

Efectos del estado de madurez en el valor nutritivo y momento óptimo de corte del forraje napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) en época lluviosa

Optimal harvest age for napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) during the rainy season based on yield and nutritional value

Ángel Arturo Santana Pérez^a, Antonio Pérez López^b, María Eugenia Figueredo Acosta^c

RESUMEN

Mediante una prueba continua de digestibilidad "in vivo" se cuantificaron los efectos de diez edades de rebrote (18, 25, 32, 39, 46, 53, 60, 67, 74 y 81 días) en el rendimiento, composición química, digestibilidad de los nutrientes, densidad energética y en el mejor momento de cosecha del forraje napier, considerando integralmente la producción de energía metabolizable y proteína digestible por hectárea en época lluviosa. Se utilizaron cuatro ovinos adultos machos alojados en jaulas de metabolismo, a los que se le suministró dos veces al día el forraje fresco procedente de un área experimental de la Universidad de Granma (Cuba), todo con un diseño totalmente aleatorizado. Los resultados obtenidos corroboraron incrementos estables del rendimiento de biomasa por hectárea (hasta 2.58 t/corte) y las típicas mermas nutritivas de las gramíneas con la edad. La proteína bruta decreció desde valores cercanos a 14 % hasta menos de la mitad a los 81 días, la materia seca (que es baja, 14 a 18 %) y la fibra bruta (30 a 38 %) se incrementaron. Los coeficientes de digestibilidad de todos los nutrientes estudiados y la energía metabolizable estimada (9.54 a 5.86 MJ/kg MS) fueron linealmente menores conforme madura el forraje y como consecuencia de todo lo anterior la producción de energía y proteína digestible se incrementó hasta un límite para luego disminuir, alcanzando su máximo entre los 54 y 60 días de rebrote, que implica finalmente el intervalo recomendado para la cosecha del forraje.

PALABRAS CLAVE: Napier, Estado de madurez, Rendimiento, Composición química, Digestibilidad, Valor nutritivo.

ABSTRACT

A continuous *in vivo* digestibility trial was done to measure the effects of ten regrowth ages (18, 25, 32, 39, 46, 53, 60, 67, 74 and 81 d) on forage yield, chemical composition, nutrient digestibility, energy density and optimal harvest age in napier grass, using energy and digestible protein production per hectare as the main variables. Experimental period was the rainy season and study area was Bayamo, Cuba. Four mature Pelibuey sheep wethers in metabolism cages were fed fresh forage twice daily under a completely randomized design. As regrowth age increased, biomass per hectare increased (up to 2.58 t/cut) and nutrient contents decreased. Crude protein decreased from over 14 % at 18 d to almost 6 % at 81 d, in contrast to progressive increases in dry matter (14 to 18 %) and crude fiber (30 to 38 %). With increasing regrowth age, linear reductions were observed in nutrient digestibility coefficients and estimated metabolizable energy (9.54 to 5.86 MJ/kg DM). Based on a combination of energy and digestible protein yield per hectare, recommended harvest age under the studied conditions is within an interval of 54 and 60 d of regrowth.

KEY WORDS: Napier grass, Maturity stage, Yield, Chemical composition, Digestibility, Nutritional value.

Mucha información se ha obtenido en investigaciones acerca de los cambios que se producen en los componentes químicos de los

Extensive research using both *in situ* and *in vivo* methods has been done on chemical composition changes in forages as they mature, and their

Recibido el 11 de junio de 2009. Aceptado para su publicación el 22 de marzo de 2010.

^a Centro de Estudios de Producción Animal. Universidad de Granma, carretera a Manzanillo, Km 17½, Bayamo, Granma, Cuba. Teléfono 53 23 481015 Extensión 185 santana@udg.co.cu. Correspondencia al primer autor.

^b Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", Granma, Cuba

^c Sede Universitaria Municipal de Manzanillo, Granma, Cuba.

forrajes y de su utilización por los animales, en la medida que se hacen más maduros con el uso de metodologías de evaluación “in situ” e “in vivo”. También se han realizado análisis del crecimiento y la producción de la planta mediante ajustes a modelos matemáticos, análisis de regresión, etc., pues se reconoce que la edad del forraje es el factor que más influye sobre los parámetros de respuesta animal cuando ésta es la principal fuente de energía y proteínas en la ración. Mas, decidir el momento preciso en que han de ser cortados constituye un factor clave para la implantación de prácticas sostenibles de manejo en los recursos forrajeros de las granjas pecuarias que son, por mucho, la principal fuente de nutrientes para los rumiantes en el trópico.

Se sabe desde hace mucho tiempo que cuando el forraje se hace más maduro se incrementan los contenidos de los nutrientes menos digeribles, que son aquellos constituyentes de la pared celular (celulosa, hemicelulosa, lignina), mientras que los más aprovechables por los animales decrecen en cuanto a su densidad⁽¹⁾. Estas medidas están asociadas a características morfofisiológicas de las plantas que pueden variar con la especie, la variedad, el clima, el suelo, la agrotecnia, etc., pero fundamentalmente con el estado de madurez^(2,3).

En sentido contrario a la citada negativa variación de estos indicadores del valor nutricional, se producen cambios positivos en la producción de biomasa, ya que la cantidad por unidad de superficie explotada se incrementa, fundamentalmente en un periodo intermedio conocido como llamarada de crecimiento⁽⁴⁾.

Utilizar los pastos y los forrajes en su momento adecuado es una de las tareas que deben cumplir con rigor los ganaderos actuales para obtener buenas producciones, tanto en los animales, como en sus áreas explotadas. Este conocimiento, como todos los demás que se puedan considerar acerca de los forrajes, contribuirá a un uso más eficiente de este importante recurso de los sistemas de producción animal.

En la mayoría de los casos se han estudiado los efectos de edades de rebrote a intervalos semanales,

utilization by animals. Given that forage age is known to be the most influential factor on animal response parameters when forages are the main dietary energy and protein sources, plant growth and production analyses have also included adjusted mathematical models and regression analyses, among other approaches. Indeed, determining the precise moment for forage harvest is a key element in implementing sustainable forage resource management practices on livestock ranches in the tropics where forage is the principal nutrient source for ruminants.

It is well known that as forage matures its content of less digestible nutrients (i.e. cell wall constituents such as cellulose, hemicellulose and lignin) increases while the density of nutrients used most by animals decreases⁽¹⁾. These proportions are fundamentally linked to stage of maturity but can also vary due to species, variety, climate, soils, agrotechnology, etc.^(2,3). Simultaneously, greater maturity also brings positive biomass production in that the amount per exploited surface unit increases, which occurs primarily in an intermediate period known as the growth spurt⁽⁴⁾. To maximize animal and forage production, producers must harvest grasses and forages at the proper stage of maturity to ensure the most efficient possible use of this vital resource in animal production systems.

Most studies of the effect of regrowth age in forages have been done at intervals of a week, 10 and a fortnight, while many others evaluate only three stages of maturity: vegetative or pre-flowering; flowering; and post-flowering. Recommendations are then made based on the results. However, producers are in contact with their pastures on a daily basis and can therefore make technical decisions at any moment, meaning forage harvest plans do not necessarily need to follow the intervals fixed by these studies. Nutrition technicians commonly consult one of these quite variable nutritional value tables. According to forage stage of maturity, they find the corresponding nutritional content and then establish forage harvest patterns and ration formulations based only on this content and available biomass.

decenales y quincenales, y al final se recomienda una de las evaluadas; y no son escasos los reportes donde se han evaluado únicamente tres estados de madurez: el vegetativo o antes de la floración, durante la floración y después de la floración plena. Pero como el trabajo del ganadero es diario y las decisiones técnicas pueden tomarse a cada momento, no necesariamente hay que establecer planes prefijados en esos mismos intervalos.

Por todo lo anterior las disímiles tablas de valor nutritivo que mayormente se consultan ofrecen detalles de las variaciones antes citadas, y el técnico nutricionista sencillamente busca, para la edad a que explota su forraje, cuál es el contenido de nutrientes; entonces establece los patrones de corte de sus forrajes y formula sus raciones considerando solamente tal contenido y la biomasa disponible.

Los objetivos del trabajo fueron determinar el rendimiento, la composición química y el valor nutritivo del forraje napier a diferentes edades de rebrote. Así como calcular de una manera integrada cuál es el mejor momento para su corte en la época lluviosa a partir de la variación que tiene su valor nutritivo y su rendimiento de nutrientes asimilables por hectárea.

A un área experimental de 3.2 ha pertenecientes a la Universidad de Granma (Bayamo, Cuba) cubierta en un 100 % por napier (*Pennisetum purpureum*) se le realizó un corte de homogenización (14 de junio, 2006) de forma mecanizada a una altura de 15 cm desde el suelo, con una silo-cosechadora SPZ de fabricación checa.

El área está localizada en la región oriental del país donde existe un régimen de lluvias de 1,600 mm anuales de las cuales el 60 % ocurren en la época lluviosa. El suelo es del tipo pardo tropical sin carbonatos (según el Instituto Cubano de Suelos), es decir un suelo "Eutric Cambisol" según la clasificación de la FAO-UNESCO⁽⁵⁾ con un contenido de materia orgánica de 3.3% y pH de neutro a ligeramente ácido (6.7 a 7.0), al cual no se le aplicó riego ni fertilización y se le habían realizado tres cortes anteriores durante un año de explotación desde su plantación con densidad de

The objectives were to determine forage yield, chemical composition and nutritional value for Napier grass at a series of regrowth ages and then use these data to make an integrated calculation of optimum harvest time during the rainy season based on variations in nutritional values and assimilable nutrient yield per hectare.

The study area was a 3.2 a parcel planted with 100 % napier grass *Pennisetum purpureum* located at Granma University, Bayamo, Cuba. A mechanized SPZ silo-harvester (Czechoslovakia) was used to make a homogenization cut (June 14, 2006) at 15 cm above ground level. The Bayamo region is in eastern Cuba where annual average rainfall is 1,600 mm, 60 % of which occurs during the rainy season. Soils are Eutric Cambisol⁽⁵⁾, known in Cuba as carbonates-free brown tropical type soil (Instituto Cubano de Suelos); they contain 3.3% organic matter and are neutral to slightly acid (pH 6.7 to 7.0). The napier grass had been planted in May 2005 (3.5 to 4 t vegetative seed per hectare, 30 cm deep, 1 m between rows), had received no irrigation or fertilization and had been harvested three times before the evaluated harvest. Monthly rainfall during the four-month study period averaged > 130 mm (Table 1)⁽⁶⁾.

Yield per hectare was determined by taking forage samples on a weekly basis between 18 and 81 d of regrowth⁽⁹⁾, correcting for the parcel edge effect (no material from a 2 m margin around the parcel edge was included). Five visual traits were evaluated using 1-to-5 scales, and sub-samples were pooled to quantify nutrient concentration⁽¹⁰⁾: dry matter

Cuadro 1. Precipitaciones y cantidad de días efectivos de lluvia durante el periodo experimental

Table 1. Rainfall and days of effective rainfall during experimental period

Month	Rainfall (mm)	Effective days
May	158	10
June	161	16
July	130	19
August	189	11

3.5 a 4 t de semilla vegetativa por hectárea, a 30 cm de profundidad y a una distancia de 1 m entre surcos, en mayo del año anterior. Las precipitaciones caídas en la zona durante el experimento se muestran en el Cuadro 1⁽⁶⁾.

Se realizó una prueba para cuantificar la digestibilidad *in vivo* aparente de los nutrientes por el método de recolección de heces y análisis químico diferencial de éstas y del alimento. Se empleó un método de comparación por períodos, diseño totalmente al azar con cuatro ovinos machos adultos castrados (28.5 ± 1.85 kg de peso vivo) de la raza Pelibuey, que fueron alojados en jaulas de metabolismo a los cuales se le ofreció, dos veces al día (0830 y 1630) el forraje cortado diariamente y troceado en partículas de 3 a 5 cm de longitud, a razón de 110 % del consumo del día anterior para evitar rechazos y selección del material, por lo cual la oferta se ajustó diariamente. Se realizó un periodo de adaptación previa al forraje durante 15 días; todo ello basado en recomendaciones previas^(7,8) para este tipo de experimentos. Los animales recibieron además agua y sales minerales *ad libitum*.

Se tomaron muestras semanales del forraje a partir de los 18 y hasta los 81 días de rebrote para determinar su rendimiento por hectárea⁽⁹⁾ descartando siempre el efecto de borde de la parcela (menos 2 m del inicio de las hileras y menos las dos hileras de los lados de la parcela), con cinco puntos visuales (valores de 1 a 5) y unión posterior de las submuestras para cuantificar la concentración de los nutrientes⁽¹⁰⁾: materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas totales, proteína bruta (PB, N x 6.25), extracto etéreo (EE), fibra bruta (FB) y extracto libre de nitrógeno (ELN).

La energía metabolizable (EM) del forraje fue estimada por la siguiente ecuación⁽¹¹⁾, que fue adaptada para obtener la energía en MJ/kg MS (1 Mcal = 4.184 MJ):

$$EM \text{ (MJ/kg MS)} = 4.184 ((4.3 \text{ PBD} + 7.8 \text{ EED} + 2.9 \text{ FBD} + 3.7 \text{ ELND})/1000)$$

Donde: PBD= proteína bruta digestible en g/kg MS; EED= extracto etéreo digestible en g/kg MS;

(DM); organic matter (OM); total ash; crude protein (CP, N x 6.25); ether extract (EE); crude fiber (CF); and nitrogen-free extract (NFE). Forage metabolizable energy (ME) content was estimated using the following equation⁽¹¹⁾, adapted to calculate energy as MJ/kg DM (1 Mcal = 4.184 MJ):

$$ME \text{ (MJ/kg DM)} = 4.184 ((4.3 \text{ DCP} + 7.8 \text{ DEE} + 2.9 \text{ DCF} + 3.7 \text{ DNFE})/1000)$$

Where: DCP= digestible crude protein (g/kg DM); DEE= digestible ether extract (g/kg DM); DCF= digestible crude fiber (g/kg DM); DNFE= digestible nitrogen free extract (g/kg DM).

A comparison by period method was applied with a totally randomized design. Experimental animals were four Pelibuey sheep wethers (28.5 ± 1.85 kg live weight) housed in metabolism cages and fed twice daily (0830 and 1630 h). After a 15-day adaptation period^(7,8), the animals were fed Napier grass forage harvested daily and chopped into 3 to 5 mm particles. Feed ration was adjusted daily to 110 % of the previous day's intake to minimize leftovers and material selection. Animals were also provided free access to water and mineral salts. Forage apparent *in vivo* digestibility was quantified by collecting feces and running a differential chemical analysis of these and the feed.

Results were analyzed with a simple analysis of variance and a post hoc comparison with a Tukey HSD test to compare the means of each treatment (forage regrowth age); significance was set at $P < 0.05$. The regression analysis was done by comparing adjustments of the dependent variables to linear ($y = a + bx$), quadratic ($y = a + bx + cx^2$) and cubic ($y = a + bx + cx^2 + dx^3$) functions. The best was that with the highest and most significant R^2 value. In these equations, the X (forage regrowth age in days) values where Y (DP/ha and ME/ha yield) is maximum were calculated making the first derivative equal to zero.

In terms of fresh and dry matter, the Napier grass exhibited a typical increase in biomass as age increased (Table 2). The observed yields are acceptable for the edaphoclimatic conditions in the study area, considering that no fertilizer was applied

FBD= fibra bruta digestible en g/kg MS; ELND= extracto libre de nitrógeno digestible en g/kg MS

Todo el procesamiento estadístico se realizó con el programa STATISTICA for Windows⁽¹²⁾. El mismo incluyó análisis de varianza simple y comparación *post hoc* mediante la prueba de Tukey HSD para comparar las medias de cada tratamiento (edad del forraje) donde se consideró significativo todo valor de $P < 0.05$. El análisis de regresión efectuado se basó en la comparación de los ajustes de las variables dependientes a funciones lineales ($y = a + bx$), cuadráticas ($y = a + bx + cx^2$) y cúbicas ($y = a + bx + cx^2 + dx^3$) de donde se seleccionó como mejor aquella de más alto y significativo valor de R^2 . En estas ecuaciones los valores de X (edad del forraje en días) donde Y (rendimiento de PD/ha y de EM/ha) es máxima, fueron calculados igualando cero su primera derivada.

En el Cuadro 2 se ofrece la dinámica del rendimiento, en términos de materia verde y de materia seca, del forraje napier por edad corte o de rebrote. Es de notar el típico incremento en la producción de biomasa según avanzan en edad. Estos rendimientos son aceptables para las condiciones edafoclimáticas existentes, además considerando que no se aplicó fertilización alguna y que las precipitaciones y su distribución dentro de cada mes se comportaron muy parecidas a los años anteriores⁽⁶⁾. Lo anterior se puede comprobar si se tiene en cuenta que en el trópico suelen hacerse unos cuatro cortes en la época lluviosa y otros 2 ó 3 en la época seca⁽¹³⁾, donde rinde menos del 30 % del total anual. Entonces, en unión al contenido de materia seca cuantificado (Cuadro 3), se pueden predecir rendimientos entre 11 y 15 t MS/ha/año, que es un margen reconocido como característico de la especie. En Cuba se han obtenido rendimientos de 15.5 t MS/ha/año con la particularidad de que se produce en la época de seca solamente el 14.2 % de este total⁽¹³⁾, lo cual ha sido motivo de mayor preferencia por el uso de otras especies o variedades forrajeras, incluso del mismo género *Pennisetum*, como el king grass. Lógicamente la ausencia de fertilizantes bajan los rendimientos, que pueden ser de 33 y hasta 56 t MS/ha/año cuando se emplean altas dosis de N,P,K⁽¹⁴⁾.

and that monthly rainfall levels and distribution were similar to previous years⁽⁶⁾. This coincides with reports that in the tropics four cuts are typical in the rainy season and 2 to 3 during the dry season⁽¹³⁾, in which yields are < 30 % of the annual total. Based on dry matter yields (Table 2), predicted napier grass yields under the study conditions would be from 11 to 15 t DM/ha/yr, a typical range for this species. Yields as high as 15.5 t DM/ha/yr have been produced in Cuba, although only 14.2 % of this was produced during the dry season⁽¹³⁾. This yield dynamic has led to a preference among producers for other forage species or varieties, including King grass, also from the *Pennisetum* genus. Lack of fertilizing clearly lowers yields, which can range from 33 to 56 t DM/ha/yr with high doses of N,P,K⁽¹⁴⁾.

Fresh and dry matter yields increased significantly up to 46 d regrowth, after which production per hectare stabilized. This suggests that the growth spurt in napier grass under these conditions ends at approximately 46 d and that optimum harvest time is close to this point. Yields within the study area had good homogeneity, based on the low variability shown by the standard deviation values.

Cuadro 2. Rendimiento del forraje napier a las edades de rebrote seleccionadas

Table 2. Napier grass forage yield at studied regrowth ages

Days regrowth	Fresh matter (Mean ± SD)	Dry matter (Mean ± SD)
18	5.24 ± 0.45 ^a	0.749 ± 0.04 ^a
25	7.93 ± 0.39 ^b	1.211 ± 0.06 ^b
32	8.51 ± 0.69 ^c	1.344 ± 0.11 ^c
39	11.85 ± 0.96 ^d	1.942 ± 0.11 ^d
46	12.22 ± 1.16 ^d	2.182 ± 0.15 ^e
53	13.54 ± 1.15 ^e	2.520 ± 0.18 ^f
60	13.92 ± 1.42 ^e	2.625 ± 0.23 ^f
67	14.15 ± 1.13 ^e	2.526 ± 0.23 ^f
74	14.19 ± 1.53 ^e	2.638 ± 0.19 ^f
81	14.15 ± 1.39 ^e	2.580 ± 0.26 ^f

abcdef Means with the same letter superscripts in the same column are not significantly different according to a Tukey test. SD = Standard deviation.

Existieron incrementos significativos de los rendimientos, tanto de materia verde como de materia seca, hasta los 46 días de edad, a partir de la cual se estabiliza más la producción por hectárea, indicando que hasta esa edad la planta crece más rápidamente y después se estabiliza bastante, lo que sugiere de momento que la llamada de crecimiento de este forraje concluye por esos días y el momento óptimo de corte está próximo a obtenerse. También es importante destacar los valores de la desviación estándar, como indicador de la variabilidad de las observaciones, que permiten afirmar que el área en estudio tiene muy buena homogeneidad.

El contenido de MS fue aumentando progresivamente con la edad (Cuadro 3) en un rango característico del género *Pennisetum* que es reconocido por su alto contenido de humedad, ya que fluctúa entre 17 y 22 %, en época lluviosa⁽¹³⁾; de la misma manera la FB se eleva hasta 36 %. Lo contrario ocurre con el contenido proteico, que disminuye conforme a la típica variación que en este sentido se reporta por diferentes autores, aunque en el presente trabajo se obtuvieron valores proteicos muy por debajo de los obtenidos en otros países; por ejemplo en Indonesia se reporta 14.4 % a inicios de la floración⁽¹⁵⁾, valor éste que se obtuvo cuando el forraje tiene

Dry matter content increased progressively with age (Table 3) within a range characteristic of *Pennisetum*, a genus known for its high moisture content (17 to 22 % in the rainy season)⁽¹³⁾ and a CF content of up to 36 %. In contrast, protein content decreased with regrowth age from a high of 14.71 % at 18 d to 6.11 % at 81 d. This trend coincides with that reported elsewhere, although the protein values recorded in the present study were much lower than observed in other countries; for example, in a study done in Indonesia protein content was 14.4 % at flowering⁽¹⁵⁾, which is comparable to the value observed here at 18 d. Decreases in protein content are caused by an increase in stem proportion, which has a lower protein percentage than leaves, and a reduction in leaf and stem fraction crude protein content with age⁽¹⁶⁾. In summary, as regrowth age increases so does structural carbohydrate (lignin, cellulose and hemicellulose) synthesis, consequently lowering the proportion of soluble forms and negatively affecting feed quality.

Another indicator of a feed's nutritional value is the degree to which nutrients are used by animals during digestion^(16,17). In the digestibility trial, the proportion of each digested nutrient decreased as regrowth age increased (Table 4): from 70 to

Cuadro 3. Contenido de materia seca (DM), proteína bruta (CP) y fibra bruta (CF) del forraje napier a las diferentes edades de rebrote (%)

Table 3. Dry matter (DM), crude protein (CP) and crude fiber (CF) content of napier grass at different regrowth ages (%)

Days regrowth	DM ± SD	CP ± SD	CF ± SD
18	14.29 ± 1.52 a	14.71 ± 0.96 a	29.95 ± 5.00 a
25	15.27 ± 0.99 ac	13.15 ± 1.44 ab	31.10 ± 6.12 ab
32	15.79 ± 1.55 ab	12.22 ± 1.96 b	31.34 ± 5.55 ab
39	16.39 ± 1.23 bcd	11.24 ± 2.96 b	31.52 ± 6.01 ab
46	17.86 ± 1.66 de	9.58 ± 0.57 c	31.56 ± 6.19 ab
53	18.61 ± 2.05 df	8.54 ± 1.23 cd	34.50 ± 5.67 ab
60	18.86 ± 1.93 ef	8.25 ± 1.39 d	35.35 ± 7.14 b
67	17.85 ± 2.56 d	7.33 ± 1.88 d	35.50 ± 6.19 b
74	18.59 ± 2.09 d	7.38 ± 0.89 de	36.70 ± 7.89 b
81	18.23 ± 2.77 d	6.11 ± 1.25 e	35.89 ± 5.63 b

abcd Means with the same letter superscripts in the same column are not significantly different according to a Tukey test. SD = standard deviation.

aquí 18 días de edad. Esta disminución se debe a un aumento de la proporción del tallo, cuyo porcentaje de proteínas es inferior al de las hojas, y por la disminución del porcentaje de proteína bruta de la fracción hoja y tallo según envejecen⁽¹⁶⁾. Muchos autores sintetizan que al aumentar la edad de rebrote se incrementa la síntesis de carbohidratos estructurales (lignina, celulosa, y hemicelulosa), disminuyen las formas solubles, y se afecta la calidad.

El grado de aprovechamiento durante la digestión de los nutrientes por los animales es otro de los indicadores que incluye el concepto de valor nutritivo de un alimento^(16,17), por eso se muestran en el Cuadro 4 los coeficientes de digestibilidad (D) de la MS, PB y FB, así como la EM estimada a partir de estos.

Se aprecia que la proporción de cada nutriente digerido disminuye también a medida que el forraje se va haciendo más maduro desde valores superiores a 70 % hasta algo más de 47 % para el caso de la DMS y de la DFB, mientras para la DPB desde casi 90 hasta 67 %. Este decremento es consecuencia directa del empeoramiento cualitativo que sufre la materia seca con el aumento de la

47 % for DM, and from 90 to almost 67 % for CP. This is a direct consequence of the qualitative decrease of dry matter constituents as forage age increases. Causes for this decrease include carbohydrate insolubilization (i.e. greater crude fiber), progressive cell wall lignification and reduced protein availability, which in combination produce a lower degree of forage degradation in the rumen.

Nutritional evaluations of *Pennisetum purpureum* varieties and clones (King grass, Mott, Taiwan, Merkeron, CT, CRA and CIAT)^(13,18,19) in Cuba have produced DM digestibility values ranging from 50 to 60 %, superior to those for the Napier grass evaluated in the present study (Table 4). In these studies, CF digestibility was always higher than CP digestibility, which contrasts with the values reported here for napier grass. However, protein values reported for the varieties and clones rarely surpassed 7 %, much lower than that observed for Napier grass at the studied ages and a possible cause for the differences in digestibility. In a study done in Brazil which is similar to the present study, apparent DM digestibility for Mott hay was very near the values reported here, with the same tendencies observed for Napier grass, although regrowth age

Cuadro 4. Digestibilidad de la materia seca (DMD), proteína bruta (CPD) y fibra bruta (CFD), y energía metabolizable (ME) del forraje napier a las diferentes edades de rebrote

Table 4. Dry matter (DMD), crude protein (CPD) and crude fiber (CFD) digestibilities, and metabolizable energy (ME) of napier grass at different regrowth ages

Days regrowth	DMD ± SD (%)	CPD ± SD (%)	CFD ± SD (%)	ME ± SD (MJ/kg)
18	73.84 ± 5.69 a	89.48 ± 4.95 a	78.57 ± 7.89 a	9.542 ± 1.15 a
25	70.52 ± 5.07 ab	87.76 ± 6.17 a	77.28 ± 6.33 a	9.029 ± 0.93 a
32	69.04 ± 5.55 ab	86.75 ± 6.10 a	77.20 ± 6.38 a	8.800 ± 1.16 ab
39	65.48 ± 6.00 b	84.32 ± 7.71 a	72.64 ± 8.38 a	7.762 ± 0.67 b
46	59.04 ± 3.27 c	74.23 ± 7.00 b	70.96 ± 8.11 ab	7.410 ± 0.53 b
53	58.72 ± 6.67 cb	69.88 ± 7.15 b	68.39 ± 5.69 b	6.841 ± 0.58 bc
60	47.80 ± 5.00 d	67.58 ± 6.24 bc	60.72 ± 5.91 c	5.739 ± 0.61 c
67	47.56 ± 5.00 d	65.50 ± 6.43 c	60.70 ± 7.60 c	6.256 ± 0.83 c
74	45.23 ± 6.98 d	66.04 ± 5.67 c	58.55 ± 6.12 c	6.106 ± 1.13 bc
81	42.96 ± 4.11 d	64.11 ± 4.99 c	60.15 ± 5.15 c	5.862 ± 0.66 c

abc Means with the same letter superscripts in the same column are not significantly different according to a Tukey test. SD = standard deviation.

edad del forraje, debido entre otros factores, a la insolubilización de los carbohidratos (entiéndase aumento de la fibra bruta), a la lignificación progresiva de la pared celular y a la disminución de la disponibilidad de proteína, que combinados todos provocan que los animales hagan una menor degradación del forraje en el rumen.

En Cuba las evaluaciones nutritivas hechas a diferentes variedades y clones de la especie *Pennisetum purpureum* (king grass, Mott, taiwan, merkerón, CT, CRA y CIAT)^(13,18,19) arrojan valores de la DMS en un rango entre 50 y 60 %, resultando ser superiores a las obtenidas aquí con napier para las últimas edades evaluadas. En esos mismos experimentos siempre la DFB fue superior a la DPB, lo que es contrario a las digestibilidades mostradas en el Cuadro 4; sin embargo ninguno de esos clones alcanza los valores proteicos obtenidos por el napier. Los reportes encontrados ofrecen promedios de PB raramente por encima del 7 % en esas edades estudiadas y las diferencias en la digestibilidad podrían estar relacionadas con este fenómeno. También en Brasil⁽²⁰⁾ se realizó una investigación similar con heno de Mott y se obtuvieron digestibilidades aparentes de la MS muy parecidas a las del presente experimento. En esta misma fuente bibliográfica se puede constatar que muchas de las variables cuantificadas no estaban estadísticamente influenciadas por la edad de corte del forraje henificado, sin embargo sí fueron observadas las mismas tendencias que se obtienen con el napier.

Las densidades energéticas que se exponen en el Cuadro 4, para las edades estudiadas, están en los intervalos apreciados en la literatura^(18,19,21) y se pueden considerar como propias de un forraje de buena calidad. Se han obtenido valores de 7.30 MJ/kg MS con el napier y similares para la EM a edades avanzadas de corte⁽²²⁾ de otros forrajes tropicales que resultan semejantes a los de esta investigación en las edades alrededor de 46 días.

La contradicción que representa el incremento del rendimiento del forraje y el descenso de su valor nutritivo en la misma medida que es más maduro, se propone sea resuelta con la información que se

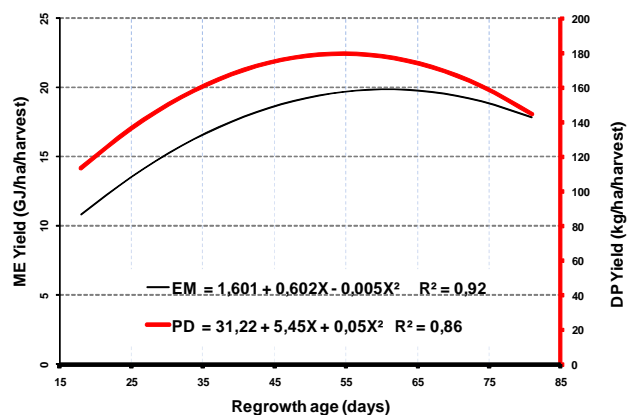
of the hayed forrage had no statistically significant effect on the studied variables.

Energy densities for Napier grass at the studied regrowth ages were within reported ranges^(18,19,21) and indicate it to be a good quality forage. At regrowth ages similar to 46 d, similar ME values to those observed here have been reported for napier grass (7.30 MJ/kg DM) and other tropical forages⁽²²⁾.

Resolving the challenge of increased forage yields accompanied by a simultaneous decrease in nutritional value requires the integration of productive and forage quality aspects (Figure 1). The curves shown in this figure represent the best fits to the variation observed in ME and DP production per hectare and harvest. There is a clear increase in both variables per hectare in each harvest until a peak is reached, after which both begin to descend; for DP this point is at 54.5 d and for ME it is at 60.2 d. In other words, these are the X values at which each dependent variable reached its maximum. They provide a regrowth age range for optimum harvest during the rainy season given that the combined fluctuations in DM yield and forage nutritional value are more diagnostic than either variable alone.

Figura 1. Variación del rendimiento de energía metabolizable y proteína digestible del napier según su edad de rebrote

Figure 1. Metabolizable energy (ME) and digestible protein (DP) of napier grass by regrowth age



brinda en la Figura 1 que integra aspectos productivos y de la calidad del forraje. Aquí aparecen, entre todas las ecuaciones que se probaron, las dos curvas de tendencia más ajustadas a la variación de la producción de EM y proteína digestible (PD) por hectárea y por corte. Se muestra claramente el aumento del rendimiento en términos de PD y de EM por hectárea en cada corte hasta una edad a partir de la cual comienza a descender; siendo los valores de 54.5 días, para la producción de PD, y de 60.2 días para el rendimiento en EM, el punto de inflexión de las respectivas ecuaciones; es decir son estos los valores de X donde se alcanza el punto máximo para ambas variables dependientes. Estos dos valores permiten establecer un rango de edad dentro del cual se encuentran los momentos óptimos para cosechar el forraje en esta época del año, ya que más importante que las fluctuaciones en el rendimiento de MS y en el valor nutritivo del forraje lo es la fluctuación de ambos parámetros en conjunto.

Se ha llegado a comprobar en otras investigaciones similares que la edad del forraje no llega a ser, a veces, un buen indicador del valor nutritivo de esta especie^(17,19), es entonces la producción de nutrientes asimilables por hectárea el aspecto de mayor prioridad, ya que permite estimar con más certeza la producción animal que se lograría en la misma superficie de forraje.

Se informan rendimientos de 920 kg de PD/ha/año y cerca de 250 GJ/ha/año en investigaciones realizadas con el king grass, que es una especie del mismo género del napier⁽¹³⁾, pero empleando altas dosis de fertilizantes. Estos valores resultan ser mucho más altos que los obtenidos en el presente trabajo que se calculan entre 630 y 700 kg de PD/ha/año, mientras que para la EM están entre 70 y 135 GJ/ha/año, considerando el rendimiento obtenido en lluvia y el número de cortes que se pudieran realizar en ambas épocas del año. Estas cifras son, sin embargo, similares a las obtenidas con otros forrajes tradicionales como el pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*)⁽¹³⁾.

Se concluye que el incremento de la edad de rebrote del napier en época lluviosa provoca cambios en su calidad nutritiva y en su rendimiento, donde

Similar studies have shown that forage regrowth age is not always a good indicator of nutritional value in these species^(17,19). Assimilable nutrient production per hectare is much more indicative, because it allows a more accurate estimate of potential animal production per forage surface area. High digestible protein yields of 920 kg DP/ha/yr and almost 250 GJ/ha/yr have been reported for heavily fertilized King grass. These values are much higher than observed here for napier grass (630-700 kg DCP/ha/yr; 70-135 GJ/ha/yr), taking into account the season and the number of possible annual harvests. However, these values are similar to those of other traditional forages, such as star grass (*Cynodon nlemfluensis*)⁽¹³⁾.

In conclusion, regrowth age of Napier grass during the rainy season affects nutritional quality and forage yield. Biomass increases quickly up to 46 d while dry matter quality and nutrient assimilation tend to decrease over time. Integrated analysis of yield and nutritional value indicators show that during the rainy season optimum results are produced when harvest occurs between 54 and 60 d after regrowth.

End of english version

son claras las tendencias a elevarse la producción de biomasa rápidamente hasta los 46 días de edad y a empeorar la calidad de la materia seca y la asimilación de los nutrientes contenidos en ella.

El análisis integrador de los indicadores del rendimiento y del valor nutritivo demuestra que entre los 54 y 60 días de rebrote se obtienen los mejores resultados durante la época lluviosa.

LITERATURA CITADA

1. Bosch MW, Tamminga S, Post G, Leffering CP, Muylaert JM. Influence of stage of maturity of grass silages on digestion processes in dairy cows. 1. Composition, nylon bag characteristics, digestibility and intake. *Livestock Prod Sci* 1992;(32):245-264.
2. Rotz CA, Muck RE. Changes in forage quality during harvest and storage. In: Fahey Jr. GC editor. Forage quality, evaluation,

- and utilization. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA, 1994:828-868.
3. Van Soest PJ. Environment and forage quality. In: Proceed Cornell Nutrition Conf for Food Manufacturers. Cornell Univ, Ithaca, NY, USA. 1996.
 4. Voisin A. Productividad de la hierba. Madrid: Editorial. Tecnos. SA; 1963.
 5. FAO-UNESCO. Soil Map of the World. Revised Legend. World Soil Resources. Report 60. FAO, Rome, Italy. 1988.
 6. AEGr. Territorio y medio ambiente. Anuario estadístico de Granma. Edición 2007. Oficina Territorial de Estadísticas de Granma. Cuba. 2007.
 7. García-Trujillo R. Cáceres O. Nuevos sistemas para expresar el valor nutritivo de los alimentos y el requerimiento y racionamiento de los rumiantes. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba: Empresa Nacional de Producciones de la Educación Superior de Cuba (ENPES); 1984.
 8. Cáceres O, González E. Metodología para la determinación del valor nutritivo de los forrajes tropicales. Pastos y Forrajes 2000;23(2):89-95.
 9. Haydock KP, Shaw NH. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. Aust J Exp Agric Anim Husband 1975;(15):663-670.
 10. AOAC. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA. USA. Association of Official Analytical Chemists. 1990.
 11. Legel S. Hochschulstudium tropische und subtropische Landwirtschaft. Institut für Tropische Landwirtschaft. Karl Marx Universität. Leipzig. DDR. 1981:1-15.
 12. StatSoft, Inc. User's Guide. STATISTICA (data analysis software system), version 6. Tulsa OK. 74014. USA. 2003.
 13. Herrera RS, Ramos N, Sistachs M, Ayala JR, Barrientos A, Martínez RO, et al. King Grass: plantación, establecimiento y manejo en Cuba. Comité Editorial del Instituto de Ciencia Animal (CEDICA). Cuba. 1990.
 14. Samson R, Mani S, Boddey R, Sokhansanj S, Quesada D, Urquiaga S, Reis V, Ho C. The potential of C₄ perennial grasses for developing a global BIOHEAT industry. Critical Rev in Plant Sci 2005;(24):461-495.
 15. Evitayani, Warly L, Fariani A, Ichinoe T, Abdulrazak SA, Hayashida M, Fujihara T. Nutritive value of selected grasses in North Sumatra, Indonesia. J Anim Sci 2005;(76):461-468.
 16. Gutteridge RC, Shelton HM. Forage tree legumes in tropical agriculture. Wallingford, G.B. CAB International. Oxford. United Kingdom. 1994.
 17. Santana AA. Mejoramiento del valor nutritivo de los ensilajes tropicales mediante mezclas de gramíneas y leguminosas [tesis doctorado]. La Habana, Cuba: Universidad Agraria de la Habana; 2000.
 18. Fernández JL, Benítez DE, Gómez I, Cordoví E, Leonard I. Dinámica de crecimiento del pasto *Brachiaria radicans* vc Tanner en las condiciones edafoclimáticas del valle del Cauto en la provincia Granma. Rev Cub Cienc Agric 2001;35(4):399-405.
 19. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Tablas de Valor nutritivo de los recursos forrajeros Tropicales. Multimedia: ISBN-959-16-0193-X.
 20. Kozloski GV, Perotoni J, Sanchez LMB. Influence of regrowth age on the nutritive value of dwarf elephant grass hay (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Mott) consumed by lambs. Anim Feed Sci Tech 2005;(119):1-11.
 21. Göhl B. Piensos Tropicales: Resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos. Colección FAO: Producción y Sanidad Animal. FAO. Roma, Italia. 1982.
 22. Mlay PS, Pereka A, Phiri EC, Balthazary S, Igusti J, Hvelplund T, Weisbjerg MR, Madsen J. Feed value of selected tropical grasses, legumes and concentrates. Veterinarski Archiv 2006;76 (1):53-63.