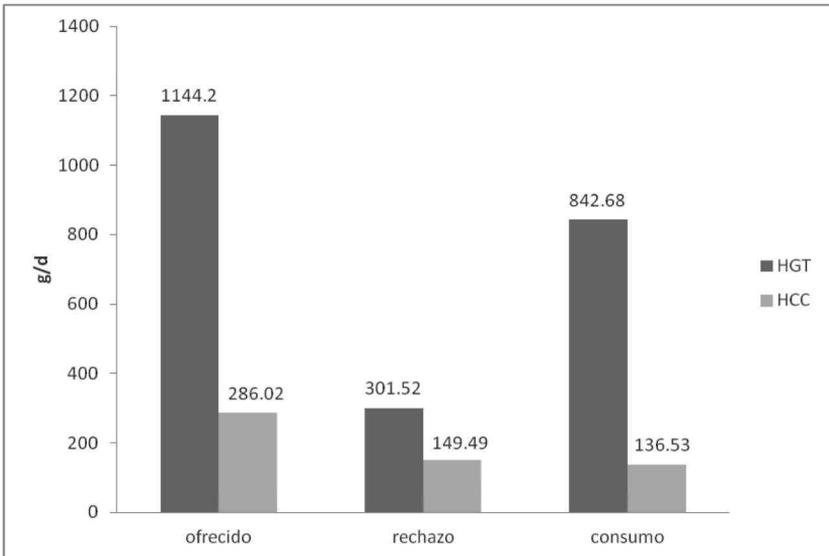


FIGURA 1. Consumo fraccionado por caprinos alimentados con dietas conteniendo 75% heno de gramíneas tropicales (HGT) y 25% gandul (HCC).

difiere de los obtenidos en los estudios de Rodríguez et al. (2010a, 2009) donde la inclusión de 40% de gandul ‘Guerrero’ en dietas basadas en HGT disminuyó el consumo total de forraje por caprinos de 1,213 a 968 g/d. En aquel caso el consumo de la leguminosa representó solo un 27% del ofrecimiento de la misma y 16% del consumo total de forraje. En el presente estudio la aceptación animal del gandul fue de 47.7% del ofrecimiento de la leguminosa y un 9.6% del consumo total del forraje (Figura 1). Comparando ambos estudios y a base del 25% de inclusión en la dieta en el presente experimento, los caprinos consumieron 20.7 unidades porcentuales más de gandul que de la leguminosa ofrecida a un 40% de inclusión. Cabe destacar que en el aludido experimento el heno de gandul fue cortado en pedazos teóricos de 2.5 cm, procedimiento físico que disminuyó su proporción de hojas en relación a los tallos y podría haber afectado la selectividad de esas fracciones anatómicas. En el presente estudio el heno de la leguminosa fue ofrecido tal como cosechada, factor que favorece la selectividad de sus hojas. Román-Zayas et al. (2008) informaron que la inclusión de 25% de hojas deshidratadas o ramas frescas de *C. calothyrsus* en dietas basadas en HGT aumentó el consumo voluntario en caprinos y ovinos. En cambio, en el estudio de Rodríguez et al. (2009) la inclusión de 50% de hojas de gandul deshidratadas tuvo el efecto contrario al disminuir el consumo total de forraje por ovinos y caprinos comparado con la dieta de HGT solamente

(757 vs. 594 y 1,293 vs. 1,028 g/d, respectivamente). En aquel estudio el consumo de gandul representó sólo 37% en ovinos y 28% en caprinos del total de la leguminosa ofrecida y 26% y 20% de los respectivos consumos totales de forraje. La alimentación de ovinos con heno de maní rizomatoso (MRP) solo o la sustitución parcial de HGT con esta leguminosa a 50% de inclusión ha incentivado el consumo voluntario por los animales (Rivera, 2003). Rodríguez et al. (1998) concluyeron que el nivel óptimo de inclusión de las leguminosas tropicales *S. guianensis* y *L. leucocephala* en dietas basadas en HGT oscila entre 20 y 40%. En otros estudios, el consumo por ovinos de *C. argentea*, *C. calothyrsus* y *L. leucocephala* representó 96%, 81% y 96% de las respectivas leguminosas que se ofrecieron frescas, a 50% de inclusión en combinación con 50% heno de gramíneas (Crespo-Crespo, 2007). Al alimentar caprinos y ovinos con *S. guianensis* henificado o henilado en combinación con HGT, hubo una mayor aceptación por los caprinos de la mezcla de los dos henos a diferencia de los ovinos que prefirieron la combinación de heno de gramíneas y henilaje de la leguminosa (Vásquez-Ortiz, 2009). Al suplementar la dieta basal de HGT con 50% de heno de *A. glabrata* se aumentó el consumo de forraje y la digestibilidad de la MS en ovinos (Rodríguez et al., 2010b). Recientemente, Foster et al. (2009a, b) alimentaron corderos con heno de la gramínea *Paspalum notatum* suplementada con 50% de inclusión de las leguminosas *Vigna unguiculata*, *Arachis hypogaea*, *A. glabrata* y *C. cajan* henificadas o heniladas. El consumo total de MS por los ovinos fue menor cuando se suplementó con gandul (612 g) en comparación con las otras leguminosas. Los autores señalaron que el nivel óptimo de sustitución parcial de gramíneas por leguminosas depende de la especie de la última, siendo 25% el nivel recomendado para heno o henilaje de gandul. Estas diferencias en los resultados de consumo obtenidos en los estudios citados se deberían en gran medida al nivel de inclusión de leguminosa en la dieta (ej., 25 vs. 50%).

El consumo de forraje por los animales está influenciado por factores ambientales, otros propios del animal y los asociados al tipo de dieta (Van Soest, 1994). Según este autor, las características organolépticas (sabor, olor), la clasificación botánica (familia, género, especie, variedad), las proporciones de fracciones anatómicas, el estado de madurez y la forma de ofrecerlo (fresco o conservado) afectan el consumo de los forrajes. Los resultados del presente experimento y otros estudios relacionados demuestran que el consumo de leguminosas tropicales se ve afectado por la especie animal (ovino o caprino) y la forma física de la planta (estado fresco o conservado como heno o henilaje). La información disponible indica que los niveles recomendables de inclusión de leguminosas tropicales henificadas en dietas basadas en gramíneas

oscilan entre 15 y 30% en caso de las arbustivas y hasta 50% al tratarse de las herbáceas. El mayor nivel recomendado se debe a su menor proporción de tallos poco digeribles. La inclusión de cualquiera leguminosa en dietas basadas en gramíneas tropicales aumentará el contenido y consumo de PB, factor que favorece la proliferación y actividad de microorganismos del rumen, resultando en una posible digestión más completa del forraje. En el caso presente la digestibilidad de la MS y la PB fue mayor ( $P < 0.05$ ) cuando se les suministró a los caprinos gaudul a 25% de inclusión relativo al control (56.7% vs. 51.4% y 58.7% vs. 51.2%; Cuadro 7). Rodríguez et al. (1998) también encontraron que la inclusión de *S. guianensis* y *L. leucocephala*, a 20% de sustitución en dietas basadas en HGT, aumentó la digestibilidad de la MS y PB. Sin embargo, en otro estudio la inclusión de gaudul a 40% del forraje ofrecido disminuyó la digestibilidad de la MS y no afectó la de PB (Rodríguez et al., 2010b, 2009). Foster et al. (2009a, b) concluyeron que el heno de gaudul es menos deseable que el heno de otras leguminosas, como *Vigna unguiculata*, *A. hypogaea* y *A. glabrata*, porque su inclusión a niveles muy altos (50% de la dieta en base seca) no mejoró el consumo de MS y redujo la digestibilidad de la materia orgánica (MO) en ovinos. Massama et al. (1997) evaluaron la suplementación con las leguminosas *Acacia angustissima*, *C. cajan*, *C. calothyrsus* y *L. leucocephala* a cuatro niveles (0, 50, 100 y 150 g MS/d) en dietas de ovinos que consumían maíz *ad libitum* como dieta basal, y observaron que las cuatro leguminosas aumentaron progresivamente el consumo de MS y la digestibilidad de MO al aumentar el nivel de inclusión. En el presente estudio la inclusión del gaudul en dietas basadas en HGT no afectó la digestibilidad de FDN. Según otros autores, aunque la inclusión de leguminosas arbustivas en dietas basadas en HGT mejora la composición química, el consumo voluntario y la digestibilidad de la MS y PB, no tiene el mismo efecto positivo sobre la degradabilidad de las paredes celulares (FDN). Wilson (1994) sugirió que la razón por la cual la suplementación con este tipo de leguminosa no aumenta la digestibilidad de la FDN se relaciona con el contenido de lignina en las leguminosas y la estructura interna de la fracción celulósica. Resultados *in vitro* también demuestran que la inclusión a diferentes niveles de leguminosas en dietas basadas en HGT no siempre está relacionada directamente con un aumento en la degradabilidad de la MS o paredes celulares, debido a efectos asociativos de tipo antagónico entre las forrajeras mezcladas (Rodríguez et al., 2009, 1998). El tipo de forraje (herbáceo o arbustivo), la voluminosidad del forraje a diferentes estados de madurez, las proporciones de sus fracciones anatómicas (i.e., hoja:tallo), la forma física en que se ofrece (i.e., fresco o conservado) y los cambios estructurales internos de los componentes de la pared celu-

lar (i.e., celulosa, lignina, hemicelulosa, ADIN) son factores que causan variación en el nivel de inclusión óptimo de diversas leguminosas.

Los resultados de esta investigación demuestran que al crecer y aumentar la altura de la planta de gandul, la relación hoja: tallo decreció en el intervalo de 60 a 180 días de edad. La edad de la planta afectó la composición química del material vegetativo completo y de sus fracciones anatómicas (hojas y tallos), observándose un aumento en los contenidos de MS y FDN y una disminución en el de PB. Entre las fracciones anatómicas, las hojas presentaron un mayor porcentaje de PB y menor de MS y FDN en comparación con los tallos. Aunque su selectividad por caprinos decreció en las pruebas de cafetería a medida que pasó el tiempo, el gandul presentó un alto potencial para ser ofrecido como suplemento fresco al presentar un consumo voluntario mayor en base húmeda que gramíneas nativas frescas y henificadas. La adición de 25% de heno de gandul a una dieta basal de heno de gramíneas tropicales aumentó el consumo y la digestibilidad de MS y de PB por caprinos en confinamiento sobre los niveles basales. La realización de pruebas de selectividad ingestiva del gandul bajo condiciones de pastoreo (ramoneo) y de estudios comparativos con otras leguminosas arbustivas, y el determinar el efecto de la inclusión de gandul en la dieta de pequeños rumiantes sobre su desempeño productivo (i.e., ganancia en peso) y reproductivo representan algunas alternativas de investigación para continuar evaluando el potencial de esta leguminosa arbustiva como parte integral de dietas para pequeños rumiantes.

#### LITERATURA CITADA

- Acero-Camelo, R.A.H., 2007. Evaluación de dos estrategias de alimentación en ganado caprino: Vigorización energética ("flushing") en hembras reproductoras y uso de *Calliandra calothyrsus* en cabros destetados. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. <http://grad.uprm.edu/tesis/aceroCamelo.pdf>.
- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists), 1991. Official Methods of Analysis, 13th ed. Washington, D.C.
- Ball, D.M., M. Collins, G.D. Lacefield, N.P. Martin, D.A. Mertens, K.E. Olson, D.H. Putnam, D.J. Undersander y M.W. Wolf, 2001. Understanding forage quality. American Farm Bureau Publication 1-01, Park Ridge, IL.
- Baloyi, J.J., N.T. Ngongoni y H. Hamudikuwanda, 2008. Chemical composition and ruminal degradability of cowpea and silverleaf desmodium forage legumes harvested at different stages of maturity. *Trop. Subtrop. Agrosys.* 8: 81-91.
- Baumgardt, B.R., 1967. Efficiency of nutrients utilization for milk production: Nutritional and physiological aspects. *J. Anim. Sci.* 26: 1186-1194.
- Crespo-Crespo, M., 2007. Características agronómicas, composición química y selectividad ingestiva por ganado ovino de tres leguminosas arbustivas: *Cratylia argentea* (Desv.) Kuntze, *Calliandra calothyrsus* Meisn. y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. <http://grad.uprm.edu/tesis/crespocrespo.pdf>

- Espinoza, F., 1996. Producción, valor nutritivo y consumo de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit por ovinos en Maracay. Tesis de M.S. UCV-FCV, Maracay, Venezuela. 150 pp.
- Foster, J.L., A.T. Adesogan, J.N. Carter, A.R. Blount, R.O. Myer y S.C. Phatak, 2009a. Intake, digestibility and nitrogen retention by sheep supplemented with warm-season legume hays or soybean meal. *J. Anim. Sci.* 87: 2891-2898.
- Foster, J.L., A.T. Adesogan, J.N. Carter, A.R. Blount, R.O. Myer y S.C. Phatak, 2009b. Intake, digestibility and nitrogen retention by sheep supplemented with warm-season legume haylages or soybean meal. *J. Anim. Sci.* 87: 2899-2905.
- Guevarra, E. y O. Guenni, 2004. Acumulación y distribución de biomasa de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, durante la fase de establecimiento. I. Repartición de biomasa. *Zootecnia Tropical* 22 (2): 147-156.
- Hernández-Valentín, K.A.H., 2007. *Calliandra calothyrsus* and *Arachis pintoi* supplementation effects on animal health and gastrointestinal nematodes infestation and condensed tannin extract effects on (*Haemonchus contortus*) larval motility. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. <http://grad.uprm.edu/tesis/hernandezvalentin.pdf>
- Martínez-Pamat, R., 2002. Caracterización nutricional del gandul (*Cajanus cajan*), basada en sus componentes químicos, desaparición in situ y cinética digestiva. Tesis MS. Universidad de Colima, México.
- Masama, E., J.H. Topps, N.T. Ngongoni y B.V. Maasdorp, 1997. Effects of supplementation with foliage from the tree legumes *Acacia angustissima*, *Cajanus cajan*, *Calliandra calothyrsus* and *Leucaena leucocephala* on feed intake, digestibility and nitrogen metabolism of sheep given maize stover ad libitum. *Anim. Feed Sci. Tech.* 69(1): 233-240.
- Rivera, E.L., 2003. Determinación de digestibilidad y consumo de materia seca de heno de *Arachis glabrata* en rumiantes. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. <http://grad/uprm.edu/tesis/riveraestremera.pdf>.
- Rodríguez, A.A., E.O. Riquelme y P.F. Randel, 1998. Inclusión de leguminosas forrajeras en dietas basadas en gramíneas tropicales. II. Consumo voluntario y digestibilidad aparente de nutrimentos. *J. Agric. Univ. P. R.* 82(1-2): 39-49.
- Rodríguez, A.A., D. Carmona, L. González, E. Valencia y P. Randel, 2009. Chemical composition, in vitro degradability, intake and digestibility of pigeon pea (*Cajanus cajan* var. Guerrero) and guinea grass hay by goats. *J. Anim. Sci.* 87 (E-Suppl. 2)/*J. Dairy Sci.* 92 (E-Suppl. 1).
- Rodríguez, A.A., D. Carmona, L. González, P.F. Randel y E. Valencia, 2010a. Chemical composition, in vitro degradability, and intake and digestibility by goats of pigeon pea (*Cajanus cajan* cv. Guerrero) and guinea hay mixtures. *J. Agric. Univ. P. R.* 94(3-4): 269-273.
- Rodríguez, A.A., G. Emmanuelli, W. González y P. Randel, 2010b. Evaluation of rhizoma peanut hay (*Arachis glabrata*) in sheep diets: Chemical composition, in vitro degradability, intake and digestibility. *J. Dairy Sci.* 93: E-Suppl.
- Román-Zayas, M., A. Rodríguez-Carías y E. Valencia, 2008. Composición química y consumo voluntario y digestibilidad de nutrimentos de *Calliandra calothyrsus* deshidratada por caprinos. Memorias Reunión Anual de la Sociedad Puertorriqueña de Ciencias Agrícolas (SOPCA), Isabela, PR.
- Sandoval-Centeno, B., 2007. Características agronómicas y nutricionales de asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. <http://grad/uprm.edu/tesis/sandovalcenteno.pdf>
- SAS Institute, 1990. SAS User's Guide: Statistics. SAS Inst., Cary, NC.

- Van Soest, P.J., J.B. Robertson y B.A. Lewis, 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 473-481.
- Van Soest, P.J., 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Comstock Publishing Associates, Ithaca, NY.
- Vázquez-Ortiz, M., 2009. Características fermentativas, estabilidad aeróbica, consumo voluntario y degradabilidad in vitro de henilaje de *Stylosanthes guianensis*. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. <http://grad.uprm.edu/tesis/vazquezortiz.pdf>
- Wilson, J.R., 1994. Cell wall characteristics in relation to forage digestion by ruminants. *J. Agric. Sci.* 122: 173-182.