

## **Efecto de la especie donadora de inóculo ruminal sobre la degradación de la materia seca y producción de metano *in vitro***

**S Bedoya-Mazo, R R Noguera y S L Posada**

*Grupo de Investigación en Ciencias Agrarias-GRICA, Escuela de Producción Agropecuaria,  
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, AA 1226, Medellín, Colombia*

[\*ricnoguera@gmail.com\*](mailto:ricnoguera@gmail.com)

### **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue evaluar inóculos de diferentes especies de rumiantes sobre la degradación ruminal de la materia seca, la producción acumulada de gases y la producción de metano *in vitro*. Pasto *Brachiaria decumbens* fue usado como sustrato para de la técnica *in vitro* de producción de gases. El pasto tenía una materia seca del 20%, proteína cruda 13.1%, fibra detergente neutro y ácida 67.5% y 32.7%, respectivamente. Los inóculos ruminales fueron obtenidos de un macho bufalino (IBF), un novillo (IV) y un macho cabrío (IC) por medio de una sonda oro-ruminal. La producción de gas, metano y degradación de la materia seca fueron medidas a las 12, 24 y 48 horas después de la incubación. Un análisis de medidas repetidas fue realizado para determinar el efecto de la especie donadora sobre la producción de metano y la degradabilidad efectiva (DE), donde la especie y el tiempo de incubación se consideraron como efectos fijos y la repetición anidada en la especie donadora como efecto aleatorio dentro del modelo.

La degradación de la materia seca fue mayor para el IBF (52.3%;  $p < 0.05$ ). No se encontraron diferencias estadísticas para la degradación de la materia seca entre los IC (49.3%) e IV (47.7%). La producción de gas total y metano (ml/g de materia seca degradada) fue mayor para el IC ( $p < 0.05$ ). En este experimento, la especie donadora de inóculo tuvo influencia sobre la degradación de la materia seca y la producción de metano *in vitro*. El inóculo bufalino presentó una degradación de la materia seca 5 y 11% superior a la encontrada con los inóculos caprino y vacuno, respectivamente. La producción de metano en el inóculo caprino, después de 48 horas de incubación fue 26 y 42% superior a los valores registrados para el inóculo vacuno y bufalino. Futuras investigaciones deberán considerar un número mayor de unidades experimentales que permitan evidenciar con mayor claridad las diferencias entre especies sobre la eficiencia de utilización del alimento.

**Palabras claves:** *fermentación ruminal, gases de efecto invernadero, pastura tropical, producción de gas, rumiantes*

**Effect of ruminal inoculum of buffalo, cattle and goat on dry matter degradation and methane production *in vitro***

## Abstract

The aim of this study was to evaluate inocula of different species of ruminants on dry matter degradation, cumulative gas production and methane production in vitro. *Brachiaria decumbens* grass was used as substrate in the in vitro gas production technique. The grass had 20% of dry matter, 13.1% of crude protein, 67.5 and 32.7% of neutral and acid fiber detergent, respectively. Ruminant inocula were obtained from a male buffalo (IBF), a bull (IV) and a buck goat (IC) by a gold-ruminal probe. Gas production, methane and dry matter degradation were measured at 12, 24 and 48 hours after incubation. A repeated measures analysis was conducted to determine the effect of the donor species on methane production and dry matter degradation, where the species and the incubation time were considered as fixed effects and nested repetition in the donor species effect random within the model.

The degradation of dry matter was higher for the IBF (52.3%;  $p < 0.05$ ). No statistical differences for the degradation of dry matter between the IC (49.3%) and IV (47.7%) were found. Total gas production and methane (ml / g of dry matter degraded) was higher for the IC ( $p < 0.05$ ). In this experiment, the inoculum buffalo was the most efficient in the use of the food, since it obtained further degradation and reduced methane production. In this experiment, donor species had influence on the degradation of dry matter and methane production in vitro. The buffalo's inoculum presented a dry matter degradation 5 to 11% higher than that found with inoculum from goats and cattle, respectively. Methane production in the goat's inoculum, after 48 hours of incubation was 26 and 42% higher than those recorded for cattle and buffalo. Future research should consider a larger number of experimental units that can demonstrate more clearly the differences between species on the efficiency of feed utilization.

**Key words:** gas production, greenhouse gas, ruminal fermentation, ruminants, tropical grass

## Introducción

El calentamiento global consiste en el aumento de la temperatura de la superficie de la tierra debido al alto volumen de gases de efecto invernadero (GHG), estos gases de origen antropogénico quedan en el ambiente y contribuyen al aumento de la temperatura. A nivel de producción animal, los GHG son generados por el uso de la tierra y sus cambios, la respiración animal, manejo de las heces y fermentación entérica (Shibata and Terada 2010). Del total de las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) antropogénicas producidas por la agricultura la ganadería representa alrededor del 80% y entre el 35 al 40% del total de emisiones de  $\text{CH}_4$  antropogénicas (FAO 2006; Wuebbles and Hayhoe 2002).

Gran parte de la ganadería colombiana se mantienen en pastos tropicales con baja proteína cruda (PC) y altos contenidos de fibra, que resulta en grandes cantidades de emisiones de  $\text{CH}_4$  procedentes de la fermentación microbiana del rumen. El  $\text{CH}_4$  producido no solo tiene efectos negativos sobre el ambiente al ser un GHG, sino que supone pérdidas energéticas del alimento (Bonilla y Floresb 2012) reduciendo la proporción de energía que pueden obtener del alimento consumido. La producción de  $\text{CH}_4$  y productos finales de la fermentación en los rumiantes está influenciada por factores como el consumo de alimento, la composición de la dieta, la digestibilidad del alimento, el procesamiento previo del alimento, la frecuencia de alimentación y la especie. La eficiencia de utilización de los alimentos fibrosos, digestibilidad de los nutrientes, fermentación y ecología ruminal son diferentes

entre rumiantes (Chanthakhoun et al 2012; Wanapat 2000; Calabrò et al 2005; Noguera et al 2011) y por lo tanto no es correcto extrapolar datos de degradación y utilización de forrajes de una especie a otra. Es por esto que comprender cómo es el comportamiento de cada especie toma importancia ya que este tipo de datos permite la toma de decisiones que contribuyan a mejorar la eficiencia de utilización del alimento y reducir las pérdidas energéticas del proceso de fermentación en forma de CH<sub>4</sub>, incidiendo positivamente sobre la producción ganadera.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del inóculo proveniente de diferentes especies de rumiantes sobre la degradación de la materia seca y la producción de CH<sub>4</sub> *in vitro*.

## Materiales y métodos

### Sustrato

Se usó como sustrato pasto Braquiaria (*Brachiaria decumbens*) obtenida de la hacienda “Vegas de la Clara” propiedad de la Universidad de Antioquia, ubicada en la vereda “La Clara”, municipio de Gómez Plata. La Hacienda se encuentra a 1080 msnm, zona de vida bmh-PM, temperatura promedio de 25 °C y con una precipitación de 1800 mm.

La muestra de forraje se pesó y se condujo al laboratorio NUTRILAB de la Universidad de Antioquia, donde fue secada a 64 °C por 48 h en una estufa de ventilación forzada. Luego la muestra fue molida en un molino estacionario Thomas-Wiley modelo 4 (Arthur H. Thomas Company, Philadelphia, PA, USA) a través de una criba de un 1 mm, y posteriormente fue analizada para determinar su composición química (Tabla 1), materia seca (MS), PC, calcio y fósforo (AOAC 2005), fibra en detergente neutro (FDN) y ácida (FDA) (Van Soest et al 1991).

**Tabla 1.** Composición química del pasto Braquiaria *Brachiaria decumbens*

Materia seca, %	20.0
Fibra detergente neutra, % de la MS	67.5
Fibra detergente ácida, % de la MS	32.7
Hemicelulosa, % de la MS	34.8
Proteína cruda, % de la MS	13.1
Calcio, % de la MS	0.36
Fósforo, % de la MS	0.20

### Inoculo

El líquido ruminal de vacuno (IV), búfalo (IBF) y caprino (IC) se obtuvo de un macho de cada especie, estos animales se encontraban en un sistema pastoreo rotacional consumiendo pasto Braquiaria. Los animales fueron conducidos a un brete para ser tranquilizados con una dosis de xilasine 100 intramuscular (1 mg/kg para bovino y búfalo y 0.5 mg/kg para caprino). El fluido ruminal fue colectado vía sonda oro-ruminal (Salles et al 2003), utilizando un abre bocas metálico recubierto con una banda de caucho. La sonda fue pasada hasta el rumen a través del tubo metálico y conectada a una bomba de vacío por medio de la cual se extrajo el líquido por presión negativa. Se colectaron 200 ml de líquido ruminal por especie, luego de la colecta, el inóculo fue transportado en recipientes térmicos precalentados a 39 °C para evitar muerte y variación en la población de microorganismos. En

el laboratorio el líquido ruminal fue filtrado a través de gasas de algodón, la parte sólida contenida en la gasa fue licuada por 10 segundos con un poco de líquido ruminal y filtrada nuevamente, esto con el propósito de desprender los microorganismos adheridos al alimento y mejorar la calidad del inóculo. Posteriormente el líquido se filtró nuevamente y fue transferido a un erlenmeyer el cual se mantuvo en un baño maría a 39 °C y saturado continuamente con CO<sub>2</sub> para mantener la anaerobiosis.

### **Fermentación in vitro**

Fue preparada una solución tampón según lo indica McDougall (1948) 9.80 g/L NaHCO<sub>3</sub>, 4.65 g/L Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O, 0.57 g/L KCL, 0.47 g/L NaCl, 0.12 g/L MgSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O y 0.05 g/L CaCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O. La mezcla fue realizada en agua destilada hasta que los solutos estuvieran completamente en solución, luego fue saturada con CO<sub>2</sub> y mantenida a 39 °C.

Para la incubación se utilizaron 72 frascos de vidrio color ámbar con capacidad de 100 ml. El número de frascos utilizados corresponde a 3 inóculos (IBF, IV, IC) x 6 repeticiones x 3 horarios de medición (12, 24 y 48 h) y 18 frascos blancos que no contenían sustrato solamente solución tampón e inóculo. El número de frascos blanco corresponde con el siguiente cálculo: 2 frascos blanco x 3 tratamiento x 3 horarios.

A cada frasco se le adiciono 45 ml de solución tampón, 5 ml de inóculo ruminal y 0.5 g de sustrato (exceptuando los frascos blanco que solo contenían solución tampón e inóculo). Los frascos fueron gaseados con CO<sub>2</sub>, sellados con una tapa de caucho (14 mm diámetro), agitados manualmente e introducidos en una estufa de ventilación forzada a 39 °C, este momento se toma como la hora 0 de incubación.

### **Variables y medición**

La presión de los gases de fermentación acumulados en el frasco de vidrio fueron medidos con un transductor de presión digital (OMEGA Modelo Px 605-030GI) en libras por pulgada cuadrada (PSI). Al transductor se acoplo una aguja y esta se introdujo a través de la tapa de caucho. La presión fue medida a las 12, 24 y 48 h de incubación. Los datos de presión fueron transformados a volumen (ml) por medio de la ecuación  $Y = -0.1375 + 5.1385X + 0.0777X^2$ , donde Y representa el volumen de gas producido por cada unidad de presión (X) (Posada et al 2006).

Después de cada horario de medición, un determinado número de frascos fue retirado del proceso de fermentación para determinar la degradación de la MS (MSD) por filtración del material residual a través de crisoles de filtración utilizando una bomba de vacío. Los frascos de los restantes horarios fueron agitados y devueltos a la estufa de ventilación forzada para continuar con el proceso de fermentación. Los crisoles de filtración con el material residual fueron secados en una estufa de ventilación forzada a 65 °C por 48 h y luego por gravimetría fue determinada la degradación de la MS del sustrato en cada horario de medición.

Para la determinación de la concentración de CH<sub>4</sub> fueron tomadas tres muestras de gas por tratamiento en cada horario por medio de una jeringa acoplada al transductor de presión. El gas fue almacenado en bolsas de suero e inyectado posteriormente en un cromatógrafo de gases (Trace GC Ultra Thermo scientific). Las condiciones cromatográficas fueron adaptadas de Apréez et al (2012) y

correspondieron a una columna apolar de 30 m, 0.25 mm y 0.25  $\mu\text{m}$ , temperatura del puerto de inyección 200 °C, modo de inyección split 50:1, temperatura del detector 250 °C, temperatura del horno 30 °C (5 min) hasta completar 200 °C (30 °C/min) y helio como gas de arrastre (1.0 ml/min). Los datos de concentración de  $\text{CH}_4$  fueron procesados de acuerdo con la descripción dada por López and Newbold (2007). La producción de este (ml) fue obtenida del producto entre el volumen total de gas (ml) y la concentración relativa de  $\text{CH}_4$ .

Finalmente, se relacionó el volumen de gas y  $\text{CH}_4$  producido (ml) con el sustrato incubado y degradado (g), esta relación se denomina factor de partición. Este factor permite determinar la variación en la producción de gas o  $\text{CH}_4$  dependiendo de la degradación de MS incubada (MSi) lo cual es afectado por el perfil de fermentación (Posada y Noguera 2005).

### Análisis estadístico

El modelo propuesto por McDonald (1981) se empleó para estimar los parámetros de la cinética de degradación de la MS y estimar su degradación efectiva (DE) considerando una tasa de pasaje del 2%/h de acuerdo con lo sugerido por el AFRC (1993).

Para analizar el efecto de los tratamientos sobre la producción de gases, la producción de  $\text{CH}_4$ , la degradación potencial (DP) y efectiva de la MS se realizó un análisis de medidas repetidas en el tiempo considerando como efectos fijos el tipo de inóculo, el tiempo y como efecto aleatorio la repetición anidada en la especie. La comparación de medias de tratamientos se realizó con el test de Tukey a un nivel de significancia del 5%. El paquete estadístico empleado fue SAS University Edition (SAS.com 2015).

### Resultados

La DP del sustrato a las 48 h de incubación fue mayor para el IBF comparada con el IV, pero el IC no presento diferencia con ninguno de estos tratamientos (Tabla 2). La fracción soluble estimada por el modelo varió entre 0.27 y 1.1%, indicando que el sustrato presenta un alto contenido de carbohidratos estructurales como puede ser verificado en la Tabla 1 y en cierto grado habría limitado la degradabilidad efectiva del sustrato (Tabla 2). El IBF fue el que mayor DE presentó con diferencias estadísticas con los demás inóculos, sin evidenciarse diferencias entre el IV e IC (Tabla 2).

**Tabla 2.** Degradación potencial a las 24 h de incubación y degradación efectiva para *Brachiaria decumbens* con diferentes inóculos

Variables	Tratamientos			ESM	p
	IBF	IB	IC		
a	0.76	0.27	1.10	1.25	
b	74.0	63.3	74.6	2.66	
kd	0.05	0.06	0.04	0.004	
kp	0.02	0.02	0.02		
DP	67.6 <sup>a</sup>	60.0 <sup>b</sup>	63.9 <sup>ab</sup>	2.00	0.04
DE	52.3 <sup>a</sup>	47.9 <sup>b</sup>	49.3 <sup>b</sup>	0.57	0.004
R <sup>2</sup>	97.0	99.5	95.1		

a = fracción soluble (%); b = fracción de lenta degradación (%);

kd = tasa de degradación (%/h); kp = tasa de pasaje (2%/h);

DP = degradación potencial a las 48 h de incubación;

DE = degradación efectiva; R<sup>2</sup> = coeficiente de determinación.

En el primer horario de medición el IC fue el que mayor producción acumulada de gas presentó (ml/g MSi), en comparación con los IBF e IV entre los cuales no se evidenció diferencia. En los horarios siguientes de medición el IC siempre presentó la mayor producción acumulada de gas, seguido por el IBF y el IV con diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3).

El comportamiento de la producción de gas (ml/g MSD) y CH<sub>4</sub> producido (ml/g MSD) fue similar en todos los tratamientos (Tabla 3). El IC fue el que presentó mayores valores para ambas variables en todos los horarios de medición. El IBF e IV no presentaron diferencia significativa en ningún horario de medición para la producción de CH<sub>4</sub>. La variable producción de gas (ml/g MSD) fue igual para los IBF e IV en las 12 y 48 h de medición, solo se presentó diferencia entre todos los tratamientos para la medición a las 24 h (Tabla 3).

**Tabla 3.** Producción acumulada de gas (ml/g MS incubada y degradada) y producción de CH<sub>4</sub> (ml/g MS degradada) por tres diferentes inóculos

Variable	12 horas			ESM	24 horas			ESM	48 horas			ESM	p
	IBF	IV	IC		IBF	IV	IC		IBF	IV	IC		
Gas, ml/g MSi <sup>1</sup>	22.8 <sup>b</sup>	19.3 <sup>b</sup>	32.7 <sup>a</sup>	10.2	85.8 <sup>b</sup>	73.7 <sup>c</sup>	107 <sup>a</sup>	10.2	162 <sup>b</sup>	157 <sup>c</sup>	204 <sup>a</sup>	10.2	0.0162
Gas, ml/g MSD <sup>2</sup>	64.8 <sup>b</sup>	58.6 <sup>b</sup>	104 <sup>a</sup>	12.1	183 <sup>b</sup>	150 <sup>c</sup>	263 <sup>a</sup>	12.1	276 <sup>b</sup>	262 <sup>b</sup>	320 <sup>a</sup>	12.5	0.0002
CH <sub>4</sub> , ml/g MSD <sup>3</sup>	5.4 <sup>b</sup>	4.8 <sup>b</sup>	12.0 <sup>a</sup>	2.5	19.3 <sup>b</sup>	16.7 <sup>b</sup>	34.8 <sup>a</sup>	2.7	26.0 <sup>b</sup>	33.1 <sup>b</sup>	44.7 <sup>a</sup>	2.7	0.0001

<sup>1</sup>producción acumulada de gas (ml/g MS incubado);

<sup>2</sup>producción acumulada de gas (ml/g MS degradado);

<sup>3</sup>producción de CH<sub>4</sub> (ml/g MS degradado);

IBF = inóculo de bufalino; IV = inóculo de vacuno; IC = inóculo de caprino.

## Discusión

Diferencias en el ambiente ruminal entre especies puede afectar el tipo y la densidad de microorganismos ruminales, así mismo como la actividad de las enzimas involucradas en el proceso de degradación. Por otra parte, el tipo de alimento que consume el animal que será donador de inóculo ruminal puede tener efectos sobre la degradación de la materia orgánica (MO) y sobre las fracciones de fibra más que la especie por sí misma (Ayres 1991; Holden 1999). Para este trabajo, un animal de cada especie fue adaptado previamente a una dieta similar a la usada en el experimento lo que redujo el impacto de la dieta sobre las variables respuesta.

De acuerdo con Leng (2014) el tracto gastrointestinal de los mamíferos es extensamente colonizado por complejos ecosistemas microbianos asociados con mucosidades y sustancias poliméricas extracelulares secretadas por los mismos microorganismos formando biopelículas. A través del proceso evolutivo los animales han desarrollado asociaciones íntimas con los microorganismos; muchas fuerzas selectivas determinan la composición y estructura del ecosistema microbiano (estructura anatómica y porción de tracto gastrointestinal, características de la digesta, tasa de pasaje, mezclado y tiempos de retención, características del alimento e interacciones entre microorganismos) que finalmente determinan los procesos de digestión y eficiencia de utilización del alimento.

La DP y la DE observada fue mayor para el IBF que para los otros dos inóculos evaluados. La mayor degradación del sustrato observada en los búfalos se puede atribuir a que esta especie posee una mayor población de hongos y bacterias celulolíticas como las *R.albus* y *R. flavefaciens* que pueden encontrarse tanto en el líquido ruminal como adheridas a la digesta (Chanthakhoun et al 2012; Khejornsart et al 2011). Un mayor recuento bacteriano podría haber facilitado la colonización, la

degradación y aprovechamiento del sustrato fibroso en comparación con otras especies de rumiantes. En otro trabajo, Chanthakhoun et al (2012) compararon las características de fermentación y poblaciones microbianas de búfalos y vacunos, encontrando que los bufalinos presentaron mayor digestibilidad aparente de la MS, MO, PB y FDA que los vacunos y manifiestan que el principal factor que determinó estas diferencias fue el tipo de poblaciones microbianas predominantes en la especie bufalina. En este trabajo, el conteo total de bacterias y hongos fue 21% y 53% superior en los búfalos que en los vacunos, respectivamente. Los hongos producen esporangios que liberan zoosporas, las cuales invaden el material vegetal resistente a la degradación, promoviendo la reducción del tamaño de las partículas y facilitando el acceso de otros microorganismos a estos materiales. Los hongos están en contacto cercano con las biopelículas o pueden ser considerados como una extensión de la biopelícula dentro de las partículas sólidas de las plantas (Leng 2014).

Diferencias en la extensión de la degradación entre especies de rumiantes pueden tener influencia sobre el consumo y la eficiencia de utilización del alimento. Gandra et al (2011) evaluaron el desempeño productivo, el metabolismo y la digestión de nutrientes entre vacunos de las razas Holstein, Nellore y Búfalos mediterráneos en la fase de ceba, encontrando que los consumos de MS son significativamente menores en los búfalos que en los vacunos Holstein. A pesar de que los consumos de MS son menores en los búfalos, las ganancias de peso fueron estadísticamente equivalentes entre especies, indicando una mayor eficiencia en la utilización del alimento para los bufalinos con conversiones de 8.7 frente a las de 10.9 observadas para los vacunos Holstein. Por otra parte, Pradhan et al (1997) concluye que los búfalos usan mejor los nutrientes del alimento que los bovinos cuando se alimentan con forraje de baja calidad, pero esta diferencia no se mantiene cuando consumen alimentos de buena calidad.

El IC presentó una mayor producción de gas acumulado (ml/g MSi y MSD) y CH<sub>4</sub> (ml/g MSD) que el encontrado para búfalos y vacunos. La producción de gases *in vitro* es dependiente del tipo de sustrato, su composición y del tipo y la densidad de microorganismos presentes en el ambiente de fermentación (Boguhn et al 2012; Kamra 2005; Janssen and Kirs 2008; Martínez et al 2010). La producción de CH<sub>4</sub> depende del tipo de carbohidrato presente en la dieta y del patrón de producción de ácidos grasos volátiles. Fermentaciones orientadas hacia la producción de propionato tendrán un menor volumen de gases acumulados y una menor producción de CH<sub>4</sub> (Williams 2000). En los sistemas de fermentación *in vitro*, el gas es producido principalmente cuando el sustrato es fermentado hasta acetato y butirato. La fermentación del sustrato hasta propionato produce gas solamente desde la neutralización del ácido; por consiguiente, una menor producción de gas es asociada con la fermentación propiónica (Getachew et al 1998). Las diferencias observadas en cuanto al volumen de CH<sub>4</sub> y gases producidos durante la fermentación entre especies son atribuidas a diferencias en las poblaciones microbianas. Por ejemplo, los búfalos se caracterizan por poseer un mayor número de bacterias celulolíticas, amilolíticas, proteolíticas y hongos que en otras especies de rumiantes (Wora-anu et al 2000). Esta situación explicaría su capacidad para degradar dietas altas en fibra y orientar los perfiles de fermentación hacia la producción de ácido propiónico con la consecuente menor producción de CH<sub>4</sub>.

A pesar del limitado número de trabajos que comparen la producción de CH<sub>4</sub> en función de la especie animal, resultados acorde con lo hallado en este estudio se pueden citar a los de Calabrò et al (2013) quienes estimando la producción de CH<sub>4</sub> *in vitro* en búfalos y vacunos encontraron que el volumen de gases (ml/g de MO incubada) y la producción de CH<sub>4</sub>(ml) fue significativamente mayor en los

vacunos que el registrado para los búfalos. Por otra parte, Sultan et al (2012) evaluando la emisión de CH<sub>4</sub> entérico del ganado en diferentes zonas agroecológicas consumiendo una amplia variedad de dietas, encontraron que las cabras emiten un 19.5% más CH<sub>4</sub> que los búfalos consumiendo la misma dieta. Noguera et al (2011) reportan que la producción acumulada de gas (ml/g MSi) desde las 6 hasta las 72 h de incubación *in vitro* siempre fue mayor para el inoculo caprino que para el vacuno. Boguhn et al (2012) también reporta que la especie animal tuvo un efecto significativo sobre producción de gas donde se presentó menor producción en bovinos que en ovinos, 277 vs 307 ml/g de MO respectivamente.

## Conclusión

- En este experimento, la especie donadora de inóculo tuvo influencia sobre la degradación de la materia seca y la producción de metano *in vitro*.
- El inoculo bufalino presentó una degradación de la materia seca 5 y 11% superior a la encontrada con los inóculos caprino y vacuno, respectivamente.
- La producción de metano en el inóculo caprino, después de 48 horas de incubación fue 26 y 42% superior a los valores registrados para el inóculo vacuno y bufalino.
- Futuras investigaciones deberán considerar un numero mayor de unidades experimentales que permitan evidenciar con mayor claridad las diferencias entre especies sobre la eficiencia de utilización del alimento.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación-Colciencias- y a la vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Antioquia a través del Comité para el desarrollo de la Investigación CODI (Estrategia para la Sostenibilidad 2016 grupo GRICA) por el apoyo para el desarrollo de la propuesta de investigación “Efecto de la suplementación con arbóreas y subproductos agroindustriales sobre la eficiencia energética y la emisión de gases de efecto invernadero en ganado cebú”.

## Bibliografía

**Agricultural and Food Research Council (AFRC) 1993** Energy and protein requirements of ruminants. Commonwealth Agricultural Bureau International.

**Apráez J E, Delgado J M y Narváez J P 2012** Composición nutricional, degradación *in vitro* y potencial de producción de gas, de herbáceas, arbóreas y arbustivas encontradas en el trópico alto de Nariño. Livestock Research for Rural Development 24 (44). <http://www.lrrd.org/lrrd24/3/apra24044.htm> (Consultado 24 Feb. 2016).

**Association of Official Analytical Chemistry (AOAC) 2005** Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC International, Arlington, UA, USA.

**Ayres J F 1991** Sources of error with *in vitro* digestibility assay of pasture feeds. Grass and Forage Science 46:89–97.

**Bonilla J A y Floresb C L 2012** Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 3(2): 215-246. <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/201204053108.pdf>

**Boguhn J, Zuber T and Rodehutsord M 2012** Effect of donor animals and their diet on *in vitro* nutrient degradation and microbial protein synthesis using grass and corn silages. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 97(3):547-557. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0396.2012.01295.x/epdf>

**Calabrò S, López S, Piccolo V, Dijkstra J, Dhanoa M S and France J 2005** Comparative analysis of gas production profiles obtained with buffalo and sheep ruminal fluid as the source of inoculum. Animal Feed Science and Technology 123-124:51-65. [http://ac.els-cdn.com/S0377840105001847/1-s2.0-S0377840105001847-main.pdf?\\_tid=fd539f5e-ec64-11e5-9833-00000aab0f01&acdnat=1458235599\\_894aacb50556b0b42cad6ad0cb7e40b3](http://ac.els-cdn.com/S0377840105001847/1-s2.0-S0377840105001847-main.pdf?_tid=fd539f5e-ec64-11e5-9833-00000aab0f01&acdnat=1458235599_894aacb50556b0b42cad6ad0cb7e40b3)

**Calabrò S, Infascelli F, Tudisco F, Musco N, Grossi M, Monastra G and Cutrignelly M 2013** Estimation of *in vitro* methane production in buffalo and cow. Buffalo Bulletin 32(2):924-927. <http://ibic.lib.ku.ac.th/e-Bulletin/IBBUSI201302149.pdf>

**Chanthakhoun V, Wanapat M, Kongmun P and Cherdthong A 2012** Comparison of ruminal fermentation characteristics and microbial population in swamp buffalo and cattle. Livestock Science 143(2-3): 172–176. [http://ac.els-cdn.com/S1871141311003283/1-s2.0-S1871141311003283-main.pdf?\\_tid=3fe462ae-ec65-11e5-a4e7-00000aacb35f&acdnat=1458235711\\_e2d0440a7405c22de2aaf72f82583692](http://ac.els-cdn.com/S1871141311003283/1-s2.0-S1871141311003283-main.pdf?_tid=3fe462ae-ec65-11e5-a4e7-00000aacb35f&acdnat=1458235711_e2d0440a7405c22de2aaf72f82583692)

**Food and Agriculture Organization (FAO) 2006** Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options. [internet]. [consultado 24 Feb. 2016]. Portal Available at:<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>

**Getachew G, Blümmel M, Makkar H P and Becker K 1998** *In vitro* measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: a review. Animal Feed Science and Technology 72:261-281. [http://ac.els-cdn.com/S0377840197001892/1-s2.0-S0377840197001892-main.pdf?\\_tid=577bbe9e-ec65-11e5-8c8a-00000aacb0f27&acdnat=1458235750\\_dcc3efadfd39398c497bc1c3c604d8f](http://ac.els-cdn.com/S0377840197001892/1-s2.0-S0377840197001892-main.pdf?_tid=577bbe9e-ec65-11e5-8c8a-00000aacb0f27&acdnat=1458235750_dcc3efadfd39398c497bc1c3c604d8f)

**Gandra J R, Freitas J E, Barletta R V, Maturana Filho M, Gimenes L U, Vilela F G, Baruselli P S, Rennó F P 2011** Productive performance, nutrient digestion and metabolism of Holstein (*Bos taurus*) and Nelore (*Bos taurus indicus*) cattle and Mediterranean Buffaloes (*Bubalis bubalis*) fed with corn-silage based diets. Livestock Science 140:283-291.

**Holden L A 1999** Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. Journal of Dairy Science 82:1791–1794. [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(99\)75409-3/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(99)75409-3/pdf)

**Janssen P H and Kirs M 2008** Structure of the archaeal community of the rumen. Applied and Environmental Microbiology 74:3619–3625. <http://aem.asm.org/content/74/12/3619.full.pdf+html>

**Kamra D N 2005** Rumen microbial ecosystem. Current Science 89:124–135. <http://www.iisc.ernet.in/currsci/jul102005/124.pdf>

**Khejornsart P, Wanapat M and Rowlinson P 2011** Diversity of anaerobic fungi and rumen fermentation characteristic in swamp buffalo and beef cattle fed on different diets. Livestock Science

139:230-236. [http://ac.els-cdn.com/S187114131100031X/1-s2.0-S187114131100031X-main.pdf?\\_tid=1d8c2aa6-ec66-11e5-a85e-00000aab0f26&acdnat=1458236083\\_b893200166930f304a7c167b4938f3cf](http://ac.els-cdn.com/S187114131100031X/1-s2.0-S187114131100031X-main.pdf?_tid=1d8c2aa6-ec66-11e5-a85e-00000aab0f26&acdnat=1458236083_b893200166930f304a7c167b4938f3cf)

**Leng R A 2014** Interactions between microbial consortia in biofilms: a paradigm shift in rumen microbial ecology and enteric methane mitigation. *Animal production Science* 54(5):519-543.

**Lopez S and Newbold C J 2007** Analysis of methane. En: H.P.S. Makkar, y P.E. Vercoe, editors, *Measuring methane production from ruminants*. IAEA, FAO, Springer, Dordrecht, The Netherlands. p. 1-13.

**Martínez M E, Ranilla M J, Tejido M L, Saro C and Carro M D 2010** The effect of the diet fed to donor sheep on *in vitro* methane production and ruminal fermentation of diets of variable composition. *Animal Feed Science and Technology* 158:126–135. [http://ac.els-cdn.com/S0377840110001288/1-s2.0-S0377840110001288-main.pdf?\\_tid=390077d8-ec66-11e5-8031-00000aacb361&acdnat=1458236129\\_deb35768dcf9c5c16343592ffd49ef23](http://ac.els-cdn.com/S0377840110001288/1-s2.0-S0377840110001288-main.pdf?_tid=390077d8-ec66-11e5-8031-00000aacb361&acdnat=1458236129_deb35768dcf9c5c16343592ffd49ef23)

**McDougall E I 1948** Studies on ruminant saliva. I. the composition and output of sheep's saliva. *Biochemistry Journal* 43: 99-109.

**McDonald I 1981** A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 96: 251-256.

**Noguera R R, Ortiz D M y Gallego N 2011** Comparación de líquido ruminal vacuno y caprino como fuente de inóculo en la técnica *in vitro* de producción de gases. *Livestock Research for Rural Development. Volume 23, Article #225*. Retrieved June 29, 2015, from <http://www.lrrd.org/lrrd23/11/nogu23225.htm>

**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, Art. #36. Retrieved March 1, 2005, from <http://www.lrrd.org/lrrd17/4/posa17036.htm>

**Posada S L, Noguera R R and Bolivar D 2006** Relación entre presión y volumen para la implementación de la técnica *in vitro* de producción de gases en Medellín, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 19(4):407-414. <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/viewFile/246/244>

**Pradhan K, Bhatia S K, Sangwan D C 1997** Feed consumption pattern, ruminal degradation, nutrient digestibility and physiological reactions in buffalo and cattle. *The Indian Journal of Animal Sciences* 67:149–151.

**Salles M S V, Zanetti M A, Del Claro G R, Netto AS and Franzolin R 2003** Avaliação de colheita de líquido ruminal por fistula ou sonda esofágica em bovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 55(4): 438-442. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352003000400008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352003000400008)

**Sas.com 2015** Free Statistical Software, SAS University Edition. [Online] Available at: [http://www.sas.com/en\\_us/software/university-edition.html](http://www.sas.com/en_us/software/university-edition.html) [Accessed 24 Feb. 2016].

**Shibata M and Terada F 2010** Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. *Animal Sciences Journal* 81(1):2-10. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1740-0929.2009.00687.x/epdf>

**Sultan Singh, Kushwaha B P, Nag S K, Bhattacharya S, Gupta P K, Mishra A K and Singh A 2012** Assessment of enteric methane emission of Indian livestock in different agro-ecological regions. *Current Science* 102(7):1017-1027. <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?sid=9593f7d2-ebfd-44a2-9ca5-429f87615b9f%40sessionmgr102&vid=1&hid=114>

**Van Soest P J, Robertson J B and Lewis B A 1991** Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal Dairy Science* 74: 3583-3597. [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(91\)78551-2/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(91)78551-2/pdf)

**Wanapat M, Ngarmsang A, Korkhantot S, Nontaso N, Wachirapakorn C, Beakes G and Rowlinson P 2000** A comparative study on the rumen microbial population of cattle and swamp buffalo raised under traditional village conditions in the northeast of Thailand. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 13(7): 478-482. <http://ajas.info/upload/pdf/13-127.pdf>

**Williams B A 2000** Cumulative gas-production techniques for forage evaluation. In: Givens D I, Owen E, Omed H M and Axford R F E (editors). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Wallingford (UK). CAB International. 475 p.

**Wora-anu S, Wanapat M, Wachirapakorn C and Nontaso N 2000** Effect of roughage to concentrate ratio on ruminal ecology and voluntary feed intake in cattle and swamp buffaloes fed on urea-treated rice straw. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 13 Suppl B:236. [http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/2000/Woraanu\\_0413.pdf](http://www.asap.asn.au/livestocklibrary/2000/Woraanu_0413.pdf)

**Wuebbles D J and Hayhoe K 2002** Atmospheric methane and global change. *Earth-Science Reviews* 57: 177-210. [http://ac.els-cdn.com/S0012825201000629/1-s2.0-S0012825201000629-main.pdf?\\_tid=760990aa-ec67-11e5-a0d1-00000aabb0f6b&acdnat=1458236661\\_284a2d9d5a20a7aede8f7a4193249156](http://ac.els-cdn.com/S0012825201000629/1-s2.0-S0012825201000629-main.pdf?_tid=760990aa-ec67-11e5-a0d1-00000aabb0f6b&acdnat=1458236661_284a2d9d5a20a7aede8f7a4193249156)

*Received 19 March 2016; Accepted 16 April 2016; Published 1 May 2016*