

# PRODUCCIÓN DE GAS, DEGRADABILIDAD Y FERMENTACIÓN RUMINAL *IN VITRO* DE DIETAS PARA BOVINOS DE CARNE CON LA INCLUSIÓN DE HOJAS DE ENCINO (*Quercus* sp.)

*IN VITRO* GAS PRODUCTION, DEGRADABILITY AND RUMINAL FERMENTATION OF DIETS FOR BEEF CATTLE WITH THE INCLUSION OF OAK LEAVES (*Quercus* sp.)

Torres-Fraga, K.<sup>1</sup>, Herrera-Torres, E.<sup>1</sup>, Reyes-Estrada, O.<sup>1</sup>, Murillo-Ortiz, M.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carr. Durango-Mezquital Km 11.5, C.P. 34307 Durango, Durango, México.

\*Autor de correspondencia: manuelmurillo906@gmail.com

## RESUMEN

En este estudio se evaluó la inclusión de hojas de encino blanco (*Quercus* spp) en dietas de becerros en corral de engorda, sobre la degradabilidad, fermentación y producción de gas *in vitro*. Se utilizó un diseño completamente al azar. La producción de gas *in vitro* a las 24 h y la degradabilidad *in vitro* disminuyeron con la inclusión de hojas de encino blanco en las dietas ( $P < 0.05$ ). Las hojas de encino blanco disminuyeron la producción *in vitro* de nitrógeno amoniacal ( $P < 0.05$ ); aunque la producción *in vitro* de ácido acético, propiónico y butírico no fue afectada por la inclusión de hojas de encino blanco en las dietas ( $P > 0.05$ ). La inclusión de hojas de encino en la dieta disminuyó la máxima producción de gas *in vitro* (G) así como la tasa constante de producción de gas (A) ( $P < 0.05$ ). La producción de metano disminuyó con la inclusión de hojas de encino en la dieta ( $P < 0.05$ ). Los resultados de este estudio muestran, que los taninos que proporcionan las hojas de encino son una alternativa para reducir la producción de gases en rumiantes.

**Palabras claves:** Encino blanco, bovinos, gas *in vitro*, metano.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 6, junio, 2018, pp. 120-127.

**Recibido:** mayo, 2017. **Aceptado:** mayo, 2018.



## ABSTRACT

In this study, the inclusion of white oak (*Quercus* spp) leaves in diets for beef cattle was evaluated on *in vitro* gas production, degradability and ruminal fermentation. A completely random design was used. The *in vitro* gas production at 24 h and the *in vitro* degradability decreased with the inclusion of white oak leaves in the diets ( $P < 0.05$ ). The white oak leaves in the diet decreased the *in vitro* production of ammonia nitrogen ( $P < 0.05$ ), although the *in vitro* production of acetic, propionic and butyric acid was not affected by the inclusion of white oak leaves in the diets ( $P < 0.05$ ). The inclusion of white oak leaves in the diet decreased the maximum production of *in vitro* gas (G), as well as the constant gas production rate (A) ( $P < 0.05$ ). Methane production decreased with the inclusion of oak leaves in the diet ( $P < 0.05$ ). The results from this study show that tannins provided by the oak leaves are an alternative to reduce gas production in ruminants.

**Keywords:** white oak, bovines, *in vitro* gas, methane.

## INTRODUCCIÓN

**En México** las actividades agropecuarias tienen una gran importancia en el medio rural como fuente de ingresos y proveedor de alimentos. El sector agropecuario desarrolla sus actividades en gran parte de las localidades rurales y aprovecha los recursos naturales, constituyéndose en uno de los principales medios de empleo para la población que reside en el medio rural. El sector agropecuario en México ha sufrido una serie de cambios y adaptaciones a lo largo de los años, tanto por modificaciones en las condiciones de la tierra, las variaciones en el clima y los cambios en las demandas de la sociedad. En ocasiones esto ha hecho al modificar las prácticas de manejo de las unidades agropecuarias y por la sustitución de cultivos o razas entre otras causas. El cambio climático revive este reto y las medidas analizadas en este trabajo dejan claro que existen los elementos para afrontarlo.

El metano producido por la fermentación entérica de los rumiantes es uno de los gases efecto invernadero

que afecta adversamente el balance energético del animal. Por ser un producto de la degradación ruminal del alimento, las estrategias tendientes a su reducción implican alterar los patrones de fermentación y minimizar la producción de hidrógeno. En este sentido es necesario implementar estrategias de alimentación que permitan aumentar la eficiencia productiva al tiempo que se reducen los impactos ambientales de la producción ganadera, lo que resulta en menor emisión de metano por unidad de producto generado. Una de las alternativas sugeridas para reducir la metanogénesis ruminal es la utilización de recursos alimenticios que contengan metabolitos secundarios, tales como taninos, saponinas y aceites esenciales, los cuales tienen efectos sobre la fermentación y sobre los microorganismos ruminales. Por otro lado, las características de fermentación de los alimentos en el rumen pueden ser estudiadas por métodos *in vivo*, *in situ* e *in vitro*. Debido a que en los estudios *in vivo* los alimentos sólo pueden ser evaluados en raciones totales y al hecho de que tales estudios requieren considerables recursos y son difíciles de estandarizar, en los últimos años varias técnicas *in situ* e *in vitro* han sido desarrolladas. Dentro de las técnicas *in vitro*, la de uso más frecuente es la descrita por Tilley y Terry (1963), la cual fue modificada por Goering y Van Soest (1970) para estimar la digestibilidad verdadera de la materia seca (MS). Otra técnica *in vitro* consiste en la utilización de enzimas en lugar de microorganismos, cuya principal ventaja es que no requiere animales como donadores de inóculo. Las dos anteriores técnicas son usadas como procedimientos para estimar la digestibilidad final del sustrato y no proveen información sobre la cinética de digestión. La técnica de la bolsa de nylon supera esta limitante al proporcionar estimativas de la tasa y la dinámica de la degradación de los constituyentes del alimento; sin embargo, es una aproximación laboriosa, costosa e invasiva, en la que solamente un pequeño número de muestras pueden ser evaluadas al tiempo.

La técnica de producción de gases es otro método *in vitro* que permite determinar la extensión y la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante el proceso fermentativo (Theodorou, *et al.*, 1994). Una de las ventajas de este procedimiento es que el curso de la fermentación y el papel de los componentes solubles del sustrato puede ser cuantificado (Pell *et al.*, 1997). Otro problema inherente a los métodos *in situ* e *in vitro* que se han tratado de solucionar a través de la técnica de producción de gas es el estudio de las fases tempranas de la fermentación,

ya que los procedimientos gravimétricos no son lo suficientemente sensibles para medir los pequeños cambios que ocurren en el peso del sustrato durante las primeras horas de fermentación (Rosero, 2002). Por lo que el objetivo del estudio fue evaluar la degradabilidad, fermentación y producción de gas *in vitro* de dietas para bovinos con la inclusión de hojas de encino blanco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del estado de Durango, México, ubicada en el kilómetro 11.5 de la carretera Durango-Mezquital (24° 10' 00" N y 104° 40' 00" O) y 1890 m de altitud. Se recolectaron plantas de encino blanco (*Quercus* sp.) a principios del mes de octubre del año 2015, en un pastizal mediano arbosufrutescente ubicado en el poblado "Morcillo", municipio de Durango. La recolección se realizó de manera aleatoria entre las especies de encino blanco. Se seleccionaron ramas con una longitud media de 1 m, para manualmente retirarles las hojas. Para la conservación de las hojas de encino y su posterior análisis de laboratorio se procedió a realizar el secado de las mismas en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 48 h, y enseguida se molieron en un molino de cuchillas (Thomas-Wiley Miller Lab, Model 4) con malla de 1 mm. Para su conservación el material obtenido de la molienda se colocó en recipientes de plástico, totalmente aislados del calor y la humedad.

### Dietas y tratamientos experimentales

Se evaluaron cuatro dietas (tratamientos) a base de heno de alfalfa

(*Medicago sativa* L.), hojas de encino blanco, maíz molido (*Zea mays* L.), rastrojo de maíz, harinolina y minerales. Con la excepción de las hojas del encino blanco, las proporciones de los ingredientes alimenticios en las dietas experimentales fueron similares a las utilizadas generalmente en dietas para bovinos en corral de engorda. Las características de cada dieta se derivaron en cuatro diferentes tratamientos experimentales cuya composición de muestra en el Cuadro 1.

### Análisis de laboratorio

A cada dieta se les determinaron por triplicado los contenidos de materia seca (MS), cenizas (C), extracto etéreo (EE), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) (AOAC, 2005). La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina y fueron determinadas mediante el método descrito por Goering y Van Soest, (1970). En la determinación de FDN se utilizaron bolsas ANKOM® (F57), las cuales fueron pesadas individualmente y se les agregó 0.5 g de cada muestra, con tres repeticiones por tratamiento. También, se determinó la digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia orgánica de las dietas experimentales por el método método DAISY propuesto por Ankom (2008).

### Determinación de taninos condensados

Se obtuvieron extractos de compuestos flavonoides del encino blanco, donde 1 g de muestra seca y molida se disolvió en 90 ml de etanol-H<sub>2</sub>O al 70% durante 12 h. El extracto obtenido se sometió a análisis de proantocianidinas con vainilla acidificada de acuerdo con la técnica propuesta por Heimler *et al.* (2005).

### Patrones de fermentación ruminal *in vitro*

En frascos que son utilizados para la determinación de gas *in vitro* Ankom® se introdujeron muestras por triplicado de 1 g de cada una de las dietas experimentales. Enseguida, se les agregaron 125 ml líquido ruminal y un medio de incubación (solución búfer y resazurina) (1:2 v/v). El líquido ruminal se obtuvo de dos bovinos canulados de rumen que se alimentaron con heno de alfalfa y concentrado comercial (70:30), respectivamente. Enseguida, los frascos se sometieron a incubación en un módulo Daisy con temperatura controlada de 39 °C. Después de transcurridas 24 h de incubación, los frascos fueron extraídos del módulo de incubación y de inmediato se midió el pH del líquido con un potenciómetro portátil digital (Multi paramétrico HANNA HI98130); luego, el líquido se filtró en cuatro capas de gasa. Ambas submuestras se

**Cuadro 1.** Composición de las dietas experimentales (BH).

Nutrientes	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Rastrojo de maíz	50%	X	X	X
Heno de alfalfa	X	50%	X	25%
Encino blanco	X	X	50%	25%
Maíz molido	30%	30%	30%	30%
Harinolina	19%	19%	19%	19%
Minerales	1%	1%	1%	1%

mantuvieron en congelación hasta la determinación de ácidos grasos volátiles por cromatografía de gases (CG, 6890N Agilent Technologies, Wilmington, equipado con un detector de ionización de flama en una columna capilar de polietilenglicol HP-Innowax, 30 m×0.32 mm×0.15- $\mu$ m, J&W Scientifics) y de nitrógeno amoniacal por espectrofotometría ultravioleta (Espectrofotómetro, VARIAN, modelo CARY I-E, a 630 nm), respectivamente (Galyean, 1980).

### Degradabilidad *in vitro*

La degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DGMS) a las 48 h se realizó por el método descrito por Menke y Steingass (1988). Se pesaron 0.5 g por triplicado de muestra de cada dieta en bolsas de poliéster-polietileno con un tamaño de poro de 25  $\mu$ m (ANKOM<sup>®</sup>) las cuales se introdujeron en frascos Ankom<sup>®</sup> para la determinar el gas *in vitro*.

### Producción de gas *in vitro*

Para esta variable, se utilizó el sistema semi-automatizado Ankom siguiendo el procedimiento propuesto por Theodorou *et al.* (1994). La presión originada por los gases en la parte superior de los frascos fue medida a través de un transductor de presión conectado a un lector digital. Los tiempos de lectura para la medición de la producción gas fueron de 0, 3, 6,12, 24, 36, 48, 72 y 96 h.

Los datos obtenidos se analizaron mediante un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por cada tratamiento y para detectar diferencias entre medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Para la estimación de los parámetros de la cinética de producción de gas *in vitro* se utilizó el modelo de Gompertz (Schofield *et al.*, 2001):

$$PG = A * e \left[ -e * \left( 1 - (kd - Lag)(t) \right) \right]$$

Donde: PG=Producción acumulativa de gas al tiempo t; A=Tasa constante de producción de gas mL/h; L=Fase de latencia (h).

La energía metabolizable de cada una de las dietas experimentales se estimó a partir de la ecuación propuesta por Menke y Steingas (1988):

$$EM \text{ (Mcal/kg MS)} = (2.20 + 0.136 \times PG_{24h} + 0.057 \times PC + 0.0029 \times EE^2) / 4.184$$

Donde: EM=Energía metabolizable, PG<sub>24h</sub>=Producción de gas *in vitro* a las 24 h, PC=Proteína cruda, EE=Extracto etéreo.

Para la estimación de metano se utilizó el modelo propuesto por Mills *et al.* (2003), para regiones con climas templados:

$$\text{Metano (MJ/d)} = 5.93 + 0.92 * CMS$$

Donde: CMS=Consumo de materia seca (% PV).

En el cálculo del factor de partición (FP) se utilizó la ecuación propuesta por Blümmel *et al.* (1997):

$$FP_{24} = DGMS_{24} / PG_{24}, \\ DGMS_{24} \text{ (mg)} = (PG_{24} + 11.3) / 0.29$$

Donde: FP<sub>24</sub>=Factor de partición a las 24 h, DGMS<sub>24</sub>=Degradabilidad de la materia seca a las 24 h; PG<sub>24</sub>=Producción de gas *in vitro* a las 24 h.

En todo el análisis estadístico de la información se utilizaron los procedimientos MEANS, GLM y NLIN de SAS (2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Composición química de las dietas experimentales

El Cuadro 2 muestra la composición química de las dietas experimentales. Los contenidos de materia seca no presentaron diferencias significativas en T2, T3 y T4 ( $P > 0.05$ ); pero fueron diferentes a T1 ( $P < 0.05$ ). Estos resultados son similares a los reportados en *Quercus libani* por Abarghwei (2011). De igual manera, no se presentaron diferencias significativas entre T2, T3 y T4 en los contenidos de MO ( $P < 0.05$ ). Cómo se observa los contenidos de proteína cruda fueron diferentes entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). El contenido más alto de PC se obtuvo con T4 y el más bajo con T1 ( $P < 0.05$ ). Debido a la proteína aportada por el heno de alfalfa y el encino blanco, el contenido más alto de PC se registró en T4. No se observaron diferencias entre T3 y T4 en el contenido de EE ( $P > 0.05$ ). En promedio el contenido de EE en los cuatro tratamientos fue de 3% y fue más bajo al reportado en *Quercus Incana* por Makkar *et al.* (1988) y más alto al reportado en *Quercus ilex* por Infascelli *et al.* (2007). Los contenidos de FDN fueron diferentes entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). El contenido más alto se registró en T1 el cual contiene 50% de rastrojo de maíz y el más bajo en T2 que contiene 50% de heno de alfalfa. De acuerdo con

**Cuadro 2.** Composición química de las dietas experimentales.

	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	EED
MS (%)	88.8±0.32 <sup>b</sup>	92.6±0.08 <sup>a</sup>	93.2±0.03 <sup>a</sup>	93.2±0.07 <sup>a</sup>	0.24
MO (%)	91.9±0.15 <sup>b</sup>	92.9±0.06 <sup>ab</sup>	93.9±0.10 <sup>a</sup>	93.4±0.38 <sup>a</sup>	0.30
PC (%)	8.4±0.16 <sup>c</sup>	13.4±0.05 <sup>a</sup>	12.1±0.08 <sup>b</sup>	13.6±0.07 <sup>a</sup>	0.14
EE (%)	2.6±0.17 <sup>c</sup>	3.04±0.03 <sup>b</sup>	3.37±0.03 <sup>ab</sup>	3.49±0.02 <sup>a</sup>	0.12
FDN (%)	65.3±0.65 <sup>a</sup>	49.1±0.40 <sup>d</sup>	58.7±0.38 <sup>b</sup>	53.1±0.20 <sup>c</sup>	1.00
FDA (%)	41.8±0.61 <sup>a</sup>	34.9±0.27 <sup>c</sup>	41.5±0.62 <sup>ab</sup>	39.4±0.39 <sup>b</sup>	0.70
LAD (%)	13.4±0.15 <sup>a</sup>	9.82±0.02 <sup>c</sup>	11.4±0.12 <sup>b</sup>	10.1±0.03 <sup>c</sup>	0.14
CEN (%)	8.01±0.15 <sup>a</sup>	5.38±0.27 <sup>c</sup>	6.09±0.10 <sup>bc</sup>	6.57±0.37 <sup>b</sup>	0.35
EM <sup>1</sup>	2.82±0.60 <sup>a</sup>	2.60±0.02 <sup>b</sup>	1.94±0.04 <sup>d</sup>	2.17±0.01 <sup>c</sup>	0.05
TC(μg/mg)	55.4±0.35 <sup>b</sup>	36.9±0.20 <sup>d</sup>	68.8±0.05 <sup>a</sup>	48.3±0.05 <sup>c</sup>	0.29
CF(μg/mg)	596.1±0.05 <sup>b</sup>	453.5±0.41 <sup>d</sup>	672.2±0.37 <sup>a</sup>	592.7±0.05 <sup>c</sup>	0.39

<sup>abc</sup> Medias en hileras con distinta literal son diferentes (P<0.05).

<sup>1</sup>=Energía metabolizable (Mcal/Kg MS); TC=Taninos condensados; CF=Compuestos fenólicos.

EED=Error estándar de la diferencia entre medias.

Van Soest (1991), los forrajes con más de 60% de FDN, pueden interferir en la digestión y el consumo de los forrajes, siendo el caso de T1, con un contenido de 65.3% de FDN. No se presentaron diferencias significativas entre T1 y T3 en los contenidos FDA (P>0.05); aunque T2 y T4 fueron diferentes (P>0.05). Los contenidos de FDN y FDA fueron similares en T3 y T4 a los reportados en *Quercus rugosa* Neé por Carrillo (2014). El contenido de lignina registró diferencias significativas entre T1 y T3 (P<0.05); pero T2 y T4 fueron iguales (P>0.05). Los contenidos de EM fueron diferentes entre tratamientos (P<0.05). El contenido más alto se obtuvo en T1 y el más bajo en T2. Los contenidos de EM fueron más altos a los reportados en dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de hojas de *Quercus rugosa* Neé por Carrillo (2004), pero similares a los registrados por Carrillo (2014) en *Quercus resinosa* Liemb. El tratamiento con menor aporte energético fue T3. El contenido de

taninos condensados (TC) fue diferente entre los tratamientos (P<0.05). El contenido más alto de TC fue en T3 y el más bajo en T2. Los resultados de este estudio fueron similares a los reportados por Abarghwei (2011) en *Quercus Libani* Oliv y en *Quercus coccifera* por Ben Salem *et al.* (2005).

### Patrones de producción de gas, digestibilidad verdadera y degradabilidad *in vitro*

Los patrones de producción de gas, digestibilidad verdadera y degradabilidad *in vitro* de los tratamientos experimentales se muestran en el Cuadro 3, registrando la producción de gas a las 24 h (PG<sub>24</sub>) con diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05). La PG<sub>24</sub> más alta se observó en T1 y la más baja en T3. La digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia orgánica (DVIVMO) mostró diferencias significativas entre tratamientos experimentales (P<0.05). En T1 se observó el nivel más bajo

**Cuadro 3.** Producción de gas, digestibilidad verdadera y degradabilidad *in vitro* de los tratamientos evaluados.

	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	EED
PG <sub>24</sub> (ml/g MS)	66.5±1.00 <sup>a</sup>	54.0±0.95 <sup>b</sup>	31.2±0.32 <sup>d</sup>	47.2±0.61 <sup>c</sup>	1.09
DVIVMO (%)	57.0±0.70 <sup>b</sup>	77.1±0.23 <sup>a</sup>	66.1±0.21 <sup>c</sup>	71.1±0.18 <sup>b</sup>	0.28
DGMS <sub>48</sub>	48.6±1.19 <sup>b</sup>	61.9±3.13 <sup>a</sup>	53.8±0.63 <sup>b</sup>	57.1±1.56 <sup>a</sup>	1.22
FP	4.03±0.01 <sup>d</sup>	4.12±0.05 <sup>c</sup>	4.47±0.03 <sup>a</sup>	4.31±0.06 <sup>b</sup>	0.26

<sup>abc</sup> Medias en hileras con distinta literal son diferentes (P<0.05).

PG<sub>24</sub>=Producción de gas *in vitro* a las 24 h de fermentación.

DVIVMO=Digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia orgánica.

DGMS<sub>48</sub>=Degradabilidad de la materia seca *in vitro* a las 48 h de fermentación.

FP=Factor de partición.

EED=Error estándar de la diferencia entre medias.

debido a su alto contenido en FDN (65.3%), lignina (13.4%) y cenizas (8.01). En T2 se observó el nivel más alto de DIVMO, lo cual puede explicarse por el bajo contenido de FDN (49.1%) en comparación con los demás tratamientos. El comportamiento en la digestibilidad de los tratamientos evaluados en este estudio, fue similar a lo reportado por Aberghuei (2011). De igual manera, la degradabilidad de la materia seca a las 48 h (DGMS<sub>48</sub>) registró el valor más bajo en T1 y en T2 el más alto ( $P<0.05$ ); aunque entre T2 y T4 no se detectaron diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ). Los valores de degradabilidad de la materia seca *in vitro* obtenidos en el presente estudio, son similares a los obtenidos en *Quercus resinosa* por Riddle *et al.* (1999); Hassen *et al.* (2007) y Fulkerson *et al.* (2007).

Se ha registrado que los valores más elevados de degradabilidad se encuentran asociados con bajos niveles de TC y altos de FDN (Forworr y Owensby, 1985). Así mismo también se puede demostrar en el presente estudio que un alto contenido de fibra tiene efectos negativos sobre la degradabilidad (Minson, 1982). En el presente estudio, el factor de partición (FP) registró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ( $P<0.05$ ). El FP más alto se observó en T3 y el más bajo en T1. Los resultados encontrados en este trabajo son superiores a los reportados por Naranjo (2016) y Posada *et al.* (2014) en estudios con forrajes.

#### Patrones de fermentación ruminal *in vitro*

El Cuadro 4 presenta los patrones de fermentación ruminal *in vitro* de los tratamientos experimentales. Los valores de pH, presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P<0.05$ ). El valor más alto se obtuvo con T1 siendo similar al reportado por Trujillo *et al.* (2008) en dietas a base de rastrojo de maíz, y en T2 el valor obtenido es más bajo a lo reportado por Abarghuei *et al.* (2011), para dietas con heno de alfalfa. Es fundamental que el pH en el líquido ruminal se encuentre en rangos que permitan una adecuada digestión de la fibra forrajes. Kolver y de Veth (2002) sugieren valores óptimos de pH entre 6.3 y 6.6. También, se observaron diferencias en las concentraciones de N-NH<sub>3</sub> entre los tratamientos experimentales ( $P<0.05$ ). Las concentraciones de N-NH<sub>3</sub> en el rumen que se recomiendan para un óptimo crecimiento

microbiano varían de 5 a 25 mg 100 ml<sup>-1</sup> de líquido ruminal (Cheeke, 2004). En el caso particular de este trabajo, las concentraciones de N-NH<sub>3</sub> obtenidas en los tratamientos evaluados fueron superiores a los estándares antes establecidos, por lo que se deduce que ninguno de los tratamientos registró concentraciones de N-NH<sub>3</sub> que limitaran el crecimiento microbiano en el rumen. La concentración de ácidos grasos volátiles totales (AGVT) presentó diferencias significativas entre los tratamientos ( $P<0.05$ ). Observándose la concentración más alta en T2 y en T4 el valor más bajo. ( $P<0.05$ ). No se observaron diferencias en T2 y T3 en la concentración de AGVT ( $P>0.05$ ); aunque T1 y T4 fueron diferentes ( $P<0.05$ ). En cuanto a las concentraciones de ácido propiónico no se registraron diferencias entre T2, T3 y T4; siendo T1 en donde se observó una menor concentración de ácido propiónico en comparación con el resto de los tratamientos.

No se encontraron diferencias estadísticas en las concentraciones de los ácidos acético y butírico ( $P>0.05$ ). A nivel ruminal las concentraciones de estos ácidos,

**Cuadro 4.** Patrones de fermentación ruminal *in vitro* de los tratamientos experimentales.

	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	EED
pH	6.5±0.02 <sup>b</sup>	6.9±0.01 <sup>a</sup>	6.2±0.02 <sup>c</sup>	6.3±0.02 <sup>d</sup>	0.0271
N-NH <sub>3</sub> mg/dL	18.0±0.13 <sup>b</sup>	29.3±0.25 <sup>a</sup>	8.3±0.18 <sup>d</sup>	13.3±0.21 <sup>c</sup>	0.2853
AGT Mm/L	91.4±0.12 <sup>b</sup>	92.2±0.01 <sup>a</sup>	90.3±0.02 <sup>c</sup>	92.1±0.19 <sup>a</sup>	0.1643
mM 100 <sup>-1</sup> moles					
Propiónico	19.6±0.26 <sup>b</sup>	20.7±0.18 <sup>a</sup>	20.8±0.13 <sup>a</sup>	20.7±0.03 <sup>a</sup>	0.2511
Acético	65.4±0.84 <sup>a</sup>	64.1±0.39 <sup>a</sup>	64.5±0.14 <sup>a</sup>	64.8±0.06 <sup>a</sup>	0.6714
Butírico	7.3±1.17 <sup>a</sup>	6.6±0.14 <sup>a</sup>	6.8±0.00 <sup>a</sup>	6.5±0.11 <sup>a</sup>	0.8412
A:P(mol:mol)	3.85±0.0 <sup>b</sup>	3.10±0.01 <sup>d</sup>	3.33±0.07 <sup>c</sup>	4.53±0.03 <sup>a</sup>	0.0600

<sup>a,b,c</sup> Medias en hileras con distinta literal son diferentes ( $P<0.05$ ).

EED=Error estándar de la diferencia entre medias.

regularmente presentan un comportamiento inverso a las concentraciones de ácido propiónico. Un incremento en las concentraciones de acetato, es una característica de la fermentación de los carbohidratos estructurales de las paredes celulares de las plantas; mientras que altas concentraciones de ácido propiónico, son favorecidas por la fermentación de los carbohidratos solubles presentes en el contenido celular de las plantas (Murillo *et al.*, 2014). La relación acetato:propionato mostró diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0.05$ ), presentando el valor más alto en T4 y el valor más bajo en T3.

### Parámetros de producción de gas *in vitro*

El Cuadro 5 presenta los parámetros de la cinética de producción de gas *in vitro* de los tratamientos experimentales. Como se puede observar se registraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). La máxima producción de gas (G) en los tratamientos evaluados se registró en T2 y la más baja en T3. Los valores de la tasa fraccional de producción de gas (A) fueron iguales en T1 y T2 ( $P > 0.05$ ), pero diferentes a T3 y T4 ( $P < 0.05$ ). Por lo que respecta a los resultados en la fase de latencia (L), no se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ); aunque en las dietas que contenían encino blanco se registraron mayores tiempos de latencia. Los resultados en la estimación de metano presentaron diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ). En T2 se observó el nivel más alto y el más bajo en T1. Como se esperaba, en las dietas con encino blanco se observó una tendencia a disminuir la producción de metano.

### CONCLUSIONES

**LOS** resultados de este estudio muestran, que las dietas para bovinos en corral de engorda con

las más altas concentraciones de taninos redujeron la producción de gas *in vitro* a las 24 h y en cierta medida la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica. No obstante, las dietas con las más altas concentraciones de taninos promovieron un mayor factor de partición el cual es un indicador de mayor consumo y mejor eficiencia microbiana en el rumen.

### LITERATURA CITADA

Abarghuei M. J., Rouzbehan Y., Alipour D. 2011. Effect of oak (*Quercus libani* Oliv.) leave tannin on ruminal fermentation of sheep. J. Agric. Sci. Technol. 13, 1021-1032.

ANKOM Technology. 2008. Procedures for *in vitro* true digestibility. NY, USA. [http://www.ankom.com/media/documents/IVDMD\\_0805\\_D200.pdf](http://www.ankom.com/media/documents/IVDMD_0805_D200.pdf). Fecha de consulta 18 de febrero de 2017.

Ben Salem H., Ben Salem I., Ben Said M.S. 2005. Effect of the level and frequency of PEG supply on intake, digestion, biochemical and clinical parameters by goats given kermes oak (*Quercus coccifera* L.)-based diets. Small Ruminant Research 56 127-137.

Blummel M., Makkar H.P.S., Becker K. 1997. *In vitro* gas production: a technique revisited. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, 77: 24-34.

Carrillo M.O. 2014. Evaluación del uso de *Quercus rugosa* Neé y *Quercus resinosa* Liebm en la alimentación de pequeños rumiantes. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey N. L. México. 150 p.

Cheeke P.R. 2004. Actual and potential applications of *Yucca shidigera* and *Quijalla saponaria saponins* in human and animal nutrition. Journal of Animal Science Proceedings of American Society of Animal Science. 10 p.

Estrada F.J.G. 2005. Caracterización nutricional de maíz y arvenses utilizados en la alimentación del ganado en sistemas campesinos en dos zonas contrastantes del Estado de México. Tesis Doctoral en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México, pp 3-4.

Forwood J.R., Owensby C.E. 1985. Nutritive value of tree leaves in the Kansas. Flint Hills. J. Range Manage. 38(1):61-64.

Fulkerson W. J., Neal J. S., Clark C. F., Horadagoda A., Nandra K. S. A., Barchia I. 2007. Nutritive value of forage species grown in the

**Cuadro 5.** Parámetros de producción de gas *in vitro* de los tratamientos evaluados.

	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	EED
G (ml/g MS)	58.3±0.31 <sup>a</sup>	78.2±0.46 <sup>b</sup>	37.8±0.58 <sup>d</sup>	52.0±1.64 <sup>c</sup>	1.297
A (ml/h)	1.56±0.04 <sup>a</sup>	1.61±0.03 <sup>a</sup>	0.82±0.04 <sup>b</sup>	0.95±0.06 <sup>b</sup>	0.068
L (h)	0.07±0.03 <sup>a</sup>	0.08±0.03 <sup>a</sup>	0.56±0.03 <sup>a</sup>	0.10±0.04 <sup>a</sup>	0.032
Metano <sup>1</sup>	2.62±0.05 <sup>d</sup>	3.02±0.01 <sup>a</sup>	2.75±0.08 <sup>c</sup>	2.90±0.06 <sup>b</sup>	0.012

<sup>abc</sup> Medias dentro de las hileras con distinta literal son diferentes ( $P < 0.05$ ).

G=Máxima producción de gas

A=Tasa fraccional de producción de gas

L=Fase de latencia

1=Mcal/d

EED=Error estándar de las diferencias entre medias

- warm temperate climate of Australia for dairy cows. Grasses and legumes. Livest. Sci. 107, 253–264.
- Galyan M.L. 1980. Techniques and Procedures in Animal Nutrition Research. New Mexico State University. 124.
- Goering H. K., Van Soest P. J. 1970. Forage fiber analysis. Agriculture Handbook No. 379, Agricultural Research Service-USDA, Washington, D.C.
- Hassen A., Rethman N.F.G., Van Niekerk W.A., Tjelele T.J. 2007. Influence of season/year and species on chemical composition and *in vitro* digestibility of five Indigofera accessions. Anim. Feed Sci. Technol. 92, 149–158.
- Heimler D., Vignolini P., Dini MG., Romani A. 2005. Rapid Tests to Assess the Antioxidant Activity of *Phaseolus vulgaris* L. Dry Beans. Journal of Agriculture and Food Chemistry 53: 3053–3056.
- Infascelli F., Cutrignelli M. I., Bovera F., Tudisco R., Zicarelli F., Calabró S. 2007. *In vitro* fermentation. Pub Med 48(3):345–62.
- Kolver E. S., de Veth M. J. 2002. Prediction of ruminal Ph from Pasture-Based Diets. J of dairy Science 85:1255–1266.
- Makkar H.P.S., Dawra R.K., Singh B. 1988. Changes in tannin content, polymerisation and protein precipitation capacity in oak (*Quercus incana*) leaves with maturity. Journal of the Science of Food and Agriculture 44, 301–307.
- McSweeney C.S., Palmer B., McNeill D.M., Krause D.O. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. Anim. Feed Sci. Technol. 91, 83–93.
- Menke K.H., Steingass H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analyses and gas production using rumen fluid. Anim. Res. Dev. 28:7–55.
- Mills J.A., Kebreab E., Yates C.M., Crompton L.A., Cammell S.B., Dhanoa M.S., Agnew R. E., France J. 2003. Alternative approaches to predicting methane emissions from dairy cattle. J. Anim. Sci. 81, 3141–3150.
- Minson D.J. 1982. Effect of chemical composition of feed digestibility and metabolizable energy. Nutr. Abstr. Rev 52 (10).
- Murillo O.M., Reyes-Estrada O., Herrera-Torres E., Villarreal-Rodríguez G. 2014. Composición química y fermentación ruminal de la dieta por bovinos en pastoreo en un pastizal nativo del oriente de Durango. Abanico Veterinario mayo-agosto 2013; 3(2).
- Naranjo J. F., Ceballos O.A., Gaviria X., Tarazona A.M., Correa G.A., Chará J.D., Murgueitto E., Barahona R. 2016. Study of *in vitro* fermentation kinetics of mixtures forages from intensive silvopastoral systems (SSPI) with *Leucaena leucocephala* in Colombia. Medicina Veterinaria y Zootecnia. 11 (2): 6–17.
- Pell A.N., Doane P. H., Schofield P. 1997. *In vitro* digestibility and gas production. In: Simpósio sobre Tópicos Especiais em Zootecnia, Lavras, MG, p.109 – 132.
- Posada O.S.L., Ramírez A.J.F., Rosero N.R. 2014. Producción de metano y digestibilidad de mezclas Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)- Papa (*Solanum tuberosum*). Agronomía mesoamericana 25(1):141:150.
- Riddle R. R., Taylor J. R., Huston J. E., Kothmann M.M. 1999. Intake of ashe.
- Rosero J. R. 2002. Estudo químico, “*in situ*”, “*in vitro*” e microscópico da parede celular de cinco genótipos de sorgo colhidos em três épocas de corte. Ph. D. Thesis. Belo Horizonte: Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. 148p.
- SAS Institute Inc. 2003. Users Guide: Statistics, Version 8.2. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Schofield P., Mbuguda D. M., Pell A. N. 2001. Analysis of condensed tannins: a review. Animal Feed Science and Technology 91: 21–40.
- Theodorou M.K., Williams B.A., Dhanoa M.S., McAllan A.B., France J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology. 48: 185–197.
- Tilley J. M., Terry R. A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. Journal of British Grassland Society. 18: 104–111.
- Trujillo G.D., Borquez G.J., Dominguez V.I., Cruz V. P. 2008. Consumo, digestibilidad y cinética ruminal de dietas a base de ensilados de cerdaza, pollinaza y urea en ovinos. 2do congreso Internacional en Ciencias Veterinarias y Zootecnia Pág., 12.
- Van Soest P.J., Robertson J. B., Lewis B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, 74: 3583–3597.

