

## Composición química, degradabilidad y producción de gas *in vitro* del follaje de doce cultivares de batata (*Ipomoea batatas* Lam)

Á. Ojeda, A. A. Matos y A.R. Cardozo

Instituto de Producción Animal, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay 2101, Apartado Postal 4579, Venezuela

Correo electrónico: ajojeda99@yahoo.com

Se realizó un experimento para evaluar la composición química, degradabilidad *in vitro* de la materia seca a 48 y 96 h (Deg48 y Deg96, respectivamente), producción acumulada de gases a 48 y 96 h (Gas48 y Gas96, respectivamente) y estimar la energía metabolizable (EM) del follaje de doce cultivares de batata (*Ipomoea batatas* Lam). Estos se identificaron como Huambanchero, Mariara, Topera, Tucutunemo, DLP2850, FNC765, 15, 21, 44, 45, 60 y 199069.1 y fueron cultivados durante 120 d en siete bloques, cada uno de 12 parcelas (21.6m<sup>2</sup>). No se observaron diferencias en la composición química (11.5 ± 1.3 % PC, 3.6 ± 0.2 % EE, 40.8 ± 3.2 % FND, 15.1 ± 1.5 % cenizas, 1.3 ± 0.3 % Ca y 0.56 ± 0.1 % P), Gas48 y Gas96 (216.5 ± 8.1 y 281.0 ± 18.5 mL, respectivamente), tasa fraccional de producción de gases (0.06 ± 0.004 mL/h) y fase de retraso (2.7 ± 0.24 h). El cultivar Mariara presentó las mayores (P < 0.01) Deg48 y EM (84.8 % y 13.7 MJ/kg MS, respectivamente), mientras que los menores registros correspondieron a Huambanchero (72.1 % y 12.7 MJ/kg MS, respectivamente). La Deg48 presentó correlaciones positivas (r = 0.99, P < 0.01) con Gas96, tasa fraccional de producción de gases, fase de retraso y EM. Se concluye que el follaje de batata de los cultivares evaluados es un material fibroso con una composición química, parámetros de la fermentación ruminal, degradabilidad *in vitro* y EM que sugieren su uso como un recurso alternativo para la alimentación de rumiantes en el trópico.

Palabras clave: *Ipomoea batatas*, follaje, energía metabolizable, alimentación, rumiantes, trópico.

La batata, boniato, camote o papa dulce (*Ipomoea batatas* Lam) constituye el cuarto cultivo de importancia en el trópico, debido al uso de su raíz en la alimentación humana. Su producción nacional es de 1099000 t, con rendimiento de 9.4 t/ha y consumo diario de aproximadamente 1.1 g/persona (FAOSTAT 2008). Estos valores la sitúan como un cultivo de amplio potencial en su desarrollo, con gran espacio para su crecimiento desde el punto de vista agronómico y comercial. Como recurso alternativo en la alimentación animal, se perfila como un cultivo multipropósito, donde además del uso de su raíz en forma fresca o deshidratada, es posible utilizar su parte vegetativa (follajes y raíces) como materia prima en la formulación de raciones balanceadas (Farrell *et al.* 2000, González 2000, Aregheore 2004, Etela *et al.* 2008 y Kebede *et al.* 2008).

El manejo agronómico del cultivo contempla el retiro del follaje (hojas y bejucos) antes de la cosecha de la raíz, lo que genera un material que frecuentemente se desecha en el campo. Con un rendimiento a nivel nacional de 4 a 13 t MS/ha cada cuatro meses, este follaje se ha definido como un recurso proteico (10-19% PC) con alto contenido de humedad (80-70%) y aporte significativo de energía (3670-3996 kcal EB/kg MS). Suministrado en forma fresca o deshidratada, puede ser utilizado en la sustitución parcial de fuentes proteicas de uso tradicional en la alimentación de rumiantes (Aregheore 2004, Olorunnisomo 2007, Etela *et al.* 2008 y Kebede *et al.* 2008). Ante la continua introducción regional de nuevos cultivares, y su potencial utilización como parte de la ración de rumiantes, este estudio tuvo como objetivo evaluar la composición química (bromatología y fibra insoluble en detergente neutro) y degradabilidad *in vitro*

por producción de gases, del follaje de doce cultivares de batata, sembrados en el estado de Trujillo, Venezuela.

### Materiales y Métodos

**Ubicación.** El estudio se llevó a cabo en las instalaciones del Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en el estado Trujillo (9° 26' 00" latitud norte y 70° 32' 00" longitud oeste), en condiciones de valles intermontanos bajos, con un clima típico de áreas de bosque seco premontano y a una elevación de 170 msnm, con promedios anuales de temperatura y precipitación de 25 °C y 1300 mm, respectivamente (Torres *et al.* 2002).

**Manejo agronómico y diseño del experimento.** Los cultivares evaluados fueron: Huambanchero, Mariara, Topera, Tucutunemo, DLP2850, FNC765, 15, 21, 44, 45, 60 y 199069.1. Se sembraron en siete bloques al azar, de 12 parcelas cada uno. Cada parcela estuvo conformada por siete hilos de 9 m de largo, con distancia entre plantas e hileras de 0.3 m y 1 m respectivamente, para una densidad de siembra aproximada de 33333 plantas/ha.

Se emplearon plántulas generadas a partir de cultivo *in vitro*, desarrollado en laboratorios nacionales (Instituto de Estudios Avanzados e INIA) y casas comerciales. Se utilizaron explantes procedentes del Centro Internacional de la Papa (Perú). La siembra se realizó en condiciones de secano, con tres pases de rastra para la preparación de suelo y la aplicación de riego ocasional, de acuerdo con la frecuencia de las precipitaciones durante la fase experimental. El control de malezas se efectuó por medios químicos de tipo pre (pendimenthalin) y post-emergente (fluazifop-p-butyl 15 %) a los dos meses de efectuada la siembra. Se aplicó a los cuatro meses,

luego de la siembra, un fertilizante foliar comercial (10 % N, 4 % P, 7 % K, 0.2 % Mg, 0.8 % S, 200 ppm Fe, 30 ppm Mg, 71 ppm Br, 8 ppm Zn, 40 ppm Cu, 5 ppm Co y 0.5 ppm Mo).

**Toma de muestras.** Las muestras de follaje, a razón de 200 g de materia húmeda por parcela, se obtuvieron al azar en cada parcela 120 d después de la siembra, con la aplicación de cortes a nivel del suelo y en horas de la mañana. Una vez recolectadas las muestras, se refrigeraron con hielo seco (CO<sub>2</sub> en estado sólido) hasta su traslado al laboratorio. Posteriormente, se deshidrataron a temperatura ambiente, en un área ventilada y a oscuras, hasta que alcanzaron peso constante. Luego se molieron en molino de martillo, con criba de 1 mm, y posteriormente se almacenaron en envases de color ámbar hasta su análisis químico.

**Caracterización bromatológica y contenido de pared celular.** En cada muestra se determinó el contenido de materia seca a 105 °C, cenizas, proteína cruda (Nx6.25) y extracto etéreo, según lo descrito por la AOAC (2002). La determinación de fibra insoluble en detergente neutro (FND) se efectuó de acuerdo con la metodología descrita por van Soest *et al.* (1991), con la adición de sulfito de sodio a la solución de detergente neutro para remover parcialmente los complejos taninos-proteína (Terril *et al.* 1992). Los contenidos de calcio y fósforo se determinaron según metodologías informadas por Fiske y Subbarow *et al.* (1925) y Fick (1979), respectivamente.

**Producción de gases y degradabilidad in vitro.** La evaluación *in vitro* se realizó a partir de un inóculo que se obtuvo antes de la alimentación matinal de tres vacas adultas (*Bos taurus* x *Bos indicus*), canuladas al rumen, con peso promedio de 429.5 ± 19.6 kg, manejadas en pastoreo, en potreros de gramíneas cultivadas de los géneros *Brachiaria*, *Cynodon*, *Digitaria* y *Panicum*. Diariamente, al momento del ordeño, se suministraron 2 kg de suplemento/animal (2.7 % N, 37.2 % FND y 7.6 % cenizas). El inóculo se recolectó antes del suministro del suplemento (aproximadamente a las 6:00 a.m.). Del material ruminal se consideró una fase líquida y una sólida, en relación 50/50. Se conservó a 39 °C, con flujo continuo de CO<sub>2</sub> durante el traslado al laboratorio. Una vez filtrado, se incorporaron 10 mL a envases de vidrio (168 cm<sup>3</sup>) que se sellaron herméticamente con un tapón de goma esterilizado. Se lacraron además, con un anillo de aluminio. A cada envase se le adicionó 90 mL de solución nutritiva (macro y microminerales), para luego completar el manejo, de acuerdo con el protocolo descrito por Theodorou *et al.* (1994).

La producción de gas *in vitro* se midió de acuerdo con la técnica descrita por Mauricio *et al.* (1999), a partir de 1g de muestra deshidratada del follaje de cada cultivar. Se emplearon cuatro envases por muestra, y se registró la presión de gas con un transductor (Red Lion®, Modelo DP5-1/8 DIN) a las 3, 6, 9, 12, 16, 24, 36, 48, 60, 72 y 96 h de incubación, a una temperatura de 39 °C. La

digestibilidad de la materia seca a las 48 y 96 h se registró utilizando cuatro envases adicionales por muestra para cada tiempo. Siguiendo la rutina anteriormente descrita, los envases se colocaron en baño de María, inverso (4 °C) a los tiempos indicados. Luego se filtró su contenido a través de crisoles de vidrio, previamente pesados, con placas de porcelana porosa (poro #1) para después deshidratarlos a 105 °C hasta lograr peso constante, y obtener por diferencia de pesos la degradabilidad aparente del sustrato. Esta se corrigió por la inclusión de tres envases sin sustrato (blanco).

La digestibilidad aparente de la materia orgánica a las 48 h (DegMO) se obtuvo al sustraer el contenido de cenizas en los valores de digestibilidad aparente de la materia seca a las 48 h. El volumen de gases producidos (V, mL) se determinó por medio de la transformación de las lecturas de presión (p, psi) a volumen, mediante la fórmula desarrollada por Mauricio *et al.* (1999):

$$V = 0.18 + 3.67p + p^2$$

Los parámetros de la cinética de producción de gases se estimaron por medio de un modelo exponencial desarrollado por France *et al.* (1993), empleando el procedimiento NLIN de SAS (2004) para desarrollar la siguiente ecuación:

$$y = a [1 - \exp^{-b(t - t_0) - c(t - t_0)^2}]$$

Donde:

Y = producción total de gas al tiempo de incubación

t

a = producción potencial de gas (mL)

b = tasa fraccional de producción de gas (mL/h)

c = tasa constante de producción de gas (h<sup>-1/2</sup>)

t<sub>0</sub> = fase de retraso o *Lag time* (h), que comprende el período antes de que la producción de gas se inicie.

La estimación de la energía metabolizable (EM) se efectuó a partir de la ecuación propuesta por Menke y Steingass (1988):

$$EM \text{ (MJ/kgMS)} = -1.15 + 0.16 \text{ Deg MO}$$

**Análisis estadístico.** Toda la información generada, previa comprobación de los supuestos del modelo, se examinó de acuerdo con lo descrito para un análisis de bloques distribuidos al azar, estudiando las diferencias entre medias a través de la Prueba de Tukey. El grado de asociación entre variables químicas (bromatología y contenido de pared celular) y nutricionales (producción de gas, degradabilidad y energía metabolizable) se caracterizó por medio de Correlaciones Lineales Simples de Pearson (Steel y Torrie 1985). Los análisis se efectuaron mediante el paquete estadístico SAS (2004).

## Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestra la composición bromatológica y el contenido de pared celular de los cultivares evaluados. No se observaron diferencias entre los cultivares considerados, con valores de 11.5 ± 1.3 % PC, 3.6 ± 0.2 % EE, 40.8 ± 3.2 % FND, 15.1 ± 1.5 % cenizas, 1.3 ± 0.34 % Ca y 0.56 ± 0.06 % P. El valor promedio de PC fue inferior, y el de FND superior a lo informado por Arrijoa

et al. (1997) y Etela et al. (2008), quienes señalaron rangos de 13.8 a 20.6 % PC y 28.5 a 34.5 % FND al evaluar el follaje de diversos cultivares de batata. Esta diferencia en la composición química puede ser consecuencia de variaciones entre cultivares, características agroecológicas propias de la zona donde se desarrolla el cultivo, época de siembra, esquema de fertilización y edad de corte, entre otras.

Tabla 1. Composición bromatológica y contenido de pared celular del follaje de doce cultivares de batata (*Ipomoea batatas* L.).

Cultivar	Fracciones, % <sup>1</sup>					
	PC	EE	FND	Cenizas	Ca	P
Huambancharo	90.1	3.6	46.8	12.6	0.71	0.59
Mariara	12.8	4.0	35.9	16.9	1.62	0.54
Topera	10.4	3.2	40.9	13.1	1.42	0.50
Tucutunemo	11.7	3.8	41.3	15.0	1.16	0.67
DLP2850	12.3	3.8	40.3	16.3	1.65	0.60
FNC765	10.6	3.3	43.1	15.0	1.42	0.63
15	11.5	3.4	38.3	17.0	1.78	0.62
21	11.5	3.9	38.6	16.5	1.71	0.51
44	13.7	3.7	38.1	15.1	1.30	0.53
45	12.1	3.7	38.8	15.4	1.34	0.58
60	11.8	3.5	42.0	15.2	1.21	0.54
199069.1	90.9	3.7	45.5	13.2	0.79	0.50
DE	1.3	0.2	3.2	1.5	0.34	0.06

<sup>1</sup>PC: Proteína cruda, EE: Extracto etéreo, FND: Fibra neutro detergente, Ca: Calcio y P: Fósforo.

Al comparar los valores obtenidos con lo informado por Combellas et al. (1971) para 35 gramíneas forrajeras tropicales (7.1 ± 3.2 % PC, 1.8 ± 0.8 % EE, 70.8 ± 4.7 % FND, 0.51 ± 0.12 % Ca y 0.22 ± 0.08 % P), se hace énfasis en el potencial del follaje de batata como fuente

estratégica de fracciones nutritivas en sistemas de producción con rumiantes.

En la tabla 2 se presentan los valores para la producción de gas *in vitro* de los cultivares considerados en esta evaluación. No se observaron diferencias significativas en la producción acumulada de gases, con valor medio de 216.5 ± 8.1 mL/g MS a las 48 h, ascendiendo a 281.0 ± 18.5 mL/g MS, luego de 96 h de incubación. En general, estos valores son superiores a los informados para forrajes con valor nutritivo de medio a bajo, recolectados en zonas montañosas del norte de España (76-184 mL/g MO), nordeste de Brasil (67-179 mL/g MS), área de Yucatán en México (180-210 mL/g MS) y sabanas inundables de Venezuela (106-143 mL/g MS) (Capetillo et al. 2002, Frutos et al. 2002, Hervás et al. 2003 y Aparicio et al. 2007). También superaron lo registrado para leguminosas forrajeras (144-159 mL/g MS) en Colombia (Bechara 2007). Esta respuesta está asociada a una pared celular menos refractaria al proceso de degradabilidad ruminal, así como a la inexistencia de factores antinutricionales que comprometen la actividad de los microorganismos del rumen (Matos 2007).

Como se muestra en la tabla 2, no se observaron diferencias entre cultivares, en lo que respecta a la producción de potencial de gases (277.9 ± 19,2 mL), tasa fraccional de producción de gases (0.06 ± 0.004 mL/h) y fase de retraso (2.7 ± 0.24 h). La tasa fraccional de producción de gases fue superior al rango de 0.03 a 0.04 ± 0.01 mL/h, informado por diversos autores para plantas forrajeras (Frutos et al. 2002, Hervás et al. 2003 y Aparicio et al. 2007) y subproductos agroindustriales fibrosos (Mauricio et al. 2000). Sin embargo, la fase de retraso se ubicó en el rango indicado para residuos agroindustriales fibrosos (2.55 ± 1.1 h), paja de arroz

Tabla 2. Producción acumulada de gases y parámetros de su cinética en doce cultivares de batata (*Ipomoea batatas* L.), evaluados mediante la técnica de degradabilidad *in vitro*.

Cultivar	Producción de gases, mL/g MS <sup>1</sup>		Parámetros <sup>2</sup>		
	48h	96h	a	b	t <sub>0</sub>
Huambancharo	209.3	259.7	255.3	0.06	2.7
Mariara	207.2	303.9	307.9	0.06	2.4
Topera	222.5	287.7	281.6	0.06	2.8
Tucutunemo	225.7	306.9	302.7	0.06	2.7
DLP2850	217.5	268.7	265.8	0.06	2.7
FNC765	227.9	284.7	281.3	0.06	2.8
15	215.8	311.4	308.4	0.06	2.9
21	227.3	258.6	257.0	0.05	2.9
44	222.5	277.1	271.4	0.06	2.2
45	210.5	262.5	260.9	0.06	2.9
60	199.1	270.1	265.8	0.06	2.7
199069.1	218.0	281.1	276.9	0.07	2.3
EE ±	12.0	12.2	11.9	4.6	0.30

<sup>1</sup>Producción acumulada de gases (mL/gMS) registrada luego de 48 y 96 h de incubación. <sup>2</sup>Parámetros de la cinética de producción de gases [a= producción potencial de gas (mL), b= tasa fraccional de producción de gas (mL/h) y t<sub>0</sub>= fase de retraso ó Lag time (h)].

(2.3 h), plantas forrajeras leñosas ( $2.7 \pm 1.2$  h) y leguminosas forrajeras herbáceas (2.4 h), citados por Mauricio *et al.* (2000), Liu *et al.* (2002), Vitti *et al.* (2005) y Bechara (2007), respectivamente. Estos registros son de particular importancia para caracterizar este tipo de recurso, ya que el volumen de gases generado a partir de la fermentación *in vitro* refleja la producción de ácidos grasos volátiles y la síntesis de biomasa microbiana del sustrato en evaluación. Esto ofrece un perfil claro del valor nutricional de los recursos evaluados para rumiantes (Blümmel y Becker 1997).

Luego de 48 h de incubación *in vitro* (tabla 3), el cultivar Mariara mostró la mayor ( $P < 0.01$ ) degradabilidad de la materia seca (84.8 %), mientras que el menor registro correspondió a Huambancho (72.1 %). El resto de los cultivares manifestó degradabilidad media de  $79.3 \pm 2.6$  %. Trascorridas 96 h de incubación, el cultivar Topera (84.7 %) alcanzó el valor superior ( $P < 0.05$ ), mientras que 199069.1 presentó el menor registro (75.0 %). Estos valores son superiores a lo referido por Megías *et al.* (2002) para subproductos agroindustriales (53.1 a 67.2%) y follajes de plantas leñosas (45 a 70 %), evaluadas por Vitti *et al.* (2005). También superan las evaluaciones de Aparicio *et al.* (2007) en trabajos con gramíneas naturales de las sabanas inundables del país (39 a 52.3 %). Sin embargo, resultan similares a lo informado por Etela *et al.* (2009), quienes al evaluar el follaje de tres cultivares de batata (TIS-87/0087, TIS-8164 y TIS-2532.OP.1.13) encontraron una degradabilidad ruminal de la materia seca que alcanzó 79,1 %.

Los valores de degradabilidad *in vitro* de la materia seca concuerdan con el comportamiento descrito por los

parámetros de la fermentación ruminal, donde se destaca una fase de retraso que denota la ausencia de factores que limiten sensiblemente la tasa de colonización por parte de los microorganismos del rumen.

La energía metabolizable (tabla 3) presentó comportamiento similar a la degradabilidad *in vitro*. El cultivar Mariara presentó el mayor valor (13.7 MJ/kgMS,  $P < 0.01$ ), mientras que el menor registro correspondió a Huambancho (12.7 MJ/kg MS). Con el empleo de esta técnica *in vitro*, Capetillo *et al.* (2002) informó para *Boerhavia erecta* L., una nictaginácea herbácea ampliamente difundida en México, valores de  $10.9 \pm 0.31$  y  $8.7 \pm 0.23$  MJ EM/kg MS para hojas y tallos, respectivamente.

En general, el contenido de energía metabolizable de los follajes de batata evaluados es superior al  $8.3 \pm 0.4$  MJ/kg MS, citado para algunas gramíneas tropicales (*Brachiaria mutica* staff, *Echinochloa polystachya*, *Dichanthium aristatum*, *Cynodon dactylon*, *Cenchrus ciliaris* L., *Melinis minutiflora*, *Cynodon nlemfuensis*, *Panicum maximum* e *Hyparrhenia rufa*, entre otras) en edades comprendidas entre 40-50 d; y al registro de  $9.3 \pm 0.7$  MJ/kg MS, mostrado por plantas leñosas de amplia difusión en sistemas silvopastoriles, tales como *Gliricidia sepium*, *Morus alba* y *Cajanus cajan* L. (Combellas 1986). Igualmente, superan lo informado por Pizzani *et al.* (2005), quienes al evaluar el mantillo de un bosque seco tropical decíduo, localizado en el nororiente de Venezuela señalan valores durante la época seca de 7.3, 7.8 y 4.5 MJ EM/kg MS para hojas, frutos y tallos, respectivamente.

En la tabla 4 se presentan los coeficientes de correlación entre las variables químicas evaluadas y la valoración nutricional de los follajes de los cultivares de ba-

Tabla 3. Degradabilidad *in vitro* y contenido de energía metabolizable del follaje de doce cultivares de batata (*Ipomoea batatas* L.).

Cultivar	Degradabilidad, % MS <sup>1</sup>		Energía Metabolizable, MJ/kg MS <sup>2</sup>
	48	96	
Huambancho	72.1 <sup>b</sup>	78.3 <sup>ab</sup>	12.7 <sup>b</sup>
Mariara	84.8 <sup>a</sup>	82.6 <sup>ab</sup>	13.7 <sup>a</sup>
Topera	80.9 <sup>ab</sup>	84.7 <sup>a</sup>	13.4 <sup>ab</sup>
Tucutunemo	82.3 <sup>ab</sup>	80.3 <sup>ab</sup>	13.5 <sup>ab</sup>
DLP2850	79.4 <sup>ab</sup>	82.1 <sup>ab</sup>	13.3 <sup>ab</sup>
FNC765	81.6 <sup>ab</sup>	82.9 <sup>ab</sup>	13.5 <sup>ab</sup>
15	78.3 <sup>ab</sup>	83.8 <sup>ab</sup>	13.1 <sup>ab</sup>
21	78.6 <sup>ab</sup>	77.2 <sup>ab</sup>	13.2 <sup>ab</sup>
44	75.3 <sup>ab</sup>	77.6 <sup>ab</sup>	12.9 <sup>ab</sup>
45	80.9 <sup>ab</sup>	82.4 <sup>ab</sup>	13.4 <sup>ab</sup>
60	80.8 <sup>ab</sup>	81.3 <sup>ab</sup>	13.4 <sup>ab</sup>
199069.1	74.8 <sup>ab</sup>	75.0 <sup>b</sup>	12.9 <sup>ab</sup>
EE ±	2.09 <sup>**</sup>	1.88 <sup>*</sup>	0.18 <sup>**</sup>

<sup>1</sup>Degradabilidad *in vitro* de la materia seca (% MS) registrada luego de 48 y 96h de incubación. <sup>2</sup>Energía metabolizable estimada a partir de la degradabilidad *in vitro* de la materia orgánica registrada luego de 48h de incubación. \* $P < 0.05$  \*\* $P < 0.01$

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre componentes químicas y parámetros de la degradabilidad *in vitro* del follaje de doce cultivares de batata (*Ipomoea batatas* L.).

Variable <sup>1</sup>	Gas48	Gas96	a	b	t <sub>0</sub>	Deg48	Deg96	EM
MO	-0.05	-0.51*	0.40	0.58*	-0.58*	-0.51	0.07	0.57*
PC	-0.06	-0.41	0.26	0.45	-0.48	-0.41	-0.03	0.45
EE	-0.09	0.12	-0.05	-0.14	0.05	0.11	-0.30	-0.12
FND	-0.01	0.30	-0.41	-0.36	0.36	0.36	-0.23	-0.35
Gas48		0.01	0.10	0.01	0.01	0.30	-0.11	-0.07
Gas96			0.29	-0.99**	0.99**	0.99**	0.19	-0.99**
a				-0.17	0.22	0.29	0.21	-0.21
b					-0.99**	0.99**	-0.17	0.99**
t <sub>0</sub>						0.99**	0.21	-0.99**
Deg48							0.21	0.99**
Deg96								-0.14

<sup>1</sup>MO: materia orgánica, PC: proteína cruda, EE: extracto etéreo, FND: fibra insoluble en detergente neutro, producción acumulada de gases (mL/g MS) a las 48 h (Gas48) y 96 h (Gas96), a: producción potencial de gas (mL), b: tasa fraccional de producción de gas (mL/h), t<sub>0</sub>: fase de retraso ó *lag time* (h), degradabilidad *in vitro* (% MS) de la materia seca a las 48h (Deg48) y 96h (Deg96), EM: energía metabolizable (MJ/kg MS).

\* P < 0.05 \*\* P < 0.01

tata considerados. Los resultados resaltan la correlación negativa entre el contenido de materia orgánica con la producción acumulada de gases a las 96 h y la fase de retraso. En este tipo de recursos fibrosos, el contenido de materia orgánica refleja en buena medida la participación relativa de su pared celular (tabla 1), por lo que estos resultados concuerdan con trabajos previos (Giger-Reverdin 2000, Getachew *et al.* 2003, Arigbede *et al.* 2008 y Duncan y Poppi 2008). En estos se señala que en materiales fibrosos, la tasa de colonización por los microorganismos ruminales, al igual que la tasa de desaparición de la materia seca, se hallan asociadas al contenido de pared celular en su materia orgánica, y dentro de esta, a su composición estructural y capacidad de hidratación.

La degradabilidad de la materia seca a las 48 h presentó correlaciones positivas (P < 0.01), casi perfectas, con respecto la producción acumulada de gases a las 96 h, tasa fraccional de producción de gases, fase de retraso y contenido de energía metabolizable del follaje de batata. Esto sugiere que dicha variable se puede considerar como un buen predictor del valor nutricional de este tipo de recursos fibrosos, tal como lo indican Getachew *et al.* (2003).

A partir de este estudio se concluye que el follaje evaluado de los doce cultivares de batata (*Ipomoea batatas* Lam) presenta una composición bromatológica, parámetros de fermentación ruminal, degradabilidad de la materia seca y contenido de energía metabolizable, superiores al de gramíneas nativas, comúnmente disponibles en sistemas pastoriles en el trópico, y al de otros recursos fibrosos (plantas leñosas y subproductos agroindustriales). Por tanto, se debe considerar un recurso alternativo en el diseño de estrategias de alimentación, dirigidas a superar la estacionalidad en la oferta y calidad de biomasa ve-

getal en sistemas sostenibles de producción con rumiantes.

## Referencias

- AOAC. 2002. Official Methods of Analysis (17<sup>va</sup> Ed.). Ass. Off. Anal. Chem. Washington D.C
- Aparicio, R., González-Ronquillo, M., Torres, R. & Córdova, L. 2007. Degradabilidad de los pastos lamedora (*Leersia hexandra*) y paja de agua (*Hymenachne amplexicaulis*) en cuatro épocas del año de una sabana inundable del estado Apure, Venezuela. Zoot. Trop. 25: 225
- Aregheore, E.M. 2004. Nutritive value of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) forage as goat feed: voluntary intake, growth and digestibility of mixed rations of sweet potato and batiki grass (*Ischaemum aristatum* var. indicum). Small Rum. Res. 51: 235
- Arigbede, O.M., Anele, U., Jolaosho, A.O., Olanite, J.A., Onifade, O.S. & Wahab, T.A. 2008. Composición química y producción de gas *in vitro* del fruto del pan africano (*Treculia africana*) Var. Decne. Arch. Zootec. 57: 113
- Arrijoja, J., González, C., Díaz, I. & Reyes, J. 1997. Determinación de la digestibilidad ileal y fecal aparente del follaje de siete cultivares de batata (*Ipomoea batatas* L) en cerdos. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5 :288
- Bechara, L.C. 2007. Efecto de las mezclas de las leguminosas *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla*, *Cratylia argentea* y *Vigna unguiculata* ensiladas y henificadas sobre los parámetros de fermentación ruminal *in vitro* y producción de leche en bovinos. Tesis de Maestría. Escuela de Posgrados. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. Colombia 120 p.
- Blümmel, M. & Becker, K. 1997. The degradability characteristics of 54 roughages and neutral detergent fibre as described by gas production and their relationship to voluntary feed intake. Br. J. Nutr. 77: 757
- Capetillo, C.M., Herrera, P.E. & Sandoval, C.A. 2002. Composición química de *Boerhavia erecta* L, digestibilidad y producción de gas *in vitro*. Arch. Zootec. 51: 461

- Combellas, J. 1986. Alimentación de vacas lecheras en el trópico. Lunaprint de Venezuela, Maracay. pp. 146- 160
- Combellas, J., González, E. & Parra, R. 1971. Composición y valor nutritivo de forrajes producidos en el trópico. I. Digestibilidad aparente y verdadera de las fracciones químicas. *Agron. Trop.* 21:483
- Duncan, A.J. & Poppi, D.P. 2008. Nutritional ecology of grazing and browsing ruminants. Eds. I.J. Gordon & H.H.T Prins. *The Ecology of Browsing and Grazing. Ecol. Studies. Vol. 195.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp. 89-116
- Etela, I., Larbi, A., Bamikole, M.A., Ikhatua, U.J. & Oji, U.I. 2008. Rumen degradation characteristics of sweet potato foliage and performance by local and crossbred calves fed milk and foliage from three cultivars. *Livest. Sci.* 115: 20
- Etela, I., Larbi, A., Ikhatua, U.J. & Bamikol, M.A. 2009. Supplementing Guinea grass with fresh sweet potato foliage for milk production by Bunaji and N'Dama cows in early lactation. *Livest. Sci.* 120: 87
- FAOSTAT. 2008. Estadísticas Agropecuarias. Producción, rendimientos y consumo por persona de batata en Venezuela. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Disponible: <http://faostat.fao.org/site/340/desktopdefault.aspx?pageid=340>. Consultado: 14 de abril de 2009
- Farrell, D.J., Jibril, H., Perez-Maldonado, R.A & Mannion, P.F. 2000. A note on a comparison of sweet potato vines and Lucerne meal for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Tech.* 85: 145
- Fick, K., McDowell, L., Milles, P., Wilkinson, N., Funk, F., Conrad, J. & Valdivia, R. 1979. Análisis por espectrofotometría de absorción atómica. En: *Métodos de Análisis de Minerales para Tejidos de Plantas y Animales.* 2<sup>da</sup> Ed. Latin American Mineral Research Program. University of Florida. USA. pp.701-702
- Fiske, C.H. & Subarrow, Y. 1925. The colorimetric determination of phosphorus. *J. Biol. Chem.* 66: 375
- France, J., Dhanoa, M.S., Theodorou, M.K., Davies, S.J. & Isac, D. 1993. A model to interpret gas accumulation profiles with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J. Theoretical Biol.* 163: 99
- Frutos, P., Hervás, G., Ramos, G., Giraldes, F.J. & Mantecón, A.R. 2002. Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. *Anim. Feed Sci. Tech.* 95: 215
- Getachew, G., Robinson, P.H., DePeters, E.J. & Taylor, S.J. 2003. Relationship between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.* 3: 57
- Giger-Reverdin, S. 2000. Characterization of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. *Anim. Feed Sci. Tech.* 86: 53
- González, C. 2000. La batata: una alternativa tropical para la alimentación de cerdos en Venezuela. Trabajo de Ascenso a Titular. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 191 pp.
- Hervás, G., Mandaluniz, N., Oregui, L.M., Mantecón, A.R. & Frutos, P. 2003. Evolución anual del contenido de taninos del brezo (*Erica vagans*) y relación con otros parámetros indicativos de su valor nutritivo. ITEA. 99A: 69
- Kebede, T., Lemma, T., Tadesse, E. & Guru, M. 2008. Effect of level of substitution of sweet potato (*Ipomoea batatas*. L) vines for concentrate on body weight gain and carcass characteristics of browsing Arsi-Bale goats. *J. Cell Anim. Biol.* 2:36
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 44, Número 3, 2010.
- Liu, J.X., Susenbeth, A. & Sudekum, K.H. 2002. *In vitro* gas production measurements to evaluate interactions between untreated and chemically treated rice straws, grass hay, and mulberry leaves. *J. Anim. Sci.* 80: 517
- Matos, A.A. 2007. Perfil fitoquímico del follaje de 12 cultivares de batata (*Ipomoea batatas* Lam) sembrados en el edo. Trujillo, Venezuela. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. 15 p.
- Mauricio, R.M., Mould, F.L., Abdalla, A.L. & Owen, E. 2000. The potential nutritive value for ruminants of some tropical feedstuffs as indicated by *in vitro* gas production and chemical analysis. En: *EAAP Satellite Symposium on Gas Production: fermentation kinetics for feed evaluation and to assess microbial activity.* Wageningen. Holanda. pp. 70-71
- Mauricio, R.M., Mould, F.L., Dhanoa, M.S., Owen, E., Channa, K. & Theodorou, M.K. 1999. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Anim. Feed Sc. Tech.* 79: 321
- Megías, M.D., Hernández, H., Madrid, J. & Martínez-Teruel, A. 2002. Feeding value, digestibility and gas production of different by-products for ruminant nutrition. *J. Sc. Food Agric.* 82: 567
- Menke, K.H. & Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Develop.* 28: 7
- Olorunnisomo, O.A. 2007. Yield and quality of sweet potato forage pruned at different intervals for West African dwarf sheep. Disponible: <http://www.lrrd.org/lrrd19/3/olor19036.htm>. Consultado: 06 de enero de 2010
- Pizzani, P., Domínguez, C., De Martino, G., Palma, J. & Matute, I. 2005. Evaluación nutricional del mantillo de un bosque seco tropical deciduo típico del nororiente del estado Guárico, Venezuela. *Rev. Cient. LUZ.* 15: 20
- SAS. 2004. SAS/STAT 9.1 User's Guide. Statistical Analysis System Institute Inc, Cary, NC.
- Steel, R. & Torrie, J.H. 1985. *Bioestadística: Principios y Procedimientos.* 2<sup>a</sup> Edic. Mc Graw-Hill. Bogotá. 622 p.
- Terril, T.H., Rowan, A.M., Douglas, G.B. & Barry, T.N. 1992. Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage plants, protein concentrates meals and cereal grains. *J. Sci. Food Agric.* 58: 321
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., Mcallan, A.D.B. & France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics to ruminant feed. *Anim. Feed Sci. Tech.* 48: 185
- Torres, A., Zerpa, A. & Romero, R. 2002. Análisis fenológico cuantitativo, producción de biomas y efecto en la calidad de la leche bovina de dos modalidades de siembra de bancos de *Leucaena leucocephala* lam de wit. en la zona baja del edo Trujillo. *Rev. Cient. LUZ.* 12: 497.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583
- Vitti, D.M., Abdalla, A.L., Bueno, I.C.S., Silva Filho, J.C., Costa, C., Bueno, M.S., Nozella, E.F., Longo, C., Vieira, E.Q., Cabral, S.L.S., Godoy, P.B. & Mueller-Harvey, I. 2005. Do all tannins have similar nutritional effects?. A comparison of three Brazilian fodder legumes. *Anim. Feed Sc. Tech.* 119: 345