

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.6, n.1, p.181-187, jan.-mar., 2011

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 973 - 03/06/2010 *Aprovado em 12/10/2010

DOI:10.5039/agraria.v6i1a973

Agustín Corral-Luna¹

David Domínguez-Díaz^{1,3}

Felipe A. Rodríguez-Almeida¹

Guillermo Villalobos-Villalobos¹

Juan A. Ortega-Gutiérrez¹

Alberto Muro-Reyes

Composición química y cinética de degradabilidad de ensilaje de maíz convencional y sorgo de nervadura café

RESUMO

Se comparó la composición química, digestibilidad *in vitro* y cinética de degradabilidad de los ensilajes de los híbridos de maíz 33J56 y Virgi, así como los sorgos de nervadura café Silo miel y Gigante verde. Los maíces se cortaron en un estado de madurez de media línea de leche y los sorgos en masoso suave, y se ensilaron en minisilos de laboratorio (n=3). Después de 45 días de fermentación, los minisilos se destaparon y se determinó pH, MS, MO, ceniza, PC, EE, FDN, FDA, LDA, EM, DIVMS, DIVFDN, cinética de fermentación por producción de gas *in vitro*. No se observó diferencia ($P > 0,05$) en composición química entre fuentes de forraje, excepto en contenido de FDN y FDA, siendo en ambos casos menor ($P < 0,05$) en ensilajes de maíz. La producción de gas a las 72 h de incubación, parámetros de fermentación (A y C), tasa fraccional de degradación (R) y el tiempo al cual la tasa de degradación es mayor (t_{RM}) fue similar ($P > 0,05$) entre fuentes de forraje. El parámetro de fermentación B , fue diferente ($P < 0,05$) entre fuentes de forraje y dentro de fuentes de forraje fue diferente ($P < 0,05$) entre híbridos de maíz.

Palabras clave: Morfología de la planta, producción de gas *in vitro*, tasa de degradación.

Chemical composition and degradability kinetics of conventional corn and brown mid-rib sorghum silage

ABSTRACT

The chemical composition, dry matter and neutral detergent fiber digestibility and fermentation kinetics of the "33J56" and "Virgi" corn hybrids, and "Silo miel" and "Gigante verde" brown midrib sorghum varieties were compared. The corn hybrids were harvested at half milk line and sorghum varieties in soft dough stage, were ensiled in laboratory silos (n=3). After 45 d of fermentation, the laboratory silos were opened and analyzed for pH, DM, OM, ash, CP, EE, NDF, ADF, ADL, ME, IVDMD, IVNDFD and fermentation kinetics. No differences ($P > 0,05$) were observed in chemical composition between forage sources, except in NDF and ADF content, both were low ($P < 0,05$) in corn silage. GP at 72 h of incubation, fermentation parameters (A y C), fractional rate of degradation (R), time at which R is maximal (t_{RM}) were similar ($P > 0,05$) between forage sources. The fermentation parameter B was different ($P < 0,05$) between forage sources and between corn hybrids.

Key words: Plant morphology, *in vitro* gas production, degradation rate.

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico Francisco R. Almada kilómetro 1, Chihuahua, Chih., México. C.P. 31031. Teléfono: 52 6144340303. Fax: 52 (614)43401448. E-mail: ddomdz@uach.mx

² Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Jardín Juárez, 147, Centro Histórico, Zacatecas, Zac., México. C.P. 98000. Teléfono: 52 (492) 9229109. E-mail: albevetcan@yahoo.fr

³ Autor de correspondencia

INTRODUCCIÓN

El ensilado de maíz (*Zea mays* L.) es uno de los principales forrajes utilizados en la alimentación de ganado lechero en sistemas de producción altamente tecnificados. Sin embargo, la producción de este forraje puede ser de alto riesgo en regiones con escasas precipitaciones pluviales y altas temperaturas en verano (Oliver et al., 2004). Por lo tanto, muchos productores han considerado a los sorgos forrajeros como un cultivo viable para estas zonas.

En años recientes se ha estudiado al sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench.) como un cultivo alternativo debido a que este puede ser sembrado tardíamente siendo más eficiente en el uso del agua, teniendo un mayor rendimiento en biomasa (Oliver et al., 2004), incrementa la cobertura del suelo, evita la erosión y tiene un menor requerimiento de pesticidas en comparación con el cultivo de maíz (Sanderson et al., 1994). En particular, se puso más atención a los híbridos de sorgos de nervadura café, debido a su reducido contenido de lignina y correspondiente mejora en la digestibilidad de la FDN (Gerhardt et al., 1994; Aydin et al., 1999). Estos híbridos se caracterizan fenotípicamente por una coloración café-rojiza en la parte media de las hojas (nervadura) y en las espigas (Halpin et al., 1998), así como en las partes de mayor lignificación, como son los tallos.

Las primeras mutaciones fueron encontradas en maíz (Eyster, 1926), existiendo cuatro mutaciones distintas: *bmr1*, *bmr2*, *bmr3* y *bmr4*. En sorgos se han reportado cinco mutaciones diferentes: *bmr6*, *bmr12*, *bmr18*, *bmr19* y *bmr26* (Porter et al., 1978). Estas mutaciones pueden reducir la concentración de lignina en el rango de 15 a 40 % en el caso de maíces, y de 5 a 50 % en sorgos (Fritz et al., 1988).

En diferentes estudios (Lusk et al., 1984; Grant et al., 1995; Aydin et al., 1999; Oliver et al., 2004), se ha puesto de manifiesto que los híbridos de sorgo de nervadura café igualan el valor nutricional del ensilado de maíz convencional, sosteniendo producciones de leche muy similares.

En base a lo antes citado, el objetivo de este estudio fue comparar el valor nutricional de ensilajes de maíz convencional y sorgo de nervadura café, así como los parámetros de fermentación *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el rancho experimental "Teseachi", propiedad de la Universidad Autónoma de Chihuahua, localizado 29° 08' de latitud norte y 107 ° 35' de longitud oeste, en el estado de Chihuahua, México, con una altitud de 2200 msnm. El clima de la región va de semiseco a semiárido (BS1, KWC), con inviernos fríos y veranos calurosos. La temperatura media anual es de 13,9°C, con una media máxima de 25,2°C y una media mínima de 3,2°C. La precipitación promedio es de 497,6 mm anuales (INEGI, 2003).

Fueron evaluados los híbridos de maíz convencional 33J56 (Pioneer Hi-Bred International, Des Moines, IA) y la variedad Virgi (Caussade Semences), así como las variedades de sorgo

de nervadura café Gigante verde (AgriBio Tech) y Silo miel (Genex Seeds). Los maíces se sembraron a una densidad de 85,000 y 100,000 semillas ha⁻¹ en los híbridos de maíz 33J56 y Virgi, respectivamente, y en el caso de las variedades de sorgo de nervadura café a una densidad de 12 kg ha⁻¹.

El manejo agronómico de las parcelas de maíz fue el siguiente: a la siembra, se aplicaron 150 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico (18-46-00) y 100 kg ha⁻¹ de urea, y a los 18 d postemergencia 200 kg ha⁻¹ de urea, así como la aplicación del primer riego. Dieciocho días después se aplicaron nuevamente 150 kg ha⁻¹ de urea, y los riegos se aplicaron cada 18 a 20 d, con una lámina de 15 cm. Las parcelas de sorgo recibieron el mismo manejo agronómico excepto por la última aplicación de urea que recibieron las parcelas de maíz.

Al momento de la cosecha, las cuchillas de la cortadora se ajustaron a 20 cm de altura sobre el nivel del suelo y se procedió a cortar una franja de 20 m lineales de forraje en cada uno de los materiales en evaluación. Se colectaron muestras del forraje cortado de cada tratamiento, las cuales se inocularon con Sill All (Alltech®) en una dosis de 187 g t⁻¹ de forraje fresco, y posteriormente se ensilaron en minisilos de laboratorio (n=3) con una capacidad de 5 kg, los cuales se colocaron en un lugar fresco protegidos de la luz solar para su posterior análisis bromatológico.

La caracterización de las plantas evaluadas se presenta en la Tabla 1.

La producción de MS se determinó de acuerdo al procedimiento descrito en Corral et al. (2010). Después de 45 d de fermentación, los silos de laboratorio se abrieron para analizar su composición química. El pH se determinó al momento de destapar (Shinners et al., 2007), tomando una muestra de 20 g de cada uno de los minisilos, la cual se colocó en una licuadora y se le agregaron 180 ml de agua destilada a temperatura ambiente, licuándose por 30 s a velocidad alta. La mezcla se filtró a través de cuatro capas de tela para queso y el pH se determinó en el extracto colectado utilizando un potenciómetro manual.

El pre secado de las muestras se realizó en una estufa de aire forzado a 60°C durante 48 h. Después se molieron en un

Tabla 1. Composición morfológica de las plantas (%) y producción de MS (t ha⁻¹), conforme la variedad y la especie

Table 1. Morphological composition (%) and DM production (t ha⁻¹) of plants according to variety and species

Componente	Maíz convencional		Sorgo de nervadura café	
	Virgi	33J56	Silo miel	Gigante verde
Hoja espada	14,9	12,8	18,2	15,2
Hoja del Tallo	9,7	7,2	11,9	9,5
Tallo	30,5	17,0	49,8	53,4
Espiga	1,1	0,6	-	-
Hoja de la mazorca	12,3	12,3	-	-
Mazorca	31,5	50,1	-	-
Panoja	-	-	20,1	21,9
Producción MS	12,5	16,5	17,0	18,3

molino Wiley con una malla de 1 mm. El contenido de MS se determinó mediante el secado de la muestra en una estufa de aire forzado a 105°C durante 8 h. El contenido de MO se determinó por incineración de la muestra durante 16 h a 500°C (AOAC, 1990).

El contenido de proteína cruda (PC) fue estimado conforme a AOAC (1990). El contenido de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA; Van Soest et al., 1991) y lignina se determinaron secuencialmente en un Analizador de Fibras ANKOM²⁰⁰.

Se utilizaron tres borregos de la raza Pelibuey (40,5 ± 3,7 kg PV) como donadores de líquido ruminal. Los ovinos se alimentaron con una dieta de mantenimiento a base de ensilaje de maíz. Las muestras de ensilaje para determinar digestibilidad *in vitro* de MS y FDN se secaron en una estufa de aire forzado a 65 °C durante 48h y se molieron en molino Wiley con una malla de 1 mm. La digestibilidad *in vitro* de MS y FDN se determinaron por incubación de las muestras durante 48 h en un incubador DAISY^{II} siguiendo la técnica sugerida por el fabricante.

Después de 48 h de incubación, las bolsas se removieron de las jarras y se lavaron con agua directamente de la llave hasta que el agua se clarificó. Las bolsas se secaron en una estufa de aire forzado durante tres horas a 105°C para determinar la digestibilidad de la MS. Posteriormente se determinó su contenido de FDN para calcular la digestibilidad de la FDN.

La técnica de producción de gas se realizó de acuerdo a lo descrito por Menke & Steingass (1988), excepto por los contenedores utilizados. En este experimento se usaron frascos de vidrio (50 ml) y la producción de gas se midió con un transductor de presión como lo describe Theodorou et al. (1994): 200 mg de muestra se depositaron en cada frasco. La solución mineral buferada (Menke & Steingass, 1988) se preparó y mantuvo a 39°C bajo gaseado continuo de CO₂. Los ovinos estuvieron alimentados dos veces por día (8:00 y 16:00 h). El líquido ruminal se colectó 15 min antes de la primera alimentación de los animales, directamente del rumen, y se depositó en un termo previamente atemperado a 39°C, combinado y filtrado a través de cuatro capas de tela para queso y mantenido bajo constante flujo de CO₂ en un baño maría a 39 °C. La solución mineral y el líquido ruminal se mezclaron en una relación de 2:1 v/v para obtener el inóculo ruminal. Todo el procedimiento se desarrolló bajo flujo continuo de CO₂. Se agregaron aproximadamente 30 ml de inóculo ruminal a cada frasco conteniendo las muestras de ensilaje (por triplicado). Los frascos se taparon con un corcho de neopreno y se sellaron con aro de aluminio. Estos se incubaron a 39°C y se mantuvieron en agitación continua. La producción de gas acumulada en el frasco se registró a las 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h mediante punción del corcho con una jeringa adaptada a un transductor de presión (Theodorou et al., 1994).

La energía metabolizable se calculó utilizando la producción de gas acumulada a 24 h, así como el contenido de PC, grasa y ceniza de cada muestra, como lo describen Menke & Steingass (1988).

Los datos de producción de materia seca y la morfología de las plantas no se analizaron estadísticamente y se consideraron solo como datos descriptivos. Los datos de composición química de los ensilajes y digestibilidad de MS y FDN, se analizaron con PROC GLM de SAS (SAS, 2002), ajustando un modelo que incluyó la variedad como efecto fijo. Así mismo, se incluyeron contrastes preplaneados para probar los efectos entre y dentro de fuentes de forraje (maíz vs sorgo, 33J56 vs Virgi, y Silo miel vs Gigante verde).

Para la producción acumulada de gas para cada muestra se ajustó un modelo monofásico como lo describe Groot et al. (1996), Ec. (1), usando SAS NLIN (SAS, 2002). Esta ecuación predice la producción de gas (ml gas/200 mg MS) a un tiempo dado (h).

$$G = \frac{A}{1 + \frac{B^C}{t^C}} \quad (1)$$

Donde: G = Media de la producción de gas (ml/200 mg de MS) para un tiempo de incubación dado; A = Asíntota de producción de gas (ml/200 mg de MS); B = Tiempo (h) post incubación al cual se alcanza la mitad de la producción de gas; C = Constante que determina la forma y características del perfil de la curva y, por lo tanto, la posición del punto de inflexión; t = Variable predictora que representa el tiempo de incubación en horas.

La tasa fraccional de digestión del sustrato (R) y el tiempo después de la incubación al cual R es mayor (t_{RM}), se calcularon como lo describe Groot et al. (1996).

Una vez obtenidos los parámetros de cinética de fermentación A , B y C , estos se analizaron con PROC GLM de SAS (SAS, 2002), donde el modelo ajustado incluyó como efecto fijo la fuente de forraje. Así mismo, cuando se observó efecto significativo de la fuente de forraje se aplicó un análisis de contrastes ortogonales para tendencias, los cuales fueron: entre fuentes de forraje (maíz convencional vs sorgo de nervadura café) y dentro de fuentes de forraje (Virgi vs 33J56; Silo miel vs Gigante verde).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó una tendencia de mayor producción de MS para el sorgo de nervadura café (Tabla 1), el promedio (17,6 t ha⁻¹) fue superior a lo observada por Oliver et al. (2004), quienes evaluaron cuatro variedades de sorgo de nervadura café y reportaron que el rango de producción de MS fue de 10,1 a 14,8 t ha⁻¹. En el caso del maíz, los valores son similares a los reportados por Corral (2006), quienes evaluaron 6 híbridos de maíz, señalando que la producción de MS fue de 13,4 a 20,7 t MS ha⁻¹.

El pH fue similar ($P > 0,05$) en todos los ensilajes (Tabla 2), lo cual indica que en los materiales vegetales evaluados, la concentración de azúcares solubles y el proceso de fermentación fueron apropiados. Este valor se encuentra muy cercano al valor de pH considerado reportado por Corral (2006) para ensilajes de maíz.

Tabla 2. Composición química y contenido de EM de ensilajes de maíz convencional y sorgos de nervadura café*Table 2. Silage chemical composition and ME content of conventional corn and brown midrib sorghum silages*

	Maíz convencional		Sorgo de nervadura café		EE	Contrastes ¹		
	Virgi	33J56	Silo miel	Gigante verde		1	2	3
pH	3,6	3,8	3,7	3,8	0,04	0,4270	0,1180	0,2340
MS (%)	26,9	31,8	24,5	25,0	0,29	0,0001	0,0001	0,2650
Ceniza (%)	5,6	4,8	8,9	8,2	0,10	0,0009	0,0020	0,0120
PC (%)	7,0	7,5	6,7	6,8	0,28	0,4307	0,3288	0,8316
EE (%)	3,2	4,0	2,2	2,3	1,14	0,4597	0,3153	0,9045
FDN (%)	44,7	35,4	50,5	48,2	6,00	0,0034	0,0010	0,2813
FDA (%)	23,0	19,4	29,4	27,3	3,96	0,0154	0,0152	0,1654
Lignina (%)	1,6	1,4	2,5	2,1	0,66	0,0890	0,3700	0,1180
EM (Mcal kg ⁻¹ MS)	2,3	2,5	2,2	2,0	0,13	0,9071	0,1655	0,3010

¹Contrastes ortogonales: 1= maíz convencional vs sorgo de nervadura café, 2= Virgi vs 33J56, 3= Silo miel vs Gigante verde.

El porcentaje de MS fue diferente entre fuentes de forraje, siendo superior ($P < 0,01$) en los ensilajes de maíz. Sin embargo, en ambos casos el contenido de MS fue inferior al valor reportado por NRC (2001). Esto se pudo deber a un diferente estado de madurez al corte entre maíces y sorgos, pues es bien sabido que el estado de madurez de la planta es uno de los factores que afectan en mayor medida el contenido de MS de los forrajes (Wiersma et al., 1993), ya que conforme avanza el grado de madurez también aumenta el contenido de MS. Para las variedades, solo dentro de maíces hubo diferencia estadística ($P < 0,01$), siendo aproximadamente 2,5 unidades porcentuales superior el contenido de MS del maíz 33J56. Este valor es similar al encontrado por Corral et al. (2010), lo cual reporta un valor de 31,6 para un híbrido de maíz similar. Dentro de sorgos de nervadura café, el contenido de MS fue similar ($P > 0,05$), con un promedio de 24,7%. Esto coincide con lo reportado por Miron et al. (2007), lo cual observó un valor de 25,5% de MS para ensilajes de sorgo de nervadura café.

El porcentaje de ceniza fue diferente ($P < 0,0001$) entre fuentes de forraje, siendo superior en los ensilajes de sorgo de nervadura café. El contenido de PC fue similar ($P > 0,05$) entre y dentro de fuentes de forraje, sin embargo, sorprendentemente, estos valores son mayores a los reportados en estudios previos (Miron et al., 2007), y puede estar relacionado con un estado de madurez temprano, que contribuyó a un menor contenido de MS (Tabla 2).

El contenido de EE fue similar ($P > 0,05$) entre y dentro de fuentes de forraje. El contenido de FDN fue menor ($P < 0,01$) en ensilajes de maíz que en sorgos de nervadura café (Tabla 2). Al comparar dentro de especies, el híbrido 33J56 tuvo menor ($P < 0,01$) contenido de FDN que el híbrido Virgi. Este comportamiento pone de manifiesto la relación existente entre composición morfológica de las plantas y el contenido de FDN (Corral et al., 2010). En el presente experimento hubo diferencias notables en composición morfológica entre los materiales evaluados (Tabla 1), particularmente entre híbridos de maíz, donde la proporción de tallos fue menor en el híbrido 33J56 y, por consiguiente, presentó un menor contenido de

FDN. El contenido de FDA de igual manera fue diferente entre fuentes de forraje, siendo mayor ($P < 0,05$) en ensilajes de sorgo de nervadura café que en ensilajes de maíz (Tabla 2), y dentro de fuentes de forraje el contenido de FDA en el híbrido 33J56 fue menor ($P > 0,05$) al del híbrido Virgi.

El contenido de lignina no fue diferente ($P = 0,08$) entre fuentes de forraje. Sin embargo, numéricamente los ensilajes de maíz tendieron a un menor contenido de lignina (Tabla 2). Dentro de fuentes de forraje, este fue similar ($P > 0,05$) tanto entre variedades de maíz como entre las de sorgo.

La DIVMS y DIVFDN fueron similares ($P > 0,05$) entre y dentro de fuentes de forraje (Tabla 3), lo cual coincide con los datos reportados por Oliver et al. (2004), cuyo estudio no observó diferencias significativas en DIVFDN entre dos fuentes de ensilaje de sorgo de nervadura café y una de maíz convencional. Este comportamiento soporta la teoría propuesta por diversos autores (Oliver et al., 2004; Aydin et al., 1999; Grant et al., 1995; Lusk et al., 1984), en el sentido de que vacas alimentadas con ensilaje de sorgo de nervadura café mantienen niveles de producción iguales a aquellas vacas alimentadas con ensilaje de maíz.

La producción de gas durante las 72 h de incubación fue similar ($P > 0,05$) entre y dentro de fuentes de forraje (Figura 1). Esto supone que entre ambos forrajes no existe gran diferencia en valor nutricional. Así mismo, se espera que ambos forrajes tengan el mismo potencial para ser consumidos por el ganado. Al respecto, Getachew et al. (2004) encontró una relación positiva entre producción de gas y consumo de alimento, indicando que los forrajes con una alta producción de gas durante las primeras horas de incubación (6-8 h) son mayormente consumidos por los animales, en respuesta a una más alta tasa de digestión (Blümmel et al., 2005).

El contenido de EM fue similar ($P > 0,05$) entre y dentro de fuentes de forraje (Tabla 2). Estos valores coinciden con los reportados por NRC (2001) para ensilajes de maíz y sorgo.

El parámetro de fermentación A, que corresponde a la asíntota de producción de gas fue similar ($P > 0,05$) entre y dentro de fuentes de forraje (Tabla 4). El tiempo (h; parámetro B) para alcanzar la mitad de la producción máxima de gas, fue

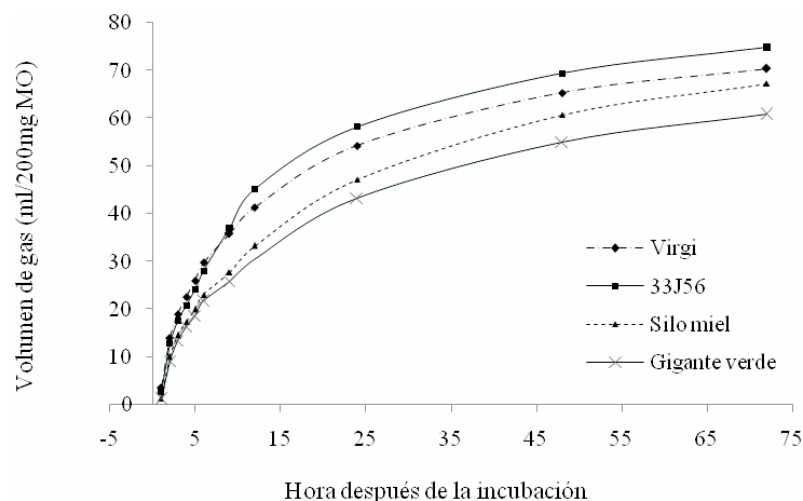


Figura 1. Perfiles de producción de gas a 72 h de fermentación de ensilajes de maíz convencional y sorgo de nervadura café

Figure 1. Gas production profiles at 72 h of incubation of conventional corn and brown midrib sorghum silage.

Tabla 3. Digestibilidad *in vitro* de la MS y FDN de ensilajes de maíz convencional y sorgos de nervadura café

Table 3. *In vitro* DM and NDF digestibility of conventional corn and brown midrib sorghum silages

	Maíz convencional		Sorgo de nervadura café		EE	Contrastes ¹		
	Virgi	33J56	Silo miel	Gigante verde		1	2	3
DIVMS (%)	69,8	71,3	69,3	68,3	1,6	0,874	0,482	0,704
DIVFDN (%)	47,9	55,1	41,6	44,7	6,7	0,208	0,168	0,608

¹Contrastes ortogonales: 1= maíz convencional vs sorgo de nervadura café, 2= Virgi vs 33J56, 3= Silo miel vs Gigante verde.

diferente entre fuentes de forraje ($P < 0,05$), siendo menor en ensilajes de maíz. Así mismo dentro de fuentes de forraje fue diferente ($P < 0,05$) entre híbridos de maíz. El parámetro C , que determina el punto de inflexión y por lo tanto la forma de la curva fue similar ($P > 0,05$) entre fuentes de forraje. Dentro de fuentes de forraje, este fue diferente solo entre híbridos de maíz, siendo mayor en el híbrido 33J56. Los parámetros A y B determinan la forma de la curva de producción de gas (Groot et al., 1996), posiblemente debido al efecto que sobre ellos ejerce la calidad nutricional del sustrato ya que la actividad enzimática de los microorganismos ruminales está determinada por la interacción de estos parámetros (Hetta et al., 2007). Desde el punto de vista de nutrición animal estos dos parámetros describen la cinética de liberación de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), por lo tanto podría ser considerado como un indicador de la calidad metabólica del ensilaje, y ésta a su vez está correlacionada con el potencial de consumo de este alimento por parte del animal (Hetta et al., 2007).

La tasa fraccional de digestión (R) fue similar ($P > 0,05$) entre fuentes de forraje. Sin embargo esta fue diferente ($P < 0,05$) dentro de fuentes de forraje, específicamente entre los dos híbridos de maíz convencional, siendo mayor en la variedad 33J56, posiblemente debido a una mayor concentración de componentes rápidamente solubles (Getachew et al., 2004). El mismo comportamiento se observó en t_{RM} , que corresponde al tiempo (h) al cual R alcanza su máximo punto (Tabla 4). Este parámetro caracteriza la tasa de crecimiento de microorganismos y la colonización de los alimentos por éstos. RM se alcanza cuando la población microbiana no limita la fermentación y la digestión no es obstaculizada por barreras químicas o estructurales provocadas por la composición química del sustrato (Groot et al., 1996), lo cual asume que ambos tipos de forrajes (maíz convencional y sorgo de nervadura café) presentan una cinética de fermentación muy similar dentro del rumen.

Tabla 4. Parámetros de degradabilidad ruminal

Table 4. Ruminant degradability parameters

	Maíz convencional		Sorgo de nervadura café		EE	Contrastes ¹		
	Virgi	33J56	Silo miel	Gigante verde		1	2	3
A	63,9	65,3	73,1	66,6	8,8	0,3328	0,6662	0,1344
B	18,8	14,6	28,8	25,0	8,2	0,0131	0,0274	0,7760
C	1,1	1,3	1,1	1,1	0,13	0,0691	0,0058	0,5965
R	1,6	5,2	2,3	1,3	2,57	0,1734	0,0145	0,4651
<i>t</i> _{RM}	1,9	3,5	2,9	1,8	2,47	0,4822	0,0117	0,0990

¹Contrastes ortogonales: 1= maíz convencional vs sorgo de nervadura café, 2= Virgi vs 33J56, 3= Silo miel vs Gigante verde.

CONCLUSIONES

Las diferencias observadas en la composición química entre el maíz convencional y el sorgo de nervadura café, no se reflejaron en diferencias en la digestibilidad *in vitro* de la MS y FDN, así como en la cinética de fermentación, mostrando tasas similares de digestión.

Los menores costos de producción sitúan a los forrajes de sorgo de nervadura café como una excelente fuente alternativa de forraje para regiones con escasas precipitaciones pluviales en las cuales el cultivo del maíz puede representar un alto riesgo.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua por la financiación otorgada. A los empleados del rancho experimental "Teseachi", al personal del laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Zootecnia y Ecología, por todas las facilidades brindadas para la realización de este experimento.

LITERATURA CITADA

Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA: AOAC, 1990. v. 1.

Aydin, G.; Grant, R.J.; O'Rear, J. Brown midrib sorghum in diets for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.82, n.10, p.2127-2135, 1999. [Crossref](#)

Blümmel, M.; Cone, J.W.; Van Gelder, A.H.; Nshai, I.; Umunna, N.N.; Makkar, H.P.S.; Becker, K. Prediction of forage intake using *in vitro* gas production methods: Comparison of multiphase fermentation kinetics measured in an automated gas test, and combined gas volume and substrate degradability measurements in a manual syringe system. *Animal Feed Science Technology*, v.123-124, n.1, p.517-526, 2005. [Crossref](#)

Corral, L.A. Evaluación agrónoma de seis híbridos de maíz en la Cuenca Lechera de Delicias, Chihuahua. Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2006. 20p. (Trabajo Especial de Investigación).

Corral, L.A.; Domínguez, D.D.; Villalobos, V.G.; Ortega, G.J. A.; Rodríguez, A.F.A.; Muro, R.A. Valor nutricional, cinética de fermentación y producción estimada de leche en ensilajes de maíz cortado a diferentes alturas. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, n.2, p.279-283, 2010. [Crossref](#)

Eyster, W.H. Chromosomes VIII in maize. *Science*, v.64, n.1, p. 22, 1926. [Crossref](#)

Fritz, J.O.; Moore, K.F.; Jaster, E.H. In situ digestion kinetics and ruminal turnover rates of normal and brown midrib mutant sorghum x sudangrass hays fed to nonlactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.12, p. 3345-3351, 1988. [Crossref](#)

Gerhardt, R.L.; Fritz, J.O.; Moore, K.J.; Jaster, E.H. Digestion kinetics and composition of normal and brown Midrib sorghum morphological components. *Crop Science*, v.34, n.5, p.1353-1361, 1994. [Crossref](#)

Getachew, G.; Robinson, P.H.; DePeters, E.J.; Taylor, S.J. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*, v.111, n.1-4, p.57-71, 2004. [Crossref](#)

Grant, R.J.; Haddad, S.G.; Moore, K.J.; Pederson, J.F. Brownmidrib sorghum silage for midlactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.78, n.9, p.1970-1980, 1995. [Crossref](#)

Groot, J.C.J.; Cone, J.W.; Williams, B.A.; Debersaques, E.M.A.; Lantinga, E.A. Multiphasic analysis of gas production kinetics for *in vitro* fermentation of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*, v.64, n.1, p.77-89, 1996. [Crossref](#)

Halpin, C.; Holt, K.; Chojecki, J.; Oliver, D.; Chabbert, B.; Monties, B.; Edwards, K.; Barakate, A.; Foxon, G.A.; Brownmidrib maize (bm1) – a mutation affecting the cinnamyl alcohol dehydrogenase gene. *Plant Journal*, v.14, n.4, p.545-553, 1998. [Crossref](#)

Hetta, M.; Cone, J.W.; Bernes, G.; Gustavsson, A.M.; Martinsson, K. Voluntary intake of silages in dairy cows depending on chemical composition and *in vitro* gas production characteristics. *Livestock Science*, v.106, n.1, p.47-56, 2007. [Crossref](#)

INEGI. Síntesis de información geográfica del Estado de Chihuahua. México, D.F.: Secretaría de Programación y Presupuesto, 2003. v.1, n.1, p.621-622.

- Lusk, S.W.; Karau, P. K.; Balogu, D.O.; Gourley, L.M. Brown midrib sorghum or corn silage for milk production. *Journal of Dairy Science*, v. 67, n. 8, p.1739-1744, 1984. [Crossref](#)
- Menke, K.H.; Steingass, H. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*, v.28, n.1, p.7-55, 1988.
- Miron, J.; Zuckerman, E.; Adin, G.; Solomon, R.; Shoshani, E.; Nikbachat, M.; Yosef, E.; Zenou, A.; Weinberg, Z.G.; Chen, Y.; Halachmi, I.; Ben-Ghedalia, D. Comparison of two forage sorghum varieties with corn and the effect of feeding their silages on eating behavior and lactation performance of dairy cows. *Animal Feed Science Technology*, v.139, n.12, p. 23-39, 2007. [Crossref](#)
- National Research Council - NRC. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th ed. (revised). Washington, DC: National Academy of Sciences, 2001. 381p.
- Oliver, A.L.; Grant, R.J.; Pedersen, J.F.; O'Rear, J. Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.87, n.3, p.637-644, 2004. [Crossref](#)
- Porter, K.S.; Axtell, J.D.; Lechtenberg, V.L.; Colenbrander, V.F. Phenotype, fiber composition, and in vitro dry matter disappearance of chemically induced brown-midrib (*bmr*) mutants of sorghum. *Crop Science*, v.18, n.2, p.205-208, 1978. [Crossref](#)
- Sanderson, M.A.; Miller, F.R.; Jones, R.M. *Forage quality and agronomic traits of experimental forage sorghum hybrids*. College Station: Texas Agricultural Experimental Station, 1994. 7p.
- Statistical Analysis System Institute - SAS. *User's guide, version 9.0*. Cary, NY: SAS Institute Inc., 2002.
- Shinners, K.J.; Adsit, G.S.; Binversie, B.N.; Digman, M.F.; Muck, R.E.; Weimer, P.J. Single-pass, split-stream harvest of corn grain and stover. *Transactions of the ASABE*, v.50, n.2, p.355-363, 2007.
- Theodorou, M.K.; Williams, B.A.; Dhanoa, M.S.; McAllan, A.B.; France, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminants feeds. *Animal Feed Science Technology*, v.48, n.3-4, p.185-197, 1994. [Crossref](#)
- Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3589, 1991. [Crossref](#)
- Wiersma, D.A.; Carter, P.R.; Albrecht, K.A.; Coors, Kernell, J.G. Milkline stage and corn forage yield, quality and dry matter content. *Journal of Production of Agriculture*, v.6, n.1, p.94-99, 1993.