

## Ordenamiento de 13 forrajes según su producción acumulada de gas *in vitro* con heces bovinas depuestas como inóculo

Silvio J. Martínez Sáez, Redimio M. Pedraza Olivera, Guillermo F. Guevara Viera, Cecilia E. González Pérez y Marlene León González

Centro del Estudio para el Desarrollo de la Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Camagüey, Cuba  
Email: silvio.martinez@reduc.edu.cu

### RESUMEN

Con el fin de mostrar la utilidad del procedimiento de producción de gas *in vitro* con heces depuestas como inóculo para apoyar la valoración nutritiva de forrajes para rumiantes se estudiaron 13 muestras, 10 de ellas de leguminosas. Se determinó la producción acumulada de gas a diferentes horas y los datos se ajustaron al modelo bifásico que considera  $V=0$  en la fase *lag* y  $V= B*(1-EXP(-C*(t-L)))$  a partir de la misma. Los forrajes se ordenaron por el valor del potencial de producción de gas (B) que resultó como mayor para la *G. sepium*, una leguminosa arbustiva de buen valor nutritivo y como peor para el bagazo (fibra lignificada de baja digestibilidad) y para *Ch. lineada* (leguminosa de elevado contenido de polifenoles). El uso de conglomerados agrupa los forrajes en tres conjuntos diferentes: i) leguminosas de alto potencial y velocidades medias de producción de gases; ii) todas las gramíneas, y las leguminosas con relativamente más bajas velocidades específicas y producción de gas media, y; iii) las dos acacias, con bajo potencial pero altas velocidades de producción.

**Palabras clave:** valor nutritivo, gas *in vitro*, heces depuestas, ordenamiento, conglomerados.

### Ranking of 13 forages according to the *in vitro* cumulative gas production using voided bovine feces as inoculum

### ABSTRACT

With the aim of showing the usefulness of *in vitro* cumulative gas production using voided feces as inoculum to assist the nutritive valuation of forages for ruminants 13 samples, 10 of legumes were studied. The cumulative volumes of gas at different times were determined and the data fitted to a biphasic model that consider  $V=0$  during the *lag* phase and  $V= B*(1-EXP(-C*(t-L)))$  the rest of the time. The forages were ordered according to the potential of gas to be produced (B) which was the greatest for *G. sepium*, a shrubby legume of good nutritive value, and lowest for sugar cane bagasse (highly lignified fiber of low digestibility) and for *Ch. lineada* (legume of high content of polyphenols). The use of clusters groups the forages in three different sets: i) high potential and average growth rate of production legumes; ii) all the gramineous, and the legumes with relatively lower specific growth rate and average production of gas, and; iii) the two acacias, with low potential but high growth rate of production.

**Key words:** nutritive value, *in vitro* gas, voided feces, ranking, clusters

### INTRODUCCIÓN

El grave problema de alimentar a millones de seres humanos debe ser resuelto por la vía del uso racional de los recursos y las técnicas más apropiadas a las condiciones particulares de cada zona.

Los rumiantes tienen la capacidad para transformar recursos alimenticios locales que no pueden ser usados por los humanos y otros monogástricos en alimentos de alta calidad como la leche y carne lo que los coloca en un lugar destacado dentro de la cadena alimenticia.

Los recursos alimenticios locales incluyen una gran variedad de alimentos entre los que se destacan, junto a tradicionales gramíneas, los follajes

de árboles y arbustos leguminosos empleados como suplemento a la dieta (Pedraza, 2000). Desafortunadamente, no siempre se conoce su valor nutritivo, lo cual es imprescindible para garantizar su adecuado empleo.

Entre las posibles técnicas a emplear para predecir el valor nutritivo de un alimento para rumiantes están los llamados métodos *in vitro*. Dichos métodos permiten mantener mejor las condiciones experimentales y ser por tanto más precisos que los *in vivo*, además de ser menos costosos y en general, bioéticamente aceptables (Guetachew *et al.*, 2004; Rymer *et al.*, 2005). Dentro de los métodos *in vitro* el de producción de gases se reconoce como una de los más importantes por su sencillez y porque brinda la posibilidad

de manejar un gran número de muestras, y medir la velocidad y extensión de la degradación de los nutrientes (Menke *et al.*, 1979, Rymer *et al.*, 2005; Posada y Nogueras, 2005). Es sabido que Menke *et al.* (1979) encontraron que la producción de gas acumulada en 24 horas estaba bien correlacionada con la energía metabolizable y digestibilidad de la MO determinada *in vivo*, lo que es sin dudas una de las bases de esta técnica.

Las heces depuestas son una alternativa al uso de líquido ruminal como inóculo que está más en concordancia con la bioética y puede resultar más económica (Resillez, 2008; Martínez, 2008).

En presente trabajo se muestra la utilidad del procedimiento de producción de gas *in vitro* con heces depuestas para apoyar la valoración nutritiva de forrajes para rumiantes mediante el ordenamiento de los mismos a partir del volumen de gas producido en el tiempo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de hojas y pecíolos de *Acacia bilitmekii* var. Robusta Miranda (Tehuixtle) y *Hae-motoxylum brasiletto* (Brazil) y las vainas de *Acacia pennatula* (Cubata) fueron colectadas por Hernández (2006) durante la época lluviosa en la región de la Mixteca Poblana al sureste del estado de Puebla, México, entre los paralelos 17° 59' y 18° 12' N y los meridianos 98° 10' y 98° 21' O, simulando el ramoneo caprino a una altura sobre el nivel del suelo menor o igual a 2 m. Las plantas crecían en régimen de secano y sin fertilización en una variedad de suelos, en los que predominan fluvizol, vertizol, rendzinas, litozol y luvizol.

Las muestras de hojas y pecíolos de al menos cinco plantas de *Chamaecrista lineada* var. Lineada (Carbonero), *Desmodium barbatum* (Amor Seco), *Desmodium incanum* (Amor seco) y *Stylosanthes viscosa* (Comino Cimarrón); se colectaron en septiembre del 2006 en áreas de una vaquería comercial, con sistema de pastoreo continuo, situada a los 21° 28' N y 77° 40' O en el municipio Minas de la provincia Camagüey. Las plantas crecían, en régimen de secano y sin fertilización en un suelo fersialítico rojo.

Las muestras de *Leucaena leucocephala* cv. Perú (Leucaena), *Gliricidia sepium* (Gliricidia) y *Dichrostachys cinerea* (Marabú) se tomaron durante la época de seca entre los años 2003 y 2006 de plantas que crecen, en régimen de secano y sin fertilización en suelos pardos con carbonatos, en

áreas de una vaquería comercial del municipio Camagüey, localizada a los 21°, 23' N y 78°, 51' O. Las hojas-pecíolo de *L. leucocephala* tenían aproximadamente 90 días de rebrote, las de *Gliricidia* y Marabú unos 60 días.

Como representante de las gramíneas se tomaron aleatoriamente muestras de hojas y tallos de *Pennisetum purpureum* (King Grass) y *Panicum maximum* cv. Likoni (Guinea) a unos 10 cm del suelo. La colección se hizo en el mismo momento y área del municipio Camagüey que las arbustivas del párrafo anterior. Se usó además bagazo fresco de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), que se tomó, durante la zafra 2007-2008, de diferentes puntos de la casa de bagazo del central "Panamá" en el municipio Vertientes, provincia Camagüey.

En todos los casos se creó una muestra compuesta, que se redujo a no menos de 250 g de material húmedo por porciones a analizar que fueron secadas a 65 °C en estufa con circulación forzada de aire y trituradas en molino de martillos hasta pasar por un tamiz 1 mm. Todas se preservaron adecuadamente hasta su análisis en frascos de vidrio de boca ancha y tapa esmerilada.

El procedimiento de medición de la producción de gas *in vitro*, criterio de rechazo y corrección por patrones fue el descrito por Martínez (2008). Siempre se utilizaron al menos 3 réplicas de cada muestra.

Los volúmenes acumulados de gas se ajustaron al modelo, propuesto por Correa (2004) según el cual:

$$\begin{aligned} \text{para } t \leq L & \quad V = 0 \\ \text{para } t > L & \quad V = B \cdot (1 - \text{EXP}(-C \cdot t)) \end{aligned}$$

Donde:

L – Tiempo de la fase *lag* (h)

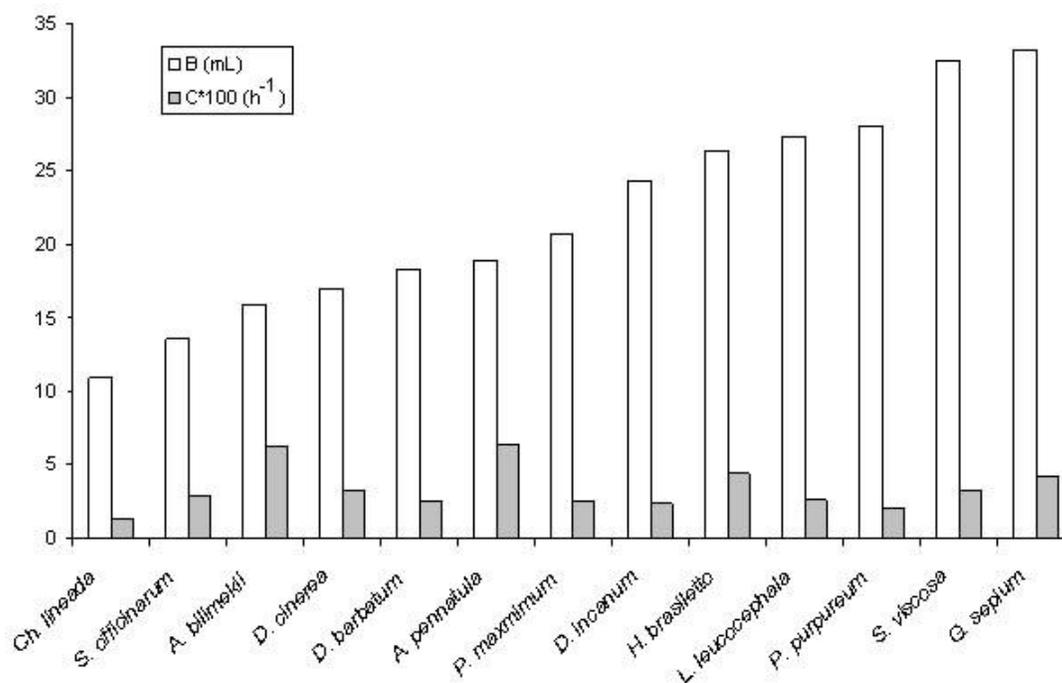
V – volumen acumulado en mL/200 mg de muestra seca (mL)

t – tiempo (h).

B – Volumen cuando  $t \rightarrow \infty$ .

C – Velocidad específica de crecimiento de volumen de gas en la fase exponencial ( $\text{h}^{-1}$ ).

Se utilizó una hoja cálculo de MS Excel® y su programa Solver para el mejor ajuste de los resultados de cada muestra. Se agruparon los forrajes por medio de conglomerados (clusters) con el uso de las medias de producción de gas a las 24, 48 y 72 horas, y los parámetros B y C obtenidos según mejor ajuste al modelo. Se usó el paquete SYS TAT® versión 7 para Windows® (SPSS Inc. 1997).



**Fig. 1. Parámetros B y C de mejor ajuste al modelo propuesto para los 13 forrajes estudiados..**

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor nutritivo de los forrajes depende varios factores muy interrelacionados, entre los que se destacan el suelo, el clima y el estado fenológico y manejo de las plantas (Pedraza, 2000).

La gráfica (Fig. 1) muestra los valores de B y C para los forrajes estudiados, ordenados según el primero de estos parámetros. De acuerdo al parámetro B se predice el mejor valor nutritivo para el follaje de *G. sepium*, seguido muy de cerca por *S. viscosa*; el menor valor lo tienen el forraje de *Ch. lineada* y el bagazo de caña de azúcar (*S. officinarum*). Investigaciones realizadas por Estévez (2000) y Pedraza (2000) destacan el elevado valor nutritivo del follaje de *G. sepium*, mientras que es conocido que alimentos muy fibrosos como el bagazo de caña y con presencia de factores antinutritivos como *Ch. lineada* tienen menor valor nutritivo.

La Tabla 1 muestra los

promedios de la producción de gas acumulada a las 24, 48 y 72 horas y de los parámetros B y C de mejor ajuste (Correa, 2004) agrupados por follajes en tres grupos de características similares.

El primer grupo lo integran *G. sepium*, *H. brasiletto*, *L. leucocephala*, *S. viscosa*, todas leguminosas, que se caracterizan por un mayor valor y velocidades medias de producción de gas. El segundo grupo lo conforman *Ch. lineada*, *D. barbatum*, *D. cinerea*, *P. maximum*, *P. purpureum*, *S. officinarum*, comprende todas las gramíneas y leguminosas con relativamente más bajas velocidades específicas de producción de gas. En

**Tabla 1. Agrupación de los follajes de acuerdo al volumen de gas y los parámetros de mejor ajuste, según el análisis de clusters (valores medios).**

Grupo	Forrajes	Gas acumulado (mL)			Parámetros (*)	
		24 h	48 h	72 h	B	C
1	<i>G. sepium</i> , <i>H. brasiletto</i> , <i>L. leucocephala</i> , <i>S. viscosa</i>	13.2	22.6	26.6	29.8	0.036
2	<i>Ch. lineada</i> , <i>D. barbatum</i> , <i>D. cinerea</i> , <i>P. Maximum</i> , <i>P. Purpureum</i> , <i>S. officinarum</i>	4.3	10.5	14.2	19.0	0.024
3	<i>A. bilimekii</i> , <i>A. pennatula</i>	12.5	16.0	17.1	17.5	0.063

(\*) Según ajuste a modelo propuesto.

el tercer grupo quedan dos muestras de *A. bilimekii*, *A. pennatula*, dos acacias provenientes de un mismo sitio, que sin tener alto potencial de producción, son capaces de degradarse rápidamente, con un valor de C relativamente elevado. En general, los valores de los parámetros velocidad y potencial de producción de gas *in vitro* de las plantas leguminosas, están dentro del rango que reportan Pedraza (2000) y Galindo *et al.* (2005) para el follaje de plantas arbóreas y arbustivas con potencial forrajero.

El análisis de conglomerado logra hacer una agrupación coherente de las plantas atendiendo a indicadores y parámetros de su valor nutritivo, estudiados con el uso de la técnica de producción de gases con heces depuestas como inóculo. Este mismo criterio de agrupamiento ha resultado de utilidad en la evaluación del valor nutritivo de diversas arbustivas que crecen en Cuba (Pedraza, 2000; Galindo *et al.*, 2005) y en México (Hernández, 2006).

## CONCLUSIONES

1. La técnica de producción de gas *in vitro* con heces bovinas depuestas como inóculo es útil para apoyar la valoración nutritiva de forrajes mediante su ordenamiento a partir de la producción de gas y/o su agrupación en conglomerados de acuerdo a la producción de gas y parámetros de mejor ajuste al modelo.
2. El análisis de conglomerado agrupa los forrajes en tres grupos: uno de mayor potencial (B) y velocidades medias de producción de gases, el segundo lo conforman todas las gramíneas, y las leguminosas con relativamente más bajas velocidades específicas (C) y producción de gas media y en el tercero quedan las dos acacias con baja producción de gas pero relativamente elevadas velocidades.

## REFERENCIAS

CORREA, H.J. (2004). RUMENAL: Procedimiento para estimar los parámetros de cinética ruminal mediante la función Solver de Microsoft Excel®. *Rev. Col. Cienc. Pec. Vol. 17:3, 2004.*

ESTÉVEZ, J. A. (2000). Evaluación de algunos indicadores de la composición química y degradabilidad ruminal del follaje de 7 leguminosas arbóreas y arbustivas. *Tesis para optar por el Título de Master en Producción Animal Sostenible.* CEDEPA, Universidad de Camagüey. p. 51-53.

GALINDO, J., DELGADO, D., PEDRAZA, R Y GARCÍA, D. E.. (2005). Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. *Pastos y Forrajes* Vol. 28. No. 1. pp 59-68.

GETACHEW, G., DEPETERS, E., Y ROBINSON, P. (2004). *In vitro* gas production provides effective method for assessing ruminant feeds. *California Agriculture. Jan-Mar 2004.* En: [www.bioparametrics.com/Pdf/Neil%20Jessop%20Publications.pdf](http://www.bioparametrics.com/Pdf/Neil%20Jessop%20Publications.pdf). [Consultado en enero de 2006].

Hernández, J. E. (2006). Valoración de la caprinocultura en la Mixteca Poblana socioeconomía y recursos arbóreo-arbustivos. *Tesis en Opción del Grado de Doctor en Ciencias Veterinarias.* Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Camagüey. Camagüey. Cuba. 113 p.

MARTÍNEZ S., (2008). Heces vacunas depuestas como inóculo en la técnica de producción de gases para la valoración nutritiva *in vitro* de forrajes. *Tesis en Opción del Grado de Doctor en Ciencias Veterinarias.* Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Camagüey. Camagüey. Cuba. 133 p

MENKE, K. H., RAAB, L., SALEWSKI, A., STEINGASS, H., FRITZ, D. Y SCHNEIDER, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. agric. Sci.*, 93: 217-222.

PEDRAZA, R.M., (2000). Valoración nutritiva del follaje de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y su efecto en el ambiente ruminal. *Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Veterinarias.* Instituto de Ciencia Animal. Universidad Agraria de La Habana, La Habana. Cuba. 126 p.

POSADA, S.L. Y NOGUERA, R.R. (2005). Técnica *in vitro* de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development. 17 (4).* <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/4/posa17036>. [Consultado en septiembre 2006].

RESILLEZ, A. (2008).. Producción de gases con heces vacunas depuestas como inóculo para predecir la degradabilidad *in situ* de forrajes. *Tesis para optar por el título de Master en Producción Animal Sostenibles.* CEDEPA, Universidad de Camagüey, Cuba. 61 p.

RYMER, C., HUNTINGTON, J.A., WILLIAMS, B.A. Y GIVENS, D.I. (2005). *In vitro* cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. *Animal Feed Science and Technology 123-124 (2005) 9-30.*

Recibido: 8-5-2008

Aceptado: 21-11-2008