

## Efecto de la combinación de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum Purpureum* vc. Cuba CT-115 en la cinética y producción de gas *in vitro*

O. La O<sup>1</sup>, Dayki Valenciaga<sup>1</sup>, H. González<sup>2</sup>, Aracely Orozco<sup>2</sup>, Yamicela Castillo<sup>3</sup>, O. Ruíz<sup>3</sup>, E. Gutiérrez<sup>4</sup>, C. Rodríguez<sup>3</sup> y C. Arzola<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana. Cuba.

Correo electrónico: olao@ica.co.cu

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencias Biomédicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Chihuahua. México.

<sup>3</sup> Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua, Perif. Fco. R. Almada, km 1, Chihuahua, México.

<sup>4</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

Se desarrolló un experimento con diferentes combinaciones de *Tithonia diversifolia* (control 0, T1, 15 %, T2, 30 % y T3, 100 %) para determinar el efecto del nivel de inclusión en la producción de gas y en la cinética de producción de gas *in vitro* de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115. La producción de gas se determinó en cada uno de los tratamientos a las 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h de fermentación. Los resultados de la fermentación se ajustaron al modelo exponencial  $Y = a + b * (1 - \exp^{-ct})$ , con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) superiores a 96 y valores potenciales (a+b) de hasta 34.64 mL de gas en el tratamiento T1. La mayor velocidad de producción de gas (c) se obtuvo para 100 % de *Tithonia*, con 0.06 % h<sup>-1</sup> con respecto al CT-115 con 0.035 % h<sup>-1</sup>. El comportamiento de la producción de gas acumulada se caracterizó por incrementar el tiempo de exposición de las muestras al ataque de microorganismos, con valores de 33.3, 30.1, 28.06 y 30.1 a las 72 h, para 15 y 30 % de inclusión, *Tithonia diversifolia* y CT-115 solos, respectivamente. El mejor comportamiento se obtuvo para 15 % de inclusión de *Tithonia* en combinación con el CT-115. Los resultados obtenidos permiten sugerir, por los estudios *in vitro*, que el nivel de 15 % permite mayor capacidad fermentativa del CT-115 y que la inclusión de esta planta provoca aumento en la eficiencia y velocidad de producción de gas del CT-115. Se necesitan otros estudios para avalar esta hipótesis, donde se consideren pruebas con diferentes niveles de inclusión de este arbusto en dietas para rumiantes y tiempos de incubación superiores a las 72 h.

Palabras clave: valor nutritivo, cinética y producción de gas *in vitro*, *Tithonia diversifolia*, *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115

A pesar de las observaciones empíricas acerca del uso de *Tithonia diversifolia* en la alimentación animal, a nivel mundial se han realizado muy pocas investigaciones al respecto. Entre las más notables se encuentra la evaluación del consumo de forraje en ovinos y cerdos y las evaluaciones productivas en cabras, búfalos y gallinas ponedoras (Vargas 1994, Odunsi *et al.* 1998, Mahecha y Rosales 2005, Wambui *et al.* 2006, Alcorces de Guerra *et al.* 2007 y Quintero *et al.* 2007).

La *Tithonia* es una especie muy valiosa desde el punto de vista agronómico, por lo que sería interesante su integración en sistemas de producción animal, con el propósito de aumentar la concentración energética y proteica de la ración, sobre todo cuando se alimentan rumiantes con gramíneas de baja calidad nutritiva, entre las que se encuentra *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115. Por la concentración nutritiva que presenta, *Tithonia* pudiera utilizarse para incrementar la utilización digestiva de los alimentos en los rumiantes (Ríos 2003). Por esto, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de las combinaciones de *Tithonia diversifolia* en *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en la cinética y producción de gas *in vitro*.

### Materiales y Métodos

**Material vegetal.** En un suelo ferralítico rojo típico (Hernández *et al.* 1999) se recolectaron tallos jóvenes, hojas con sus pecíolos (15 kg) del follaje de *Tithonia diversifolia* a 77 d de rebrote, provenientes de un

experimento de evaluación de características de crecimiento (Paterson *et al.* 1983). Además se recogieron hojas y tallos de 15 plantas de Cuba CT-115, con 115 d de rebrote, cosechado a 10 cm sobre el nivel del suelo (Herrera 2006). El material cosechado se homogeneizó y se tomaron tres muestras de 0.5 kg para el secado durante 48 h, en estufa de aire forzado a 50° C. Las muestras se molieron en un molino de martillo hasta alcanzar partículas de 1 mm para determinar la composición química y la producción de gas *in vitro*.

**Composición química.** La materia orgánica (MO), proteína bruta (PB) y ceniza (Cza) se determinaron según AOAC (1995) y la fibra detergente neutro (FDN), por el método de Goering

Tabla 1. Contenidos de MO, PB y FDN (%) de *Tithonia diversifolia* y CT-115 usados en la prueba.

Indicadores	<i>Tithonia diversifolia</i>	Cuba CT-115
MO (%)	91.5 (± 1.2)	93.42 (± 1.3)
FDN (%)	33.36 (± 0.9)	68.23 (± 1.7)
PB (%)	25.60 (± 0.6)	11.2 (± 0.9)
Cza (%)	8.50 (± 0.2)	6.58 (± 0.4)

( ) Desviación estándar.

y van Soest (1970). La tabla 1 muestra la composición química.

**Procedimiento experimental.** 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 vacas de la raza Hereford, vacías, adultas, con peso promedio de  $420 \pm 8.5$  kg, canuladas en rumen, alimentadas con heno de alfalfa, agua y sales minerales a voluntad. El líquido ruminal se recolectó con los animales en ayuno, 20 min. antes de iniciar la prueba. Una vez recogido, se filtró a través de una tela doble de muselina, para posteriormente hacer el pool que sirvió de inóculo. La producción de gas *in vitro* (PGIV) se midió en botellas de 50 mL, con la utilización de un transductor de presión, según Theodorou *et al.* (1994).

Se colocaron 200 mg de MS de forraje de *Tithonia diversifolia* combinado con Cuba CT-115, en proporciones de 0, 15, 30 y 100 % para control, T1, T2 y T3, respectivamente. Se depositaron en frascos de 50 mL de volumen y se les 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<sub>2</sub>) y en ausencia de luz. Permanecieron en un incubador rotatorio, marca New Brunswick Scientific (digital incubator shaker model 2400), a 39 °C, durante 72 h. Se realizaron cinco repeticiones por tratamiento, con un blanco que solo contenía líquido ruminal y saliva artificial y que sirvió como factor de corrección.

La PGIV se midió a las 0, 3, 6, 12, 24, 48 y 72 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, transcurrido el tiempo de incubación (Rivera 2005):

$$\text{Volumen (mL)} = 2.4964 + x \text{ presión (psl)}$$

**Procesamiento estadístico.** Los resultados obtenidos de la fermentación se ajustaron al modelo exponencial de Orskov y McDonald (1979):

$$Y = a + b(1 - \exp(-ct)), \text{ donde}$$

Y = Volumen de gas producido a un tiempo (t)

a = producción de gas acumulada, a partir de la fermentación de la fracción soluble del sustrato evaluado  
b = producción de gas acumulada, a partir de la fermentación de la fracción insoluble pero potencialmente fermentable cuando el tiempo no es limitante

c = velocidad de producción de gas

t = tiempo.

Para el análisis de los datos, se usó el programa estadístico para microcomputadoras Statgraphic 3 (Pérez 2003).

## 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. El comportamiento de la producción acumulada de gas se caracterizó por un aumento de la producción con el tiempo de exposición de las muestras al ataque de microorganismos, con valores de 33.3, 30.1, 28.06 y 30.1 a las 72 h, para 15, 30, 100 y 0 % de inclusión respectivamente, y un valor ligeramente alto en el tratamiento con 15 % de inclusión de *Tithonia*.

Estos altos valores en producción de gas pudieran deberse a la concentración de carbohidratos y nutrientes de fácil fermentación, así como a la optimización de la fermentación microbiana con la presencia de este arbusto proteico en el medio de incubación. Dhanoa *et al.* (2000) y Fondevilla y Barrios (2001) refieren que los microorganismos ruminales y sus enzimas, atacan primeramente a los carbohidratos fácilmente fermentables y luego, con la colonización de la fibra y sus degradaciones, se logra incremento en la producción de gases.

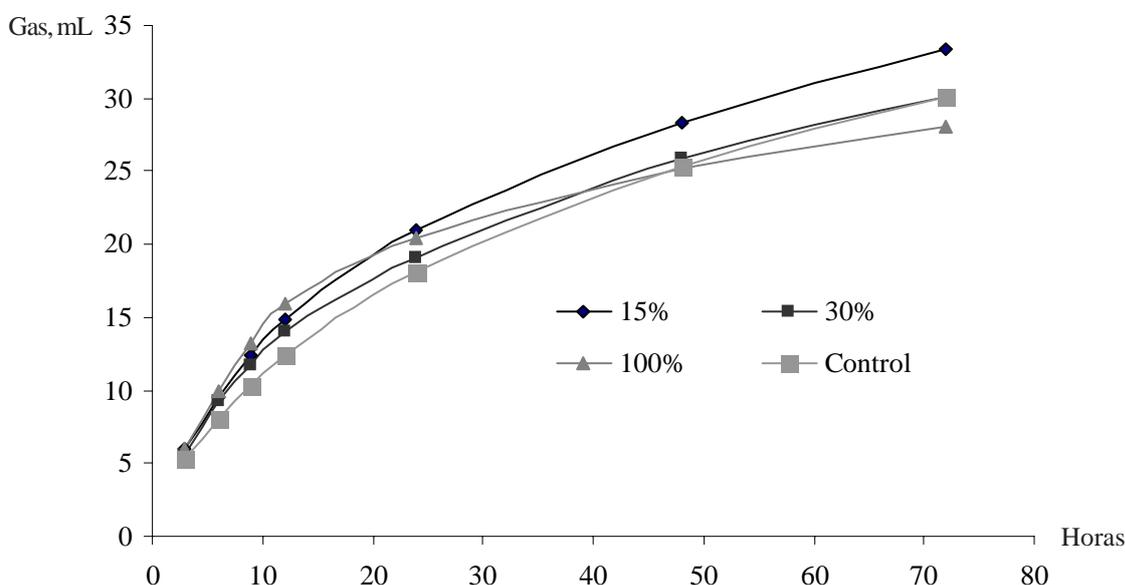


Figura 1. Efecto de la combinación de *Tithonia diversifolia* vs. Cuba CT-115, en la dinámica de producción de gas *in vitro*

Las características de producción de gas (tabla 2) muestran un ajuste de los datos al modelo exponencial ( $R^2 > 96$ ), con valores de producción potencial de gas de 34.64 en el tratamiento de 15 % de *Tithonia*. Rosales (1996) y Mahecha (2003) informaron que esta planta contiene valores de proteínas solubles de hasta 40 % de la proteína total, altos valores de azúcares totales (39.8 %) y carbohidratos solubles en agua (7.2 %).

*Leucaena leucocephala* (La O *et al.* 2003 a b y Galindo *et al.* 2005) y otros árboles y arbustos tropicales (Mupangwa *et al.* 2003 y Galindo *et al.* 2006), por lo que el uso de esta planta en los niveles estudiados pudiera constituir una opción potencial para la alimentación de rumiantes en el trópico.

Los resultados obtenidos sugieren, según los estudios *in vitro*, que la combinación con 15 % de *T. diversifolia*

Tabla 2. Características cinéticas de la producción de gas acumulada de diferentes niveles de *Tithonia diversifolia* con CT-115, de acuerdo al modelo  $Y = a + b(1 - \exp^{-ct})$ .

Indicadores	100 % <i>Tithonia</i>	100 % CT-115	15 % <i>Tithonia</i> 85 % CT-115	30 % <i>Tithonia</i> 70 % CT-115
a	1.34	3.61	2.82	1.02
b	26.34	28.61	31.82	30.02
a+b	27.68	32.22	34.64	31.04
c	0.061	0.035	0.039	0.042
R <sup>2</sup>	96.85*	98.52*	97.98*	97.63*
EE±	6.58	5.89	7.31	7.01

\* P < 0.05, EEE- Error Estándar de Estimación

Otros autores (Mahecha y Rosales 2002 y Ramírez *et al.* 2007) encontraron contenidos de almidones en *Tithonia diversifolia*, superiores a los valores de otras especies de amplio uso en la alimentación bovina: *Leucaena leucocephala* (15.59%), *Gliricidia sepium* (10.95%) y *Erythrina poeppigiana* (10.5%). Sin embargo, resultaron inferiores a los valores encontrados en *Trichanthera gigantea*.

La disminución de la producción con la inclusión del 30 % de *Tithonia* en el medio de incubación fue inferior a la del tratamiento con 15 %. Esto pudiera relacionarse con lo informado por Valenciaga *et al.* (2006), quienes refirieron la importancia de considerar que la acumulación de gases, específicamente de hidrógeno, que se produce durante la fermentación, pudiera originar algunas inhibiciones de la celulólisis ruminal. Además señalan que debe tenerse en cuenta su relación con altas concentraciones de compuesto secundarios en plantas. Aunque es importante considerar que el estudio se realizó solo hasta las 72 h de incubación y que el comportamiento de las curvas tuvo tendencia a mantener su incremento en el tiempo, mucho más allá de las 72 h.

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. Este aspecto no fue estudiado en esta investigación, por lo que es un reto para investigaciones posteriores que pudieran explicar, cualitativamente y cuantitativamente, qué factores son los que verdaderamente influyen en los resultados, al aumentar a 30 % la inclusión de *Tithonia*.

Los ritmos de la velocidad de producción de gases (c) estuvieron en el rango informado para algunas leguminosas tropicales, entre las que se encuentran

es la que permite mayor capacidad fermentativa del CT-115 y que la inclusión de esta planta provoca un aumento en la eficiencia y velocidad de producción de gas del CT-115. Esto pudiera favorecer la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos del rumen. Son necesarios otros estudios que validen esta hipótesis, en los que se consideren pruebas con diferentes niveles de inclusión de este arbusto en las dietas de los rumiantes, con tiempos de incubación superiores a las 72 h.

### Agradecimientos

Se agradece la colaboración de Bernardo Gutiérrez y Arcelia Soto, estudiantes de medicina Veterinaria Zootécnica, y al Cuerpo Académico de Nutrición Animal del Departamento de Ciencias Veterinarias del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, en Chihuahua, México, por el apoyo a la actividad de investigación realizada.

### Referencias

- Alcorces de Guerra, N., Larez R. A. & Mayz, F.J. 2007. Adiciones al conocimiento citogenético de *Tithonia diversifolia*. Acta Botanica Venezolana. Disponible: <http://www.scielo.org.ve/scielo>. Consultado: 23 de octubre de 2008. p. 267.
- AOAC 1995. Official Methods of Analysis. 16<sup>th</sup> Ed. International. Washington, DC.
- Dhanoa, M.S., López, S., Dijkstra, K., Davis, D. R., Sandeson, R., Williams, B. A., Sileshi, Z.Y. & France, J. 2000. Estimating the extent of degradation of ruminant feed from a description of their gas profiles observed *in vitro*: Comparison of models. Br. J. Nutr. 83:131
- Fondevilla, M. & Barrios, A. 2001. La técnica de producción de gas y su aplicación al estudio del valor nutritivo de los forrajes. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 35:197
- Galindo, J., Delgado, D. & Chongo, B. 2005. Papel de los árboles, arbustos y leguminosas en la población microbiana

- ruminal. II Curso Internacional Silvopastoril Cuba Colombia. Neiva-Bogotá-Valledupar. CORPOICA. Colombia-Cuba, Cuba. p. 130
- Galindo, J., Delgado, D., Chongo, B. & La O, O. 2006. Efecto de metabolitos secundarios de especies vegetales arbóreas y arbustivas en la población microbiana ruminal de animales. Informe técnico. Programa Biotecnología Agrícola. CITMA-GEPROP. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p. 34
- Goering, H. K. & van Soest, P. J. 1970. Forage fibre analysis. Agricultural Handbook No. 379. Agricultural Res. Service, US Dept. of Agriculture, Washington DC.
- Hernández, A., Pérez, J. M. & Boch, D. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. AGROINFOR-Ministerio de la Agricultura (MINAG). La Habana, Cuba. p. 26
- Herrera, R. S. 2006. Fisiología, calidad y muestreos. En: Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás. Eds. R.S. Herrera, I. Rodríguez y G. Febles. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p. 89
- La O, O., Chongo, B., Delgado, D., Ruiz, T.E., Elías, A., Stuart, J. R. & Torres, V. 2003b. Degradabilidad ruminal de materia seca y nitrógeno total de seis ecotipos del género *Leucaena leucocephala*. Rev. Cubana Cienc. Agríc 37: 267
- La O, O., Chongo, B., Delgado, D., Ruiz, T.E., Valenciaga, D. & Oramas, A. 2003a. Composición química y degradabilidad ruminal de leguminosas de importancia para la alimentación animal. II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. La Habana, Cuba. CD ROM
- Mahecha, L. 2003. Valor Nutricional y utilización del Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) en la alimentación animal. Disponible: Tres especies vegetales promisorias: Nacedero, Botón de Oro, Bore. En: <http://www.utafoundation.org/botondeoro.htm>. Consultado: 21 de agosto de 2008
- Mahecha, L. & Rosales, M. 2002. Valor Nutricional del Follaje de Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en la Producción Animal en el Trópico. Taller internacional de especies forrajeras. CIPAV. Cali. Colombia. Disponible: <http://www.utafoundation.org/botondeoro.htm>. Consultado: 21 de agosto de 2008
- Mahecha, L. & Rosales, M. 2005 Valor nutricional del follaje de Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. Disponible: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/9/mahe17100.htm>. Consultado: 23 octubre de 2008
- Mupangwa, J.F., Nogongoni, N.T. & Harmidikuwanda, H. 2003. The effect of stage of growth and method of drying fresh herbage on in sacco dry matter degradability of three tropical forage legumes. Disponible: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd15/2/mupa152.htm>. Consultado: 21 de agosto de 2008
- Odunsi, A. A., Farinu, G.O. & Akinola, J.O. 1998. Influence of dietary wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaf meal on layers performance and egg quality. Nigerian J. Animal Production 23: 28
- Ørskov, E. R. & McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92: 499
- Paterson, R.T., Quiroga, L., Sauma, G. & Samur, C. 1983. Crecimiento de novillas Cebú Criollo en la época de seca con acceso limitado a la *Leucaena*. Prod. Anim. Trop. 8:150
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 43, Número 2, 2009.
- Pérez, C. 2003. Estadística práctica con STATGRAPHICS. Memorias. Hotel Palco. La Habana. Cuba. p. 69
- Quintero V., García G. & Pelaez, A. 2007. Evaluación de harina de botón de oro en dietas para conejos en etapa de crecimiento. Acta de Agronomía. 56: 203
- Ramírez, R.U., Escobedo, P.E., Lara, C.F. & Sanginés, J.R. 2007. Digestibilidad y balance de nitrógeno de dietas para ovinos con niveles crecientes de *Tithonia diversifolia*. Disponible: <http://www.dict.isch.edu.cu/.../agroforesteria%202007/data/posters/3lossistem>. Consultado: 21 de agosto de 2008
- Ríos, C. 2003. Guía para el cultivo y aprovechamiento del botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Convenio Andrés Bello. Bogotá. 40 pp Disponible: <http://www.assilvopastoriles/ruramirez.pdf>. Consultado: 9 de agosto 2008.
- Rivera, M.T. 2005. La zeolita en la alimentación de ovinos: parámetros ruminales y producción de gas in vitro. Tesis de Maestría. Facultad de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México. p. 23
- Rodríguez, Y. 2004. Características fitoquímicas y detoxificación de taninos y cumarinas en la comunidad vegetal de un sistema silvopastoril en explotación. Tesis de Maestría en Bioquímica. Facultad de Biología. Universidad de La Habana. Cuba. 112 pp.
- Rosales, M. 1996. *In vitro* assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees. Thesis Ph. D. Department of Plant Sci. Oxford University UK. 214 pp.
- Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., McAllan, B. A. & France, J. 1994. A new gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetic of ruminant feed. Anim. Feed Sci. Tech. 48:185.
- Valenciaga, D., La O, O., Chongo, B. & Oramas, A. 2006. Efecto del tiempo de reposo en la degradabilidad ruminal in situ del complejo lignocelulósico y la producción de gas *in Vitro* del clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum* sp.). Rev. Cubana Cienc. Agríc. 40:71.
- Vargas, J. E. 1994. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. II Seminario Internacional Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Maestría en Sistemas Sostenibles de Producción Animal en los Trópicos. Cali. p. 135
- Wambui, C. C., Abdulrazak, S.A. & Noordin, Q. 2006. The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. Disponible: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd18/5/abdu18064.htm>. Consultado: 23 de octubre de 2008

**Recibido: 18 de noviembre de 2008**