

Efecto de la edad de corte en la capacidad fermentativa *in vitro* y la dinámica de degradación ruminal *in situ* de *Tithonia diversifolia*

Orestes La O León^{1*}, Dayki Valenciaga Gutiérrez¹, Tomás E. Ruiz Vázquez¹, Oscar Ruiz Barrera², Yamicela Castillo Castillo², Héctor González García³, Carlos Rodríguez Muela², Danay A. Hernández, Bertha Chongo García¹, Claudio Arzola Álvarez² y Juan Cairo Sotolongo¹

¹Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana. Cuba. *Correo electrónico: olao@ica.co.cu

²Facultad de Zootecnia Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chihuahua, México.

³Dep. Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencias Biomédicas Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Chihuahua. México.

RESUMEN

Se desarrolló un experimento con *Tithonia diversifolia*, con diferentes edades de corte, para determinar el efecto de la edad en la capacidad fermentativa *in vitro* y en la dinámica de degradación ruminal *in situ* de su materia seca. Para el estudio *in vitro* se utilizaron tiempos de 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h de fermentación, mientras que para la prueba *in situ* se realizaron muestreos a las 6, 12, 36, 48 y 72 h. Los resultados de la fermentación se ajustaron al modelo exponencial. El comportamiento cinético *in vitro* se caracterizó por un incremento de la producción de gases con el tiempo de exposición de las muestras al ataque de microorganismos, con valores de 36,03 32,12 34,12 37,11 y 34,7 a las 96 h para 30, 50, 70, 90 y 110 d de rebrote, respectivamente, con mayores valores en producción de gases a 90 h. La evolución en la dinámica de degradación ruminal *in situ* de la MS mostró un aumento progresivo de tipo asintótico, mientras que los valores de degradabilidad efectiva de MS para diferentes constantes de velocidad de recambio ruminal ($k=0,03$ 0,044 y 0,05 %/h) tuvieron un comportamiento similar en todos los nutrientes y oscilaron entre 46,39-60,46; 42,40-56,23; 41,75-53,86 y 41,18-53,31 para 30, 50, 70 y 90 d de rebrote, respectivamente. Los resultados obtenidos permiten sugerir, por los estudios *in vitro* e *in situ*, que edades entre 70 y 90 d son las que permiten un mayor aprovechamiento de los nutrientes por el animal. Estudios *in vivo* se hacen necesarios para avalar esta hipótesis, considerando diferentes niveles de inclusión de este arbusto en las dietas de los rumiantes.

Palabras clave: valor nutritivo, potencial fermentativo *in vitro*, producción de gases, degradabilidad ruminal *in situ*, *Tithonia diversifolia*.

Age effect on the *in vitro* fermentation capacity and on the *in situ* dynamic of ruminal degradation of *Tithonia diversifolia*

ABSTRACT

An experiment was conducted with *Tithonia diversifolia*, at different harvesting ages to determine the effect of age on the *in vitro* fermentation capacity and on the *in situ* dry matter dynamic of ruminal degradation. For the *in vitro* study there were utilized incubation times of 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 and 96 h of fermentation, meanwhile for the *in situ* study, samplings were taken at 6, 12, 36, 48, and 72 h. Fermentation data were adjusted to the exponential model. *In vitro* kinetics performance showed an increment in the gas production as samples were exposed to attack of the microorganisms with values of 36.03, 32.12, 34.12, 37.11 and 34.7 at 96h for 30, 50, 70, 90, and 110 d of growing respectively, with higher values of gas production at 90 h. Dynamics of *in situ* dry

matter ruminal degradation showed an asymptotic type of progressive increment, meanwhile data for dry matter effective degradability for different constants of ruminal turnover rate ($k=0.03, 0.044, \text{ and } 0.05 \text{ \%}/\text{h}$) had a similar performance in all nutrients, varying between 46.39-60.46, 42.40-56.23, 41.75-53.86, and 41.18-53.31 for 30, 50, 70, and 90d of growing, respectively. Results obtained suggested, according to the *in vitro* and *in situ* studies, that ages between 70 and 90d allow a great use of the nutrients by the animal. It is necessary to perform *in vivo* studies to confirm this hypothesis, considering inclusion of different levels of the plant in the diet of ruminants.

Keywords: nutritive value, *in vitro* fermentation potential, gas production, ruminal *in situ* degradation, *Tithonia diversifolia*.

INTRODUCCIÓN

El arbusto *Tithonia diversifolia* presenta características que la hacen una planta promisoría para la alimentación del ganado. Posee una adecuada producción de biomasa y valor nutricional de su follaje. Los contenidos de proteína se encuentran dentro del rango informado por La O *et al.* (2003b) para 12 variedades o ecotipos de *Leucaena leucocephala* (14 a 30,6%), mientras que los carbohidratos estructurales están dentro de valores informados por Rosales (1996), quien encontró contenidos de 35,5% para FDN y 30,4% para FDA, estando dentro de las concentraciones obtenidas por este autor para 11 especies arbustivas y 9 arbóreas (28,2-72,5% y 21,8-62,8%, respectivamente).

Esta planta puede ser utilizada para incrementar la utilización digestiva de los alimentos en los rumiantes, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la edad de corte en la capacidad fermentativa *in vitro* y en la dinámica de degradación ruminal *in situ* de materia seca de *Tithonia diversifolia*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron tallos jóvenes, hojas y peciolo (15 kg) de follaje de *Tithonia diversifolia* a los 30, 50, 70, 90 y 110 d de corte. El material cosechado se homogenizó y se tomaron tres muestras de 0,5 kg para el secado por 48 h en estufa de aire forzado a 50°C. Parte de las muestras se molieron a 1 mm para la determinación de la composición química y de la capacidad fermentativa ruminal *in vitro* y el resto de la muestra a un tamaño de partícula de 2,5 mm para la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS.

El estudio se realizó en el laboratorio de nutrición animal de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Los animales donantes de líquido ruminal fueron tres ovinos de la raza Pelibuey machos, adultos, canulados en el rumen, con peso

promedio de $60 \pm 1,5$ kg y una edad aproximada de 12 meses, alojados en jaulas metabólicas individuales de 0,7 x 1,5 x 1,7 m. La dieta base estuvo conformada por 70% de paja de avena, 20% de forraje verde y 10% de maíz molido, agua y sales minerales a voluntad.

El líquido ruminal se recolectó por la mañana, 20 min antes de iniciar la prueba y se filtro a través de una tela doble de muselina, para posteriormente hacer el pool que sirvió de inóculo. El procedimiento de producción de gas *in vitro* (PGIV) se realizó de acuerdo a la técnica de Menke y Steingass (1988), utilizando un transductor de presión para realizar las mediciones.

Se colocaron 200 mg de MS de muestras del follaje de *T. diversifolia* de 30, 50, 70, 90 y 110 d de corte en cada frasco de 50 mL de volumen, a los que se le agregó 20 mL de saliva artificial y 10 mL del pool de líquido ruminal (2:1 v/v). Los frascos se llenaron en condiciones de anaerobiosis (gaseado continuo de CO_2) y en ausencia de luz. Los frascos permanecieron dentro de un incubador rotatorio marca New Brunswick Scientific, modelo 2400, a 39 °C por 96 h. Se replicó la muestra en 5 oportunidades con un blanco que contenía sólo líquido ruminal y saliva artificial que sirvió como factor de corrección.

La PGIV se midió a las 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 96 h con un medidor de presión (Transductor Fasto®). Se estimó el volumen de gas producido mediante la utilización de una ecuación de regresión lineal entre el volumen y la presión: volumen (mL) = $2,4964 + b * \text{presión (psi)}$. Transcurrido el tiempo de incubación los frascos se mantuvieron a 4°C para detener la acción de los microorganismos.

Degradabilidad ruminal *in situ*

Se utilizaron tres toros mestizos Holstein x Cebú con un peso promedio de 407 ± 7 kg de peso vivo (PV), a los que se les insertaron cánulas pastisol (10

cm de diámetro interno) en la parte dorsal del rumen, mediante procedimiento quirúrgico. Los animales se alojaron en cubículos individuales durante todas las pruebas experimentales.

Los animales se alimentaron de gramíneas (*Pennisetum* sp. Cuba CT-115) *ad libitum* y un kg de una mezcla compuesta por harina de soya 40%, harina de maíz 45%, miel final 13% y sales minerales 2% en dos raciones de 0,5 kg al día (08:00 a.m. y 03:00 p.m.) con agua a voluntad.

Se pesaron 5 g de muestras de *T. diversifolia* a los 30, 50, 70 y 90 d de corte, con un tamaño de partícula de 2,5 mm por cada bolsa de dacrón (14 cm de largo por 8,5 cm de ancho y 48 μ m de porosidad). Se utilizaron dos bolsas por animal y tiempos de incubación de 6, 12, 36, 48 y 72 h. Las bolsas, cuando se retiraron del rumen, se lavaron por fuera con agua corriente hasta lograr la eliminación de la mayor cantidad de residuos y posibles restos de microorganismos en las muestras.

Los resultados obtenidos de la fermentación se ajustaron al modelo exponencial de Orskov y McDonald (1979): $Y=a+b*(1-\exp(-c*t))$, donde Y es el volumen de gas producido con el tiempo t, a es la producción de gas a las 0 h, b es la producción potencial de gas en el tiempo y c es la velocidad de producción de gas.

La degradabilidad efectiva (DE) de MS se calculó según lo descrito por Orskov y McDonald (1979), mediante el ajuste de los datos al modelo: $P=a+b*(1-\exp(-c*t))$ y se utilizó la ecuación: $DE= a + (b*c) / (c+k)$, donde, DE es la degradabilidad efectiva ruminal, a es la fracción soluble determinada por el lavado (g/g de nutriente original), b es la fracción insoluble degradable en el tiempo t, c es la velocidad de degradación de b, con diferentes constantes de velocidad de recambio ruminal (k): 0,03 0,04 y 0,05. Para el análisis de los datos se usó el programa estadístico Statgraph.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la producción de gas acumulada por la fermentación de la MO de las muestras estudiadas durante el período de incubación *in vitro*. El comportamiento cinético se caracterizó por un incremento de la producción de gases con el tiempo de exposición de las muestras al ataque de microorganismos, con valores de 36,03 32,12 34,12

37,11 y 34,7 a las 96h para 30, 50, 70, 90 y 110d de rebrote, respectivamente. Los mayores valores en producción de gases a las 90 h pudiera deberse a la concentración de carbohidratos y nutrientes de fácil fermentación presentes antes del rebrote y a que los microorganismos ruminales y sus enzimas, primeramente atacan los carbohidratos fácilmente disponibles y luego con la colonización de la fibra y sus fermentaciones se logra un incremento de la producción de gases.

El ajuste de los datos de producción de gas acumulada al modelo indicado anteriormente para diferentes edades de corte produjo las siguientes ecuaciones y coeficientes de correlación: 30 d: $Y= 0,807 + 38,474*(1-\exp(-0,031*t))$ R^2 99,432*, 50 d: $Y= 2,114+35,125*(1-\exp(-0,035*t))$ R^2 99,135*, 70 d: $Y= 4,039+30,907*(1-\exp(-0,034*t))$ R^2 99,189*, 90 d: $Y= 0,483+39,5665*(1-\exp(-0,030*t))$ R^2 99,290* y 110 d: $Y= -0,753+36,697*(1-\exp(-0,033*t))$ R^2 99,137*. Las características de producción de gases muestran un ajuste de los datos al modelo exponencial ($R^2>99$) con comportamiento similar en todas las edades de rebrote y poca influencia de factores inherentes a la planta y al propio proceso de fermentación. Es importante tener en cuenta que la acumulación de gases producida durante la fermentación, particularmente de hidrógeno pudiera producir algunas inhibiciones de la celulólisis ruminal y su relación con altas concentraciones de compuesto secundarios en plantas, aspecto que no se confirma en los estudios realizados con las diferentes edades de rebrote de *T. diversifolia*. Además, Rodríguez (2004) afirmó, que en condiciones de estrés fisiológico, las plantas son capaces de crear medios de defensa que van desde producir diferentes metabolitos secundarios, hasta cambiar algunas formas de almacenamiento y utilización de principios inmediatos, aspecto que no fue estudiado en este trabajo y que constituye un reto para investigaciones posteriores.

Los ritmos de velocidad de producción de gases (c) encontrados están en el rango informado para algunas leguminosas tropicales como *Leucaena leucocephala* (La O et al., 2003a, b). Las producciones de gases *in vitro* encontradas en las plantas estudiadas muestran una posible utilización de éstas para la alimentación animal.

La evolución en la dinámica de degradación ruminal *in situ* de la MS (Figura 2.) mostró un

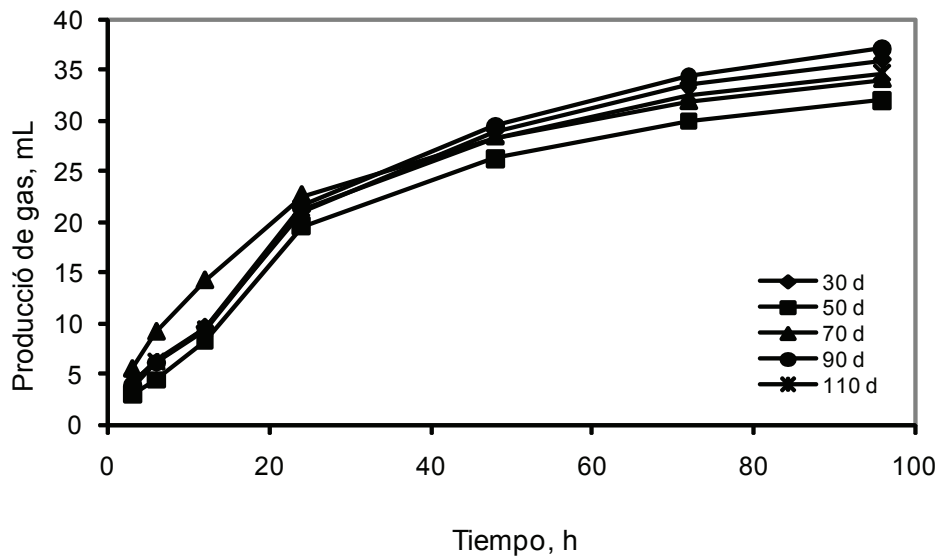


Figura 1. Potencial fermentativo *in vitro* de *Tithonia diversifolia* con diferentes edades de corte.]

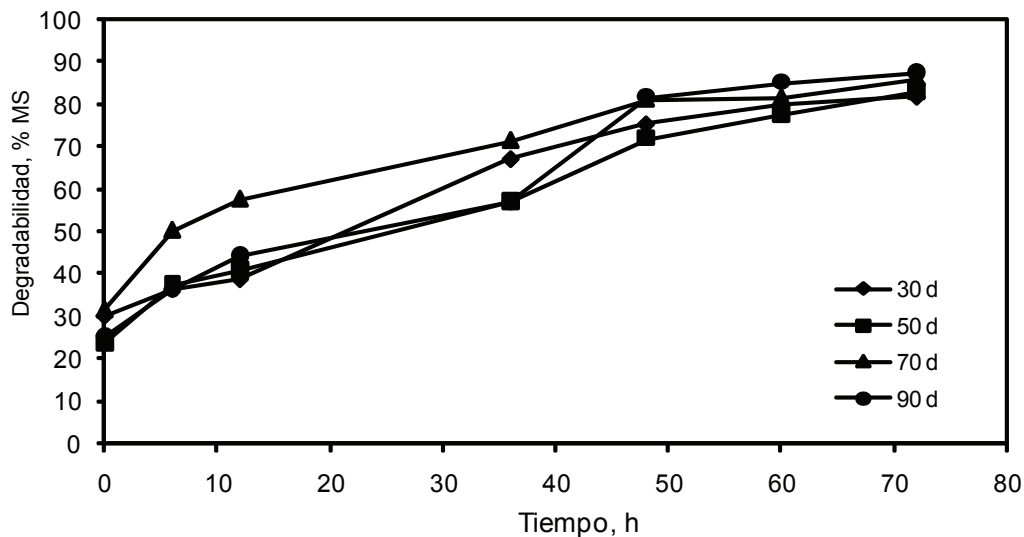


Figura 2. Dinámica de la fermentación ruminal *in situ* de MS de *Tithonia diversifolia* con diferentes edades de corte.

aumento progresivo de tipo asintótico. Este comportamiento pudiera estar relacionado con el tipo y cantidad de compuestos fenólicos presentes en algunas plantas tropicales que pueden limitar o favorecer la degradabilidad ruminal de nutrientes de las leguminosas.

Los valores de degradabilidad efectiva de MS para diferentes constantes de velocidad de recambio

ruminal ($k=0,03$; $0,044$ y $0,05\%/h$) tuvieron un comportamiento similar en todos los nutrientes y oscilaron entre $46,39-60,46$ $42,40-56,23$ $41,75-53,86$ y $41,18-53,31$ para 30, 50, 70 y 90 d de rebrote, respectivamente. Estos resultados fueron inferiores a los encontrados por La O *et al.* (2003b) con diferentes leguminosas temporales con valores superiores a 60% y superiores a los informado por Ramírez *et al.* (2007) al realizar estudios de digestibilidad aparente

de nutrientes con ovinos, diferencias que podrían estar relacionadas con el efecto de la especie en los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir la factibilidad del uso de la *T. diversifolia* en la alimentación de los rumiantes y que edades entre 70 y 90 d son las que permiten un mayor aprovechamiento de los nutrientes por el animal. Estudios *in vivo* se hacen necesarios para avalar esta hipótesis, considerando diferentes niveles de inclusión de este arbusto en las dietas de los rumiantes.

LITERATURA CITADA

- La O O., B. Chongo, D. Delgado, T.E. Ruiz, D. Valenciaga y A. Oramas. 2003a. Composición química y degradabilidad ruminal de leguminosas de importancia para la alimentación animal. II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. San José de las Lajas, La Habana, Cuba.
- La O O., B. Chongo, D. Delgado, T.E. Ruiz, A. Elías, J.R. Stuart y V. Torres. 2003b. Degradabilidad ruminal de materia seca y nitrógeno total de seis ecotipos del género *Leucaena leucocephala*. Rev. Cub. Cienc. Agríc., 37: 267-272.
- Menke K. y H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Anim. Res. Develop., 28: 7-55.
- Ørskov E.R. e I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci., 92: 499-503.
- Ramírez R.U., J.G. Escobedo, P.E. Lara, C.F. Cen y J.R. Sanginés 2007. Digestibilidad y balance de nitrógeno de dietas para ovinos con niveles crecientes de *Tithonia diversifolia* <http://www.dict.isch.edu.cu/.../agroforesteria%202007/data/posters/3lossistemassilvopastoriles/ruramirez.pdf>. revisado el 9 de enero 2008.
- Rodríguez Y. 2004. Características fitoquímicas y detoxificación de taninos y cumarinas en la comunidad vegetal de un sistema silvopastoril en explotación. Tesis Ms Sci. Bioquímica. Facultad de Biología. Universidad de la Habana. Cuba.