

Producción de biomasa, composición química y producción de gas *in vitro* de la vegetación de una sabana estacional modulada

Manuel González-Ronquillo^{1*} Rafael Aparicio^{2†}, René Torres²
e Ignacio A. Domínguez Vara¹

¹Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Nutrición Animal. Instituto Literario 100 Ote. 50000 Toluca, México. * Correo electrónica: mrg@uaemex.mx.

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Apure, San Fernando, estado Apure. Venezuela.

RESUMEN

Con el fin de caracterizar los forrajes naturales provenientes de una sabana estacional modulada, se determinó la producción de materia seca (Mg ha⁻¹año⁻¹), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina (LAD) en las muestras de forrajes, así como la producción de gas *in vitro* para medir su fermentación y degradación en muestras de forrajes nativas tomadas en cuatro épocas del año: Seca (S), Transición Seco-Lluvia (TSSL), Lluvia (LL) y Transición Lluvia-Seco (TLLS) en tres unidades fisiográficas (banco, bajío y estero) en una sabana estacional modulada del estado Apure, Venezuela. Los resultados del rendimiento de las pasturas vario ($P \leq 0,01$) en función de las épocas del año (EA) y unidades fisiográficas (UF) donde la menor oferta fue en las épocas de TSSL y S en comparación a TLLS y LL (1,2 y 1,8 vs 3,5 y 3,0 Mg MS ha⁻¹ año⁻¹), en la unidad de bajío es menor ($P \leq 0,01$) a las unidades de estero y banco: 1,8; 2,10 y 2,4 Mg MS ha⁻¹ año, respectivamente. El contenido de PC (g 100g) fue superior ($P \leq 0,01$) en la época TSSL (11,84) con respecto al resto (6,6±1,1), en las UF no hubo diferencias ($P \geq 0,05$). La mayor producción de gas (ml gas gMS) fue en la época de LL (156,89) seguida por TSSL (148,47) con diferencia ($P \leq 0,01$) respecto a las épocas S y TLLS, en el estero se incrementó ($P \leq 0,05$) (139,10) respecto al banco (131,58) y bajío (131,80). Desde el carácter de uso para el manejo de la sabana, el pastoreo se debe realizar de diciembre - abril (S) en el estero, de mayo a junio (TSSL) en el bajío, de julio a septiembre (LL) en el banco, de septiembre a noviembre (TLLS) en la unidad de bajío. Se recomienda considerar la producción de biomasa y la calidad nutritiva del forraje para un mejor aprovechamiento.

Palabras clave: sabana, estación, sabana modulada, forrajes, producción, composición química, digestibilidad, producción de gas *in vitro*.

Forage production, chemical composition and *in vitro* gas production of the vegetation of a modulated seasonal savanna

ABSTRACT

In order to characterize forages from a modulated seasonal Savanna. Determination of forage dry matter yield production (Mg ha⁻¹year), Crude protein (CP), Neutral detergent fiber (NDF), Acid detergent fiber (ADF) and Lignin (ADL), and *in vitro* gas production to determine the fermentability and degradability in native forage samples taken in four seasons of the year: Drought, Drought-Rainy Transition (DRT), Rainy and Rainy-Drought Transition (RDT) and three physiographical units (Bank, Sandbank and Tideland) was made in a modulated seasonal savanna in the state of Apure. Venezuela. Pastures performance results varied ($P \leq 0,01$) in function to year's seasons and physiographical units, where the lower offer was in DRT and Drought seasons in comparison to RDT and Rainy (1,2 and 1,8 vs 3,5 and 3,0 Mg DM ha⁻¹year), in Sandbank unit was lower ($P \leq 0,01$) than Tideland and Bank: 1,8; 2,10 and 2,4 Mg DM ha⁻¹ year⁻¹, respectively. CP content (g 100 g) was higher ($P \leq 0,01$)

in DRT season (11,84) than the rest (6,6±1,1), in the physiographical units there was no difference ($P \geq 0,05$). The *in vitro* gas production (ml gas g DM) was in Rainy season (156,89), proceeded by DRT (148,47) with a difference ($P \leq 0,01$) respecting to Drought and RDT, in Tideland it was increased ($P \leq 0,05$)(139,10) respecting to Bank (131,58) and Sandbank (131,80). These results from the usage for a savanna management, the grazing must be done from December to April (Drought) in the Tideland, from May to June (DRT) in the Sandbank, from July to September (Rainy) in the Bank, and September up to November (RDT) in Sandbank unit. It is desirable to consider the forage yield and nutritive quality of the forage for a better usage it.

Keywords: chemical composition, digestibility, forages, modulated savanna, savannas, season, *In vitro* gas production, forage yield.

INTRODUCCION

El estado Apure, Venezuela tiene una superficie de 76.500 km² y en función de la topografía y el drenaje, los suelos presentan dos tipos de sabanas: a) las sabanas bien drenadas o de *Trachypogon*, y b) las sabanas mal drenadas, dentro de las cuales podemos encontrar, según la posición fisiográfica, sabanas de bancos, bajíos, esteros y sabanas de *Paspalum fasciculatum* (Ramia, 1967); estas últimas también son llamadas “sabanas hiper estacionales” por estar sometidas anualmente a prolongados períodos de inundaciones o anegamiento y sequía.

Desde el enfoque de suelo Comerma y Luque (1971) clasifican al estado Apure en cuatro grandes paisajes: a) Llanura Eólica, b) Altiplanicie, c) Llanura Aluvial (Actual y Sub-actual) y d) Selva de San Camilo o Pie de Monte. Sobre un área aproximada de 250.000 ha de la Llanura Aluvial Sub-actual el Estado Venezolano construyó el Proyecto Módulos de Apure el cual consiste fundamentalmente en la recuperación de tierras y control de aguas a través de una red de diques concatenados que encierran superficies de 3.000 a 4.000 ha en promedio, con alturas de dique de 0,5 a 2 m, y provistos de una a dos compuertas para la regulación del nivel de inundación (Pérez *et al.*, 1980).

Las fisiografía de estas sabanas están dominadas por especies gramíneas *Panicum laxum*, *Paspalum chaffanjonii*, *Leersia hexandra* y *Axonopus purpusii* en bancos (napas), coexistiendo unas 80 especies; *P. laxum*, *L. hexandra*, *P. chaffanjonii* e *Hymenachne amplexicaulis* en bajíos (cubeta de desborde), donde se han censado alrededor de 50 especies, y en los esteros (cubeta de decantación), la inundación reduce la biodiversidad a sólo 15 especies hidrófilas dominadas por *H. amplexicaulis*, *L. hexandra* y *Luziola spruceana*

(Torres *et al.*, 2003a). Se ha caracterizado el suelo, producción primaria y secundaria por diversos autores (Morales, 1989; Ramia, 1980; Schargel y González, 1973; Tejos, 1994; Torres, 1986 y 2003). Sin embargo, la información sobre valor nutritivo, de estas pasturas y su utilización por parte de los rumiantes es muy escasa.

En el presente estudio se determinó el contenido de biomasa, la composición química, así como la digestibilidad mediante la producción de gas *in vitro* en forrajes naturales provenientes de una sabana estacional modulada del estado Apure, Venezuela.

MATERIAL Y METODOS

Localización y descripción

El trabajo se realizó de marzo del año 2005 a marzo de 2006, durante cuatro épocas del año (EA): seca, transiciones (seca lluvia y lluvia sequía) y lluviosa en el Campo Experimental de Mantecal del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, ubicado en la fisiografía de llanos bajos, sobre un paisaje de llanura aluvial subactual a 7°35' latitud Norte y 69°10' longitud Oeste, a 74 m.s.n.m., cercano a la población de Mantecal, municipio Muñoz del estado Apure. El área de estudio fue de 208 ha de extensión divididas en tres potreros que representaron las unidades fisiográficas (UF) de banco, bajío y estero, caracterizadas por diferentes regímenes de humedad.

En el Cuadro 1, se presentan las características de los suelos. Los bancos son de textura gruesa y arenosa, con estructura blocosa subangular; en algunos casos no se presenta una real estructuración (Schargel y González, 1973). Los suelos de los bajíos y esteros están en posiciones topográficas más bajas, en consecuencia, son de texturas mayormente finas

Cuadro 1. Características de los suelos del modulo experimental de Mantecal.

Variable	Unidad Fisiográfica		
	Banco	Bajío	Estero
Clasificación	Aquic – Haplusteps	Aeric – Epiaquepts	Vertic - Epiaquepts
Textura	Franco Limosa	Franco Limosa	Arcillosa
MO (%)	1,47 (B)	2,86 (B)	3,74 (M)
CIC	4,10	29,20	38,20
pH	5,30	4,25	4,33
Principales minerales	Cuarzo, Caolinita, Circón, Feldespatos	Cuarzo, Caolinita, Arcilla 2:1	Cuarzo, Calcita, Arcilla 2:1

MO, Materia orgánica; CIC: Capacidad de Intercambio Cationico: B, bajo. M, medio.

Fuente: Torres, 2003; Schargel y González, 1973.

(arcillosas y arcillo-limosa) con estructuras blocosas subangular y en algunos casos prismáticas.

Existe una marcada diferencia en la fertilidad natural de los suelos desarrollados en el banco, en relación con los suelos del bajío y estero. El pH en los bancos tiende a ser ácido como consecuencia de períodos alternos de anegamiento y secado, mientras que en los esteros los tenores de acidez pueden estar asociados al incremento de materia orgánica (Torres, 2003).

Colección de muestras

En cada UF y EA se hicieron dos muestreos de la vegetación, constituida por *Panicum laxum*, *Paspalum chaffanjonii*, *Leersia hexandra* y *Axonopus compressus*, conjuntamente con más de 80 especies de menor importancia; en los bajíos esta conformada por las tres primeras especies señaladas más *Hymenachne amplexicaulis* y 50 adicionales; y en los esteros la inundación anual reduce la dominancia a *L. hexandra* e *H. amplexicaulis*, y otras 15 especies hidrófilas (Torres, 2003); lanzando en 30 ocasiones marcos metálicos de 0,25 m² por muestreo manteniendo dirección y sentido siguiendo el método de los “Tres pasos” (Reppert y Francis, 1973), posteriormente se separó el material vivo y muerto.

El pastizal se cosecho a una altura de 5 cm sobre la superficie del suelo. Las muestras se lavaron con

agua des ionizada para eliminar las impurezas e inmediatamente se registro el peso, posteriormente se secaron (65 °C, 48 h), para determinar el rendimiento de biomasa (Mg MS ha⁻¹ año⁻¹). Se hizo un pool de cada 10 marcos, las muestras fueron molidas (2 mm) y conservadas para posteriores análisis.

Análisis de laboratorio

Se determinó el contenido de materia seca (MS; 105°C, 24 h), el nitrógeno (N) fue determinado por el método Kjeldahl mediante un Autokjeldahl A 370 (Buchi, Switzerland) utilizando el cobre (Cu) como catalizador, el contenido de proteína cruda (PC) se obtuvo multiplicando N x 6,25 (AOAC, 1995). Así mismo se estableció el contenido de fibra neutro detergente (FDN) (Van Soest y Wine, 1967); fibra ácido detergente (FDA) y lignina ácido detergente (LAD; Van Soest, 1963).

Producción de gas *in vitro* y cálculos

Para evaluar la fermentación ruminal *in vitro* se utilizó la técnica propuesta por Theodorou *et al.* (1994). Se seleccionaron dos bovinos canulados en rumen como donadores de líquido ruminal, alimentados con heno de alfalfa y paja de cebada (50:50) junto con 2 kg MS de un concentrado comercial (Fatina completa, Purina 12 % PC) y 50 g de suplemento vitamínico-mineral (Fosforysal, Altech Inc.), en dos

horarios (08:00 y 16:00h) durante el día. Los animales disponían de libre acceso al agua. Se obtuvo igual cantidad de líquido y contenido ruminal (08:30 h) posteriormente fue filtrado a través de 4 capas de muselina, se mantuvo a 39°C y se gasificó con CO₂.

Posteriormente, se preparó la solución de incubación constituida por una mezcla de solución de macro minerales y micro minerales (Menke y Steingass, 1988); de esta mezcla se agregaron 90 ml a cada frasco y 10 ml de líquido ruminal. Previo a ello, se pesaron 0,800 g de MS por muestra, por triplicado en frascos de 125 ml; se incluyeron 2 frascos con paja de cebada como estándar y 2 frascos sin sustrato como blancos, respectivamente, como factores de corrección. La producción de gas producido en cada frasco fue registrada por medio de un manómetro HD8804 con una jeringa de presión TP 804 (DELTA OHM) a las 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 h, en cuatro series de incubación. Finalizado el período las muestras fueron filtradas y secadas (60°C, 48 h) para registrar la materia seca desaparecida (DMd, mg 100mg) y la producción de gas relativa (PGR, ml gas g MS desaparecida a 96 h; González-Ronquillo *et al.*, 1998).

Una vez corregido por el promedio de los blancos, se expuso la producción de gas por g MS inicial, la producción de gas fue ajustada al modelo propuesto por France *et al.* (1993) $y = A \{1 - \exp[-b(t - T) - c(\sqrt{t} - \sqrt{T})]\}$,

Donde:

y = producción total de gas (ml).

A = es la asíntota (gas total acumulado en ml).

b = la tasa constante de fermentación (h⁻¹).

T = tiempo de retardo (h).

c = la tasa de fermentación constante (h^{-1/2}).

Por lo que, el modelo propuesto indica que la tasa fraccional de degradación (μ , h⁻¹) no es constante y que varía con el tiempo a lo largo del período de fermentación de acuerdo a la siguiente ecuación: $\mu = b + c / (2\sqrt{t})$; $t \geq T$

Análisis estadístico

Los datos de rendimiento (n=72), composición química (n=72) y producción de gas *in vitro* (n=144), se sometieron a un análisis de varianza en un diseño

completamente al azar, con un arreglo factorial 3x4, considerando las tres unidades fisiográficas (UF) y las cuatro épocas (EA) del año, cuya expresión matemática es: $Y_{ijk} = \mu + UF_i + EA_j + E_{ijk}$.

Donde:

Y_{ijk} : efecto de la variable de respuesta.

μ : media general.

UF_i : efecto de la i-esima unidad fisiográfica.

EA_j : efecto de la j-esima época del año.

E_{ijk} : error experimental.

Estos análisis se realizaron utilizando el procedimiento de Modelo Lineal General (GLM) del programa estadístico SAS (1996) y las comparaciones de medias a través del método de Tukey ($P \leq 0,05$, según Steel *et al.*, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspecto climático

La Figura 1 muestra lo que ocurrió en las diferentes EA, produciendo períodos alternos de anegamiento y secado de los suelos. Las precipitaciones entre los meses de octubre a marzo fueron menores a 50 mm por mes, e incrementándose a partir de abril hasta alcanzar la máxima precipitación en junio (306,40 mm). Posteriormente la cantidad de lluvia descende gradualmente hasta alcanzar el valor mínimo en febrero con 0,20 mm. Mientras los valores de evapotranspiración se incrementaron gradualmente desde el mes más lluvioso (junio) al más seco (marzo) de 64 a 273 mm, respectivamente. Posteriormente descendió sostenidamente de abril hasta julio.

Este comportamiento climático originó cuatro épocas contrastantes: Seca (S); Transición sequía lluvia (TSSL); Lluvioso (LL) y Transición lluvia sequía (TLLS), lo cual corresponde a déficit hídrico, almacenamiento hídrico, exceso y desecamiento, respectivamente. A partir de noviembre y hasta abril, el suelo presentó un severo déficit hídrico S con valores promedios de 201 mm mensual en los meses de febrero y marzo. El segundo fenómeno ocurrió en el mes de mayo TSSL y exceso en junio-agosto, a finales de agosto casi hubo un equilibrio entre el agua caída y evaporada, durante el mes de septiembre el suelo inició la pérdida gradual del agua almacenada (desecamiento). Sin embargo, aún persiste humedad

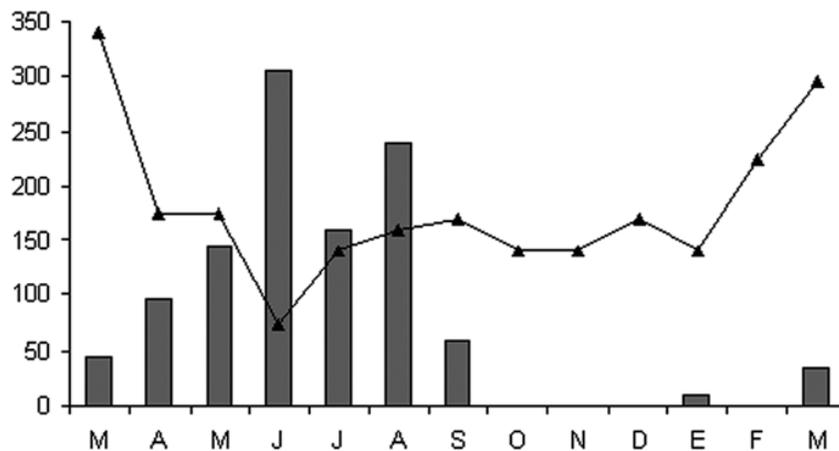


Figura 1. Balance hídrico de Marzo 2005 a Marzo 2006 para la población de Mantecal, estado Apure, Venezuela. (▲), Evapotranspiración (Evaporación x 0,8) y (■), Precipitación pluvial (mm). Fuente: M.A.R.N: Zona 7. Estación meteorológica de Mantecal.

suficiente en el suelo para que las plantas forrajeras realicen un crecimiento adecuado (Tejos, 2002). Torres *et al.* (2003a) concuerdan al señalar un déficit de humedad (1.057 mm) y precipitación (1.470 mm), con 55 y 76 % de acumulación en los meses de diciembre-abril y mayo-septiembre, respectivamente.

Rendimiento y composición química.

Los datos que se presentan a continuación proceden del estrato superior de la planta forrajera y se corresponden con la parte consumida por bovinos. El rendimiento de las pasturas nativas varió ($P \leq 0,01$) en función de las EA y UF (Cuadro 2). La oferta forrajera fue menor en las épocas de TSLL y S en comparación a las épocas de TLLS y LL (1,2 y 1,8 vs 3,5 y 3,0 Mg MS ha⁻¹ año⁻¹). En cambio, en la unidad de bajío es menor ($P < 0,05$) a las unidades de estero y banco: 1,8; 2,10 y 2,4 Mg MS ha⁻¹ año, respectivamente.

La producción de estas pasturas durante las épocas de TSLL y S coinciden con el incremento de la edad de las plantas y carencia de humedad en el suelo especialmente en las UF de banco y bajío, además de la elevada evaporación. Por lo que, fisiológicamente se interpreta como un retardo en la tasa de crecimiento. Este comportamiento concuerda con los resultados encontrados en el mismo tipo de sabanas por varios autores (Torres *et al.*, 2003a; Tejos y Arias, 1988; Tejos, 1978 y 1979). Se manifiesta, en las épocas de TSLL y S, una sucesión regresiva de las especies forrajeras deseables en las unidades de banco y bajío,

por una mayor desecación de su vegetación y menor en la de estero.

En el Cuadro 2, se presenta la composición química (g 100 g MS) de las pasturas. El contenido de PC fue superior ($P \leq 0,01$) en la época TSLL (11,84) con respecto al resto ($6,65 \pm 1,12$). Este incremento de PC se debe al rebrote de las especies forrajeras por el efecto de inicio de las lluvias (Tejos, 2002). No se observaron diferencias ($P^3 0,05$) entre las UF ($7,9 \pm 0,56$).

Los valores encontrados en el presente estudio se corresponden con los señalados por Torres *et al.* (2003b) que muestran deficiencias de PC en la época S (5,8 %), incrementos al inicio de lluvias (14,1 %) y valores intermedios a finales de éstas (6,7 %), al evaluar métodos de pastoreo sobre sabanas inundables. Mientras que Tejos (2002) ratifica que el mayor contenido de PC se presenta en la época TSLL, alcanzado las primeras semanas valores superiores a 20 % PC, siendo en nuestro caso menores. En cambio, al desaparecer la lámina de inundación el contenido de proteína de la oferta forrajera disminuye rápidamente por debajo del nivel crítico de 7,0 % (Minson, 1990), ocasionando un déficit para la síntesis de proteína microbiana en el rumen.

En sus trabajos, Stobbs (1975) señaló que las pasturas tropicales presentan una gran variabilidad en proporciones de hojas y tallos, entre especies y cultivares, y se encuentra influenciada por los cambios estacionales, maduración, estado fenológico,

Cuadro 2. Rendimiento (Mg MS ha⁻¹año) y valor nutritivo (g 100g) de la vegetación de una sabana estacional modulada en cuatro épocas del año y tres unidades fisiográficas.

Epoca/Unidad	Rendimiento	PC	FND	FAD	LAD
Épocas					
Seca	1.777,01 b	7,93 b	61,11 b	35,65	14,82 a
TSSL	1.240,98 b	11,84 a	65,59 ab	44,08	16,63 a
Lluvia	3.022,04 a	6,22 b	69,92 a	45,02	9,52 b
TLLS	3.476,82 a	5,80 b	66,05 a	34,58	16,63 a
EEM	32,32	1,65	1,89	4,13	1,83
Unidades fisiográficas					
Banco	2.396,68 a	7,52	65,86	43,67	16,29 a
Bajío	1.773,84 b	7,74	65,76	41,06	13,37 b
Estero	2.967,12 a	8,58	65,39	34,78	11,68 b
EEM	24,43	0,74	0,49	2,13	1,52

a, b =Diferentes literales en la misma columna ($P \leq 0,01$).

EEM, Error estándar de la media

TSSL, Transición sequía lluvia; TLLS, transición lluvia sequía; PC, proteína cruda;

FND, Fibra neutro detergente; FAD, Fibra ácido detergente; LAD, Lignina ácido detergente.

manejo del animal y de la pastura, esto se refleja en la cantidad y calidad de los pastos.

Los niveles de FND fueron diferentes ($P \leq 0,01$) entre épocas, observándose el menor contenido para S (61,11 g 100 g) con respecto a lluvia y TSSL ($67,9 \pm 2,7$), no así entre UF ($P \geq 0,1$). Para el caso de la FAD, no se observaron diferencias ($P \geq 0,1$) para las épocas ($39,8 \pm 5,4$) y las UF. El tenor de LAD mostró diferencias ($P \leq 0,01$) entre las épocas y las UF, siendo el valor mas bajo para la época de LL (9,52 g 100 g) con respecto al resto y en las unidades de estero y bajío (11,68 y 13,37) con respecto a banco (16,29).

Bajo condiciones de sabanas inundables la información sobre FND, FAD y LAD es escasa. Torres *et al.* (1990) evaluaron el recurso pastura en el paisaje de llanura aluvial, encontraron valores superiores a los de este estudio y sin diferencias significativas ($P \geq 0,1$) entre banco, bajío y estero, obteniendo valores de 73,14 \pm 1,3; 49,3 \pm 2,1 y 23,8 \pm 1,4 para FDN, FAD y LAD, respectivamente.

El contenido de PC, FND, FAD y LAD del pastizal evaluado (Cuadro 2) lo definen como un material de baja calidad, con excepción de la época TSSL que podría considerarse de mediana calidad. Por otra parte, Akin (1989) revisó los factores histológicos y

físicos que afectan la digestibilidad de los forrajes tropicales, y aseguró que las principales barreras que deben sobrepasar los microorganismos para degradar tejidos vegetales, son el esclerénquima y el xilema. Estos tejidos presentan las mayores acumulaciones de lignina en la planta, lo que requiere de un mayor tiempo para poder alcanzar la mitad de la degradación del material.

Producción de gas *in vitro*

En las Figuras 2 y 3 se presenta el volumen de gas producido (ml de gas g⁻¹ MS) por la fermentación del pasto natural de una sabana estacional modulada. Se obtuvo una mayor ($P \leq 0,01$) producción de gas en la época de LL (156,76) y TSSL (148,47) en comparación a las épocas S y TLLS (121,69 y 116,021, respectivamente). Por otra parte, las curvas de producción de gas para las diferentes épocas muestran un comportamiento similar a medida que aumenta el tiempo de lectura y los valores de gas son superiores ($P \leq 0,01$) y ascendentes para estero (143,7) en relación a las unidades de banco (133,9) y bajío (130,1).

Por su parte, Nogueira Filho *et al.* (2000) en condiciones diferentes, evaluaron cuatro gramíneas tropicales durante la estación seca, a una edad de la planta de 100 d. Estos autores encuentran una

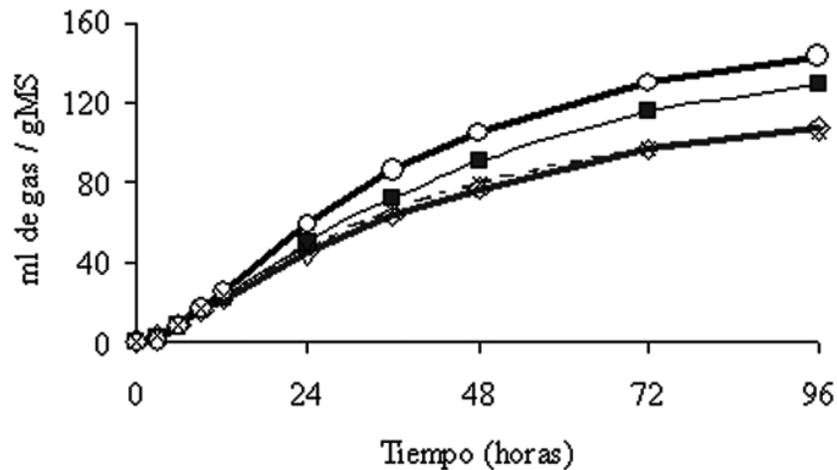


Figura 2. Evaluación del volumen de gas producido por la fermentación del pasto ($\text{ml de gas g}^{-1} \text{MS}$) de una sabana estacional modulada en cuatro épocas del año (\diamond , Seco; \blacksquare , Transición seco lluvia; \circ , Lluvia; \times , Transición lluvia).

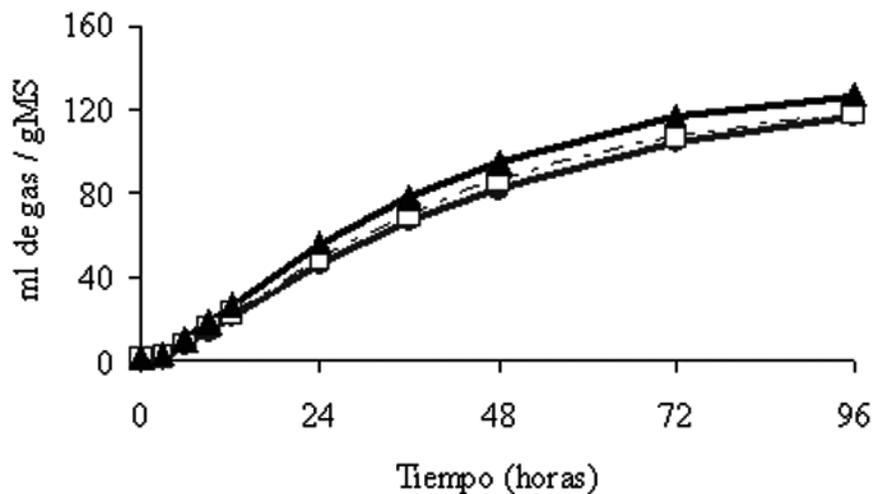


Figura 3. Evaluación del volumen de gas producido por la fermentación del pasto ($\text{ml gas g}^{-1} \text{MS}$) de una sabana estacional modulada en tres unidades fisiográficas (\bullet , Banco; \square , Bajo; \blacktriangle , Estero).

producción de gas (ml gas g MS) similar para *Pennisetum purpureum*, 218; *Cynodon dactylon*, 122; *Brachiaria humidicola*, 113; *C. plectostachyus*, 90 y diferencias entre las especies *C. dactylon*, *B. humidicola* y *C. plectostachyus* en comparación a *Pennisetum purpureum* que fue superior. González-Ronquillo *et al.* (1998) estudiaron, bajo condiciones de sabanas altas, la fermentación *in vitro* del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) a diferentes intervalos de corte (21, 28 y 35 d) y dos estaciones de la época S: septiembre – noviembre 1992 y abril – junio 1993. Encontraron la mayor producción de gas ($P \leq 0,01$) a los 21 d de corte y en la estación de septiembre –

noviembre. Además, la interacción corte por estación fue significativa ($P \leq 0,05$), demostrando que la producción de gas en pastos tropicales disminuye con la edad de la planta.

La producción total de gas (A) fue 25 y 32 % superior ($P \leq 0,01$) en las épocas TSLL y Lluvia que TLLS y S, mientras que el estero es 9 % superior ($P \leq 0,01$) a los valores de bajo (Cuadro 3). Aparicio *et al.* (2007) al evaluar *Leersia hexandra* e *Hymenachne amplexicaulis*, en estero, encuentran que son ligeramente inferiores a los del presente estudio para las diferentes épocas, debido a que en esta

Cuadro 3. Medias de los parámetros de producción de gas in vitro de una sabana estacional modulada en cuatro épocas del año y tres unidades fisiográficas.

Epoca/Unidad	A	b	c	T	MSd	PGR
Épocas						
Seco	118,66 e	0,030	-0,057 de	3,113de	41,86e	282,14e
TSSL	148,94 d	0,029	-0,066 de	3,939de	47,44 d	320,48d
Lluvia	156,76 d	0,032	-0,073 e	4,508d	47,12 d	335,37d
TLLS	119,32 e	0,030	-0,049 d	2,648b	37,96 e	313,10de
EEM	9,905	0,001	0,005	0,416	2,273	11,212
Unidades fisiográficas						
Banco	133,95 de	0,029	-0,061	3,637	41,35 e	327,34
Bajío	130,11 e	0,030	-0,064	3,735	41,86 e	309,70
Estero	143,72 d	0,032	-0,059	3,284	47,57 d	301,28
EEM	4,051	0,001	0,001	0,137	1,994	7,678

de= Diferentes literales entre la misma columna son diferentes ($P \leq 0,01$).

EEM, Error estándar de la media.

TSSL, Transición seco lluvia; TLLS, Transición lluvia seco; A, producción total de gas (ml gas g⁻¹ MS inicial); b, tasa de fermentación h⁻¹; c, tasa de fermentación h^{-1/2}; T, tiempo de retardo; MSd, materia seca desaparecida 96h (mg 100 mg); PGR, producción de gas relativa (ml gas 96 h g⁻¹ MSd).

investigación se realizó una mezcla de todos los pastos presentes en la zona, los cuales pueden tener una mayor fermentación, y coinciden en que la mayor fermentación ($P \leq 0,05$) es para las épocas TSSL y LL (128 y 142 ml gas g MS) con respecto a S y TLLS (107 y 105 ml gas g MS). No se observaron diferencias ($P \leq 0,1$) para la fracción b, sin embargo, las fracciones c y T, fueron mayores ($P \leq 0,01$) para LL (-0,073; 4,50) con respecto a TLLS (-0,049; 2,6), por ello obtenemos una mayor producción de gas y MSd en la época de lluvia con respecto a TLLS.

Para la MSd (mg 100 mg) se observó una mayor degradación ($P \leq 0,01$) para las épocas TSSL y LL ($47,3 \pm 0,2$) con respecto a S y TLLS ($39,9 \pm 2,7$) como se observa en el Cuadro 3. Estos resultados fueron ligeramente inferiores a los encontrados por Tejos (2002) quien evaluó la digestibilidad in situ de la MS (DMS) de cinco especies forrajeras de sabanas moduladas inundables, y no encontró diferencias ($P \geq 0,1$) entre las épocas de LL (54,80 a 58,00 %), transición (54,90 a 66,90 %) y S (53,50 a 58,70 %), indicando que la época de TSSL la DMS tiende a ser más elevada por el rápido rebrote de las especies que hace que sea mayor la relación hoja: tallo y el índice de área foliar del estrato superior de las especies.

Mientras que en la época de LL la mayoría de las especies forrajeras deseables han alcanzado la floración. Si bien los valores de DM en el presente estudio son inferiores a los de Tejos (2002), mantienen una concordancia con respecto a las diferentes épocas, observándose una diferencia de siete puntos de la MSd para las épocas TSSL y LL con respecto a S y TLLS (Cuadro 3). Para el caso de las UF el estero resultó 12,5 % superior ($P \leq 0,01$) al banco y el bajío. Aparicio *et al.* (2007) al evaluar pastos de estero, encuentran valores similares para la MSd, al igual que el presente estudio encuentran una mayor degradación ($P \leq 0,01$) para las épocas TSSL y LL ($51 \pm 0,5$), con respecto a S y TLLS ($39,5 \pm 20,5$). Tejos (2002) y Torres *et al.* (1990) en las mismas condiciones de sabanas no encontraron un efecto significativo de la UF sobre la DMS, donde Tejos (2002) jerarquizó los tenores de digestibilidad en un 51,1; 53,7 y 55,8 % para banco, bajío y estero, respectivamente; mientras que Torres *et al.* (1990) obtienen una digestibilidad menor en banco (39,90 %), para bajío (44,95 %) y estero (51,57%), siendo similares a los mencionados en el presente estudio.

La PGR (ml gas g MSd) fue menor ($P \leq 0,01$) para la época S (282,1) con respecto a TSSL y LL (328 ± 10). Sin embargo, no se observaron diferencias ($P \geq 0,1$)

entre las diferentes UF ($312,7 \pm 13$). Nogueira Filho *et al.* (2000) obtienen valores de PGR superiores (412 ± 32) a los del presente estudio, cuando evalúan *C. dactylon*, *B. humidicola*, *C. plectostachyus* y *P. purpureum*, con una edad de 100 d, si bien son pastos diferentes a los de la sabana, *C. dactylon* y *B. humidicola* poseen una MSd similar (415 g kg MS) a los pastos del presente estudio, pero menores a *P. purpureum* (627 g Kg MS).

Los valores de la tasa fraccional de fermentación (μ) a diferentes tiempos, se presentan en el Cuadro 4. La época TSLL presenta una menor μ 6 y μ 12 h ($P \leq 0,01$) en relación a TLLS, a menor tasa fraccional de degradación habrá una mayor MSd y PGR como se aprecia en la época TSLL con respecto a TLLS; cuando se comparan las UF, banco presentó una menor μ 6 y μ 12 h ($P \leq 0,01$) en comparación a estero, en este caso no se observa una menor MSd pero existe una mayor PGR (ml gas g MSd), esta posible menor MSd puede ser por su mayor contenido en LAD para bajo y estero. Ford y Elliot (1989) proponen que la relación lignina: hemicelulosa es el mejor indicador de la degradabilidad del forraje. Lo anterior coincide al observar que el mayor contenido de LAD (>16 g 100g) es para la época TLLS, TSLL y la unidad banco, con una menor MSd. Por otra parte, Vadiveloo y Fadel (1992) encuentran que el contenido de FAD, N total y taninos condensados (si están presentes) son los factores químicos más

limitantes en la digestibilidad, este último coincide al observar la época TLLS que contiene el menor contenido de PC (5,8%) y un contenido relativamente bajo de hemicelulosa (24,9%), un mayor contenido de LAD y con ello una menor MSd (37,9 g 100 g), lo que indicaría que es un forraje de baja calidad y degradabilidad.

CONCLUSIONES

Los forrajes que constituyen a una sabana estacional modulada desde la óptica de su producción de biomasa, composición química, parámetros de degradación, y tasa fraccional de fermentación son de un valor nutricional de regular a bajo. En la época transición seco lluvia, se produce un excelente rebrote con mayor relevancia en la UF de estero, durante la época de S disminuyen todos los tenores en los bancos y bajo, especialmente el contenido de proteína ($< 7\%$) y la digestibilidad ($< 50\%$). a lo largo del año, son inferiores.

Estas consideraciones y la necesaria utilización de un método de pastoreo diferido por época climática dado la inundación, indican que la mejor época de utilización de estas sabanas por los bovinos ha de ser desde finales de junio a septiembre (LL) en la unidad de banco; (180 – 210 d). En el bajo, mayo y junio (TSLL) antes de que ocurra la inundación (30 – 45 d), y luego de desaparecer la lámina de agua, desde mediados de octubre a noviembre (45 – 60 d;

Cuadro 4. Comparaciones de la tasa fraccional de fermentación (μ , h) estimados a diferentes tiempos, obtenida del ajuste de los datos de producción de gas in vitro en una sabana estacional modulada en cuatro épocas del año y tres unidades fisiográficas.

Epoca/Unidad	μ 6 h	μ 12 h	μ 24 h	μ 48 h
Épocas				
Seco	0,019 ab	0,022 ab	0,025	0,026
TSLL	0,016 b	0,020 b	0,023	0,025
Lluvia	0,018 ab	0,022 ab	0,025	0,027
TLLS	0,021 a	0,024 a	0,026	0,027
EEM	0,0010	0,0008	0,0006	0,0005
Unidades fisiográficas				
Banco	0,017 b	0,021 b	0,024	0,025
Bajo	0,018 ab	0,020 ab	0,024	0,026
Esterio	0,021 a	0,024 a	0,026	0,028
EEM	0,0012	0,0012	0,0007	0,0009

ab=Diferentes literales entre la misma columna son distintas ($P \leq 0,01$).

EEM, Error estándar de la media.

TSLL, Transición seco lluvia; TLLS, Transición lluvia seco.

TLLS). En cambio, en el estero la mejor época de utilización debe ser durante la época S, en los meses de diciembre – abril.

Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela, quien concedió el financiamiento para la ejecución del Proyecto y la estancia del MC. Rafael Aparicio en la Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

LITERATURA CITADA

- Akin D. E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agron. J.*, 81: 17 – 25.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Arlington, VA.
- Aparicio R, M. Gonzalez-Ronquillo, R. Torres, L. Astudillo, L. Cordova y J. Carrasque. 2007. Degradabilidad de los pastos *Lambdora (Leersia hexandra)* y paja de agua (*Hymenachne amplexicaulis*) en cuatro épocas en una sabana inundable del estado de apure, Venezuela. *Zoot. Trop.*, 25 (3): 225-228.
- Comerma J. A. y O. Luque. 1971. Los principales suelos y paisajes del estado Apure. *Agron. Trop.*, 2(5): 379-396.
- Ford C. W. and R. Elliot. 1989. Biodegradability of grass cell walls in relation to chemical composition and rumen microbial activity. *J. Agric. Sci., Camb.*, 108: 201-209.
- France J. M. S. Dhanoa, M. K Theodorou, S. J. Lister, D. R. Davies, and D. Isac. 1993. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J. Theor. Biol.*, 163: 99 – 111.
- González-Ronquillo M., M. Fondevila, U. A. Barrios, and Y. Newman. 1998. *In vitro* gas production from buffer grass (*Cenchrus ciliaris* L.) fermentation in relation to the cutting interval, the level of nitrogen fertilization and the season of growth. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 72: 19 – 32.
- Menke, K. H. and Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.*, 28: 7 – 45.
- Minson D. J. 1990. *Forage in ruminant nutrition*. Academic Press London. 486p.
- Morales F. 1989. Crecimiento de un rebaño mestizo cebú en un sistema de producción bajo condiciones de sabanas moduladas en Apure. *Revista UNELLEZ de Cie. y Tec.*, 7(1 -2): 13-17.
- Nogueira Filho J. C. M, M. Fondevila, U. A. Barrios, and M. González-Ronquillo. 2000. *In vitro* microbial fermentation of tropical grasses at an advanced maturity stage. *Anim. Feed. Sci. and Technol.*, 83: 145 – 157.
- Pérez J, A. Corzo, J. T. Gómez, M. Larreal. y T. Valerio. 1980. Estudios de suelos preliminar del polígono de expropiación de Módulos de Apure, sectores este y oeste. Estado Apure. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Serie informes Científicos. Zona 3. IC.27.
- Ramia M. 1980. Relaciones geomorfológicos suelo-vegetación en el Alto Apure. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. (Trabajo de Ascenso). Caracas, Venezuela. 404p
- Ramia M. 1967. Tipos de sabanas en los llanos de Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias. Naturales.*, 112: 264 - 288.
- Reppert J. and R. Francis. 1973. Interpretation of trend in range condition from 3 step data. United States. Department of Agriculture. Forest Service. Colorado. 230 pp.
- Schargel R. y R. González. 1973. Estudio agroecológico preliminar. Sectores Bruzual-Mantecal. Ministerio de Obras Públicas. División de Edafología. Caracas, Venezuela. 144p
- Statistical analysis system (SAS). 1996. *User's guide*. Raleigh, North Carolina. USA. 633p
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H. and Dickey, D. A., 1997. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 3rd ed., McGraw-Hill

- Series in Probability and Statistics. Printed in the United States of AmericaUSA. pp. 1-600. p.
- Stobbs T. H. 1975. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pasture for beef and milk production. *Trop. Grass.*, 9: 141-150.
- Tejos R. 1994. Análisis de crecimiento, valor nutritivo, reservas y descomposición de cinco gramíneas de sabanas inundables. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Tesis Doctoral. Maracay, Venezuela. 199 p.
- Tejos R. N. 1978. Producción del pasto paja de agua (*Hymenachne amplexicaulis* (Rudgee) Nees) durante el período inundado de una sabana. *Agron. Trop.*, 28 (6): 599 – 612.
- Tejos R. N. 1979. Producción del pasto lambedora (*Leersia hexandra* SW.) durante el periodo inundado de una sabana. *Agro. Trop.*, 28 (6): 517 – 526.
- Tejos R. N. 2002. Pastos nativos de sabanas inundables; Caracterización y manejo. 1^{ra} edición. Barquisimeto, Venezuela. 108 p.
- Tejos R. N. y J. F. Arias. 1988. Valor nutritivo del pasto lambedora (*Leersia hexandra* SW.) durante el periodo seco de la sabana inundable de Apure, Venezuela. *Revi. UNELLEZ de Cie. y Tec.*, 6 (1 - 2): 41 – 44.
- Theodorou M. K, B. A. Williams, M. S. Dhanoa, A. D . B. Mcallan. and J. France. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds, *Anim. Feed and Sci. Technol.*, 48: 185-197.
- Torres R. 1986. Patrones de utilización de la vegetación de sabanas moduladas por bovinos de carne a pastoreo. Universidad Central de Venezuela. Facultades de Agronomía y Ciencias Veterinarias. Tesis de Maestría. Maracay, Venezuela. 159 p.
- Torres R. 2003. Estudio de los factores inter actuantes sobre la producción primaria y secundaria de sabanas moduladas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Tesis Doctoral. Maracay, Venezuela. 196 p.
- Torres R, E. Chacón, E. Capó, E. García., N Pérez. y M. Terán. 1990. Patrones de utilización de la vegetación de sabanas moduladas por bovinos a pastoreo. III. valor nutritivo del recurso pastura. *Zoot. Trop.*, 8 (41 y 42): 3 - 16.
- Torres R, E. Chacón, F. Ovalles, O. Guenni, L. Astudillo, J. Carrasquel y E. García. 2003a. Efectos de métodos de pastoreo sobre sabanas moduladas. I. Sucesión del pastizal. *Zoot. Trop.*, 21(4):425-448.
- Torres R, E. Chacón, F. Ovalles, O. Guenni, L. Astudillo, J. Carrasquel y E. García. 2003b. Efectos de métodos de pastoreo sobre sabanas moduladas. II. Composición proteica y minerales en planta y suelo. *Zoot. Trop.*, 21(4):449 - 466.
- Vadiveloo J. and J.G. Fadel. 1992. Compositional analyses and rumen degradability of selected tropical feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 37: 265-279.
- Van Soest P. J. 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Off. Agr. Chem.*, 46(5): 829 – 835.
- Van Soest P. J. and R. H. Wine. 1967. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. IV. The determination of plant cell-wall constituents. *J. Assoc. Off. Agr. Chem.*, 50: 50 – 55.