



## PRODUCCIÓN DE FORRAJE, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO* DE MAÍCES HÍBRIDOS AMARILLOS CULTIVADOS EN MÉXICO<sup>1</sup>

[FORAGE YIELD, CHEMICAL COMPOSITION AND *IN VITRO* GAS  
PRODUCTION OF YELLOW HYBRID MAIZE GROWN IN MEXICO]

Lizbeth Esmeralda Robles Jimenez<sup>1</sup>, José Antonio Ruiz-Pérez<sup>2</sup>,  
Andrés Morales-Osorio<sup>3</sup>, María de Guadalupe Gutiérrez-Martínez<sup>3</sup>  
and Manuel González-Ronquillo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100. Toluca, estado de México. México. 50000. E-mail: mrg@uaemex.mx.

<sup>2</sup>Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 150, Acambay, Estado de México, México

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100. Toluca, Estado de México. México. 50000

\*Corresponding author

### RESUMEN

El maíz es el forraje más importante en la alimentación del ganado, debido a su mayor contenido de energía, sin embargo, se caracteriza por su amplia gama de variedades y la posibilidad de generar una gran cantidad de productos finales. El objetivo del presente estudio fue evaluar y comparar el rendimiento, composición química y producción de gas *in vitro* tanto en fresco como heno de un maíz criollo local amarillo y seis variedades de maíces híbridos amarillos (HIT13, CML460, PIONER, COBRE, CDMO80001 y CLO80902). El rendimiento en fresco y en seco no mostró diferencias entre tratamientos ( $P > 0.05$ ), para la composición química ( $\text{g kg}^{-1}$  MS) se tuvieron diferencias ( $P < 0.05$ ) para el contenido de proteína por método de conservación varío de 59.87 a 59.61  $\text{g kg}^{-1}$  MS, por método, FND de 591 a 686  $\text{g kg}^{-1}$  MS por variedad y por método de 619 a 639  $\text{g kg}^{-1}$  MS, FAD de 298 a 345  $\text{g kg}^{-1}$  MS por variedad y por método de 317 a 340  $\text{g kg}^{-1}$  MS; LAD de 58 a 41  $\text{g kg}^{-1}$  MS por variedad y por método de 41 a 57  $\text{g kg}^{-1}$  MS respectivamente, en la producción de gas *in vitro* acumulada ( $\text{ml gas /g MS}$ ) no se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) para la producción total de gas entre variedades y método de conservación. Se concluye que de acuerdo con los resultados obtenidos, las variedades estudiadas presentan los mismos rendimientos tanto en heno como en fresco. El rendimiento, la producción de gas *in vitro* y la producción de gas relativa no se vieron afectados por el método de conservación, ni por las variedades empleadas.

**Palabras clave:** Maíz; híbrido; rendimiento; composición química; producción de gas *in vitro*.

### SUMMARY

Maize is the most important forage in feed cattle, due to its higher energy content, however, it is characterized by its wide range of varieties and the possibility of generating a large quantity of final products. The objective of the present study was to evaluate and compare the forage yield, chemical composition and *in vitro* gas production as fresh and hay of a local yellow criollo maize and six varieties of yellow hybrid maize (HIT13, CML460, PIONER, COPPER, CDMO80001 and CLO80902). Fresh and dry yield did not show differences between treatments ( $P > 0.05$ ), their chemical composition ( $\text{g / kg DM}$ ) showed differences ( $P < 0.05$ ) for the protein content by various storage methods ranging from 59.87 to 59.61  $\text{g kg}^{-1}$  DM per conservation method, NDF ranged from 591 to 686  $\text{g kg}^{-1}$  DM by variety and by the method ranged from 619 to 639  $\text{g kg}^{-1}$  DM, ADF ranged from 298 to 345  $\text{g kg}^{-1}$  DM by variety and 317 to 340  $\text{g kg}^{-1}$  DM by conservation method; ADL ranged from 58 to 41  $\text{g kg}^{-1}$  DM by variety and 41 to 57  $\text{g kg}^{-1}$  DM by conservation method, *in vitro* gas production there were no differences ( $P > 0.05$ ) between varieties and conservation method. It is concluded that according to the results obtained, the varieties studied show the same forage yields in both hay and fresh, chemical composition, and *in vitro* gas production.

**Key words:** Corn; hybrid; forage yield; chemical composition; *in vitro* gas production.

<sup>1</sup> Submitted August 22, 2012 – Accepted September 10, 2017. This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## INTRODUCCIÓN

En México existe la intención de incrementar la producción de maíz de grano amarillo para subsanar la demanda y evitar la importación de granos (Sagarpa, 2016), sin embargo, se sigue importando el 50 % de maíz amarillo (La jornada, 2016). El forraje de maíz es la principal fuente alimentación del ganado en el centro del país, lo anterior ha conducido a implementar programas para la elección de variedades de maíz con mayor valor nutritivo (Antolín *et al.* 2009).

El incremento en la demanda de forraje y la baja disponibilidad de terreno para su cultivo ha requerido la búsqueda de nuevas variedades de maíces híbridos (Johnson *et al.* 2003, Ivan *et al.* 2005), debido a la necesidad de maíces de mayor potencial productivo se siguen evaluando híbridos de maíz amarillo que se adapten a valles altos bajo condiciones de humedad residual, así como a siembras que se establecen con riesgo de auxilio y después con la ayuda de secado o bien a lluvias de buen secano (buen temporal). Estos híbridos se requieren que sean de ciclos intermedios o tardío y que representen rendimientos superiores a la media.

En los valles altos se utiliza una gran cantidad de variedades de híbridos de maíz para ensilar, sin embargo estas variedades fueron generadas para producir grano, posteriormente son evaluadas para verificar con base en su potencial si es factible utilizarse con fines de ensilado (Peña *et al.* 2006b, Tadeo *et al.* 2007, Gonzales *et al.* 2008), El maíz es el cereal más cultivado en el mundo y un 98 % se emplea para la alimentación animal y humana, mientras que el 2% restante tiene aplicación industrial (Naqvi 2011).

En México la producción de maíz es de 25.7 millones de toneladas de maíces blanco y amarillo (Sagarpa 2016). En el Estado de México el rendimiento del grano ( $3.14 \text{ t ha}^{-1}$ ) por unidad de superficie obtenidos en los ciclos agrícolas han representado una producción insuficiente. Las seiscientas mil hectáreas cultivables, de acuerdo a su altitud se dividen en tres regiones: La región de Valles Altos; comprende Valle de Toluca – Atlacomulco y Jilotepec (300 mil hectáreas) donde el cultivo se establece en punta de riego o temporal benigno. En la región del Valle de México transición y subtropicos secos, la siembra se realiza bajo temporal limitativo. En estos ambientes aún se utiliza un alto porcentaje de maíces criollos y la tecnología de producción es deficiente (Navarro Garza *et al.* 2012, Pérez Sánchez *et al.* 2017), lo anterior implica la necesidad de buscar nuevas alternativas utilizando la heterosis para su incremento en el valor nutricional ya sea de forraje o del grano,

que tenga las siguientes características positivas: Menor variabilidad, porte bajo e intermedio, erectófilas, panícula pequeña, mayor densidad de población, alto potencial de rendimiento, tolerantes al vuelco, buena calidad industrial, menor contenido de fenoles, menor tamaño y mayor dureza del grano (Martínez Rueda *et al.*, 2013).

La técnica de producción de gas *in vitro* (Theodorou *et al.* 1994) simulando los procesos digestivos que se generan a partir de la producción microbiana (Getachew, 1998) permite conocer la fermentación y degradación del alimento en función de la calidad nutritiva y disponibilidad de nutrientes para las bacterias. Lo anterior ayuda a identificar mejor las características nutricionales de los forrajes, así como su posible utilización para la alimentación de rumiantes. El objetivo del presente estudio fue evaluar y comparar el rendimiento, composición química y producción de gas *in vitro* tanto en fresco como henificado de un maíz criollo local amarillo y seis variedades de maíces híbridos amarillos (HIT13, CML460, PIONER, COBRE, CDMO80001 y CLO80902).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Zona de estudio, siembra, y variedades de maíz

El estudio se realizó en Toluca, Estado de México ( $99^{\circ}39'14''$  Oeste y  $19^{\circ}37'32''$  Norte), con clima clasificado como templado sub húmedo con lluvias en verano, una precipitación pluvial anual de 1,000 a 1,200 mm, temperatura media anual de  $12$  a  $14^{\circ}\text{C}$ , observándose  $30^{\circ}\text{C}$  como máxima y  $-5^{\circ}\text{C}$  como mínima, y una altura de 2600 m sobre el nivel del mar (CONAGUA, 2015).

Se evaluaron las variedades de maíz de color amarillo: HIT 13, CML 460-461-462, PIONER 1832, COBRE, CMD 080001, CL 080902, y se utilizó el criollo local (Cr-local) como testigo; las cuales se sembraron el 12 de mayo. La dosis de fertilización fue 150-90-70 NPK respectivamente aplicándose 50-90-70 al momento de la siembra, 50-00-00 en la primera escarda a los 45 días pos siembra y 50-00-00 en la segunda escarda; La densidad de población fue de 62500 plantas por hectárea, cada unidad experimental tuvo una dimensión de  $80 \text{ m}^2$ , que a su vez constituyó 8 surcos, cada uno de 10 metros lineales por 80 cm de ancho, se dejó a cada lado un metro para salvaguardar el área experimental y se sembraron tres repeticiones de cada variedad. El estudio tuvo una duración de 180 días, durante los cuales se realizaron escardas manuales para el control de malezas, así como la aplicación de herbicidas (Dicamba 264 g/ha, Atrazina 504 g/ha), al inicio de la siembra. Una vez obtenido el estado masoso del

grano (180 d) se realizó la recolección de las variedades.

### Rendimiento y Composición Química

En el sitio de corte se tomaron tres muestras de forraje de cada variedad de maíz, para determinar su rendimiento en materia fresca y en materia seca (ton/ha), tomando 3 m lineales por triplicado del centro de los surcos cuatro y cinco, el cual se pesó para determinar el rendimiento en fresco, se tomaron 1000 gramos de la muestra en fresco y se secaron en una estufa a 60°C, 48 h para determinar la cantidad de materia seca (por triplicado), para el heno se dejaron secar las muestras a la intemperie durante tres días hasta que alcanzaron un 80 % MS aproximadamente, para determinar el rendimiento en heno; se tomaron 1000 gramos de la muestra de heno y se secaron en una estufa a 60 °C, 48 h para determinar la cantidad de materia seca (MS), posteriormente las muestras fueron molidas (Molino General electric, Mod 5KH 390N 5525; 1 mm de diámetro), y se incineraron (550 °C, 3h) para la determinación de cenizas y por diferencia su concentración en materia orgánica (MO) (AOAC, 1991); la concentración de proteína (PC), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y lignina ácido detergente (LAD) se determinó mediante espectrofotometría de infrarrojo utilizando un espectrofotómetro (Buchi, NIR FLEX N400) y software NIRCAL versión 4.01 (Buchi); la cantidad de energía metabolizable se determinó mediante la ecuación  $EM = 14.51 - (0.143 \times ADF)$  y la energía neta para lactación  $ENL = 9.14 - (0.0100 \times ADF)$ , donde EM y ENL (Mj/kgMS) y ADF(g/kg MS) (Menke y Steingass, 1988).

### Producción de gas *in vitro*

Para la técnica de producción de gas *in vitro*, se utilizaron dos bovinos (450 ± 20 kg PV), fistulados en rumen, como donadores de fluido ruminal. La producción de gas se determinó por el método propuesto por Theodorou *et al.* (1994), Para lo cual se utilizaron frascos ámbar de 125 ml para cada muestra de forraje de maíz y método de conservación por triplicado, en tres series de incubación, se introdujeron 0.8 g MS de cada una de las muestras en los frascos, a los cuales posteriormente se les adicionaron 90 ml de solución buffer gaseado con CO<sub>2</sub>, se tomaron 700 ml de líquido y 300 g de sólido del contenido ruminal de cada uno de los animales y se mezcló. En el laboratorio se filtró a través de cuatro capas de gasa y posteriormente por lana de vidrio, manteniéndose el líquido ruminal gaseado con CO<sub>2</sub> a 39°C, en seguida se adicionaron 10 ml de fluido ruminal a cada frasco, finalmente se introdujeron los frascos en un baño de agua a 39°C y se procedió al registro de producción de gas a las 0, 3,

6, 9, 12, 18, 24 y 30 h utilizando un transductor de presión (DELTA OHM, Manometer, 8804). Después del periodo de incubación (30 h) se liberó el gas acumulado y los residuos de la fermentación de cada frasco fueron secados a 60°C durante 48 h para calcular la proporción de materia seca (MSd) (AOAC, 2001) y fibra neutro detergente desaparecida (FNDd) sin corrección de cenizas y con alfa amilasa (Van Soest *et al.* 1991) y producción de gas relativa (PGR, mL gas g<sup>-1</sup> MS desaparecida) (González Ronquillo *et al.* 1998; Estrada *et al.* 2006).

Para estimar la degradación y fermentación de los alimentos se utilizó la ecuación propuesta por Krishnamoorthy *et al.* (1991):

$$Pg = b(1 - e^{-ct})$$

Dónde: Pg=producción de gas (mL gas g<sup>-1</sup> MS inicial; b=producción total (ml gas g<sup>-1</sup> MS inicial); c= tasa de degradación con respecto al tiempo; t=tiempo (h).

### Análisis Estadístico.

Los datos de rendimiento y composición química del forraje se analizaron utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial 7 x 2, considerando siete variedades y dos métodos de conservación (heno y fresco). La información fue computada mediante análisis de varianza con el programa SAS (1999), de acuerdo al siguiente modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \text{variedad}_i + \text{metodo}_j + (\text{variedad} \times \text{método})_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde: Y<sup>ijk</sup>= rendimiento y composición química, μ= media general, variedad<sup>i</sup>= efecto de la variedad, método<sup>j</sup>= efecto del método, la interacción (variedad x método)<sup>ij</sup>= efecto de la variedad por el método

Los datos de producción de gas fueron analizados mediante el procedimiento GLM con el programa SAS (1999) de acuerdo con el modelo:

$$PG_{ijk} = \mu + \text{variedad}_i + \text{tiempo}_j + (\text{variedad} \times \text{tiempo})_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde: PG<sub>ijk</sub>=volumen de gas observado, μ= media general, variedad<sub>i</sub>= efecto de la variedad i, tiempo<sub>j</sub>=efecto del tiempo de incubación j, la interacción (variedad x tiempo)<sub>ij</sub> el efecto de la interacción entre la variedad y el tiempo de incubación.

Los promedios de cada variable (P<0.05) se compararon con la prueba de Tukey (Steel and Torrie, 1997).

## RESULTADOS

Los híbridos evaluados presentaron un rendimiento (Tabla 1) que vario de 58.75 a 90.63 t ha<sup>-1</sup> de forraje en materia fresca (MF) y de 14.1 a 23.1 toneladas en MS.

En cuanto a la composición química (Tabla 2) se mostraron diferencias en el contenido de PC en los métodos de conservación, siendo mayor en los henificados (P < 0.018). El contenido de FND para los maíces en fresco (P < 0.0001) fue mayor para COBRE, CML460 y CLO80001 y menor para PIONER, con respecto a los henificados. Se encontró mayor contenido de FND (P < 0.0001) en las variedades COBRE, CML460 y CLO80001, así como en los henificados. Las variedades de COBRE, CML460, HIT 13 y CLO80001 presentaron el mayor contenido de FAD (P < 0.0001), en cuanto al método, los henificados fueron superiores (P < 0.0001). LA mayor cantidad de LAD se encontró en las variedades COBRE, CML460, HIT 13 (P < 0.0001) con respecto al resto. En cuanto a la cantidad de EM fueron superiores (P < 0.0001) las variedades CRIOLLO-LOCAL, HIT 13 y CDMO, así como para EN<sub>L</sub> las variedades superiores fueron CRIOLLO-LOCAL, CDMO y PIONER con respecto al resto.

En la tabla 3 se aprecia la producción de gas *in vitro* (ml gas / g MS) acumulada, donde no se observaron diferencias para la producción total de gas entre

variedades (P > 0.8383) ni por método de conservación (P > 0.8383), con respecto a la fracción c, tampoco se encontraron diferencias por método de conservación (P > 0.080), ni por variedad de maíz (P > 0.0764). Para la fracción lag time las variedades CML460 y PIONER fueron superiores (P < 0.0057). En cuanto a la MSd para los maíces de las variedades CRIOLLO-LOCAL, PIONER y CDMO fueron mayores (P < 0.0005), así como la mayor MSd se encontró en los maíces conservados en fresco (P < 0.0050) con respecto a los henificados, en cuanto la FNDd las variedades COBRE, CML460 y CLO80001 (P < 0.0038) fueron superiores con respecto al resto, en cuanto a los métodos de conservación no se encontró diferencias (P < 0.0989).

## DISCUSIÓN

El rendimiento de forraje verde es superior a lo encontrado en diferentes híbridos producidos en México González *et al.* (2005); Vázquez-Carrillo *et al.* (2010), pero similar a Peña *et al.* (2008) y Tovar *et al.* (2006). En cuanto a los rendimientos en MS por ha son similares a otros autores (González *et al.* 2005 y Peña *et al.* 2008; Vazquez-Carrillo *et al.* 2010) en un rango de 14 a 24 ton MS/ha. El rendimiento de forraje puede verse afectado por la variedad, la distancia entre surcos, la densidad de población, el manejo, la fecha de siembra, el estado de madurez (Núñez *et al.* 2003) y por la viabilidad de la semilla entre otros factores.

Tabla 1 Rendimiento (ton MF y MS/ha) de variedades de maíces amarillos.

	Criollo local	Cobre	CML460	Pioner	Hit 13	CLO 80001	CDMO	EEM	P<
Rendimiento, ton/ha									
MF	68.13	81.88	89.38	58.75	90.63	68.13	81.88	8.60	0.1230
MS	14.10	21.78	21.27	18.21	23.11	17.17	20.30	2.14	0.1024

Tabla 2. Composición química (g/kg MS) de variedades (V) de maíces amarillos y métodos (M) de conservación (Fresco y Henificado).

	Variedad						Método			Significancia		
	CRIOLLO LOCAL	COBRE	CML 460	PIONER	HIT 13	CLO 80001	Fresco	Heno	EEM	V	M	
MO	932.9	919.0	941.6	958.2	935.1	957.0	945.1	944.9	937.6	1.80	0.270	0.806
PC	66.89	52.88	57.99	64.37	63.63	52.91	59.51	59.61 <sup>b</sup>	59.87 <sup>a</sup>	3.8	0.914	0.018
FND	596.56 <sup>c</sup>	686.66 <sup>a</sup>	672.98 <sup>a</sup>	541.65 <sup>d</sup>	632.20 <sup>b</sup>	684.63 <sup>a</sup>	591.46 <sup>c</sup>	619.83 <sup>b</sup>	639.07 <sup>a</sup>	6.7	0.001	0.001
FAD	298.43 <sup>c</sup>	341.75 <sup>a</sup>	345.64 <sup>a</sup>	310.70 <sup>bc</sup>	343.14 <sup>a</sup>	343.74 <sup>a</sup>	321.78 <sup>b</sup>	317.76 <sup>b</sup>	340.86 <sup>a</sup>	4.1	0.001	0.001
LAD	46.75 <sup>bc</sup>	50.74 <sup>abc</sup>	57.25 <sup>ab</sup>	41.15 <sup>c</sup>	58.77 <sup>a</sup>	46.21 <sup>bc</sup>	47.75 <sup>abc</sup>	41.86 <sup>b</sup>	57.76 <sup>a</sup>	3.1	0.001	0.003
<sup>1</sup> EM	10.24 <sup>a</sup>	9.62 <sup>b</sup>	9.56 <sup>b</sup>	10.06 <sup>b</sup>	9.60 <sup>a</sup>	9.59 <sup>b</sup>	9.90 <sup>ab</sup>	9.96 <sup>a</sup>	9.63 <sup>b</sup>	0.09	0.001	0.001
<sup>2</sup> EN <sub>L</sub>	6.15 <sup>a</sup>	5.72 <sup>b</sup>	5.68 <sup>b</sup>	6.03 <sup>a</sup>	5.70 <sup>b</sup>	5.70 <sup>b</sup>	5.92 <sup>ab</sup>	5.96 <sup>a</sup>	5.73 <sup>b</sup>	0.06	0.001	0.001

<sup>abc</sup> Letras diferentes en la misma columna, son estadísticamente diferentes (P < 0.05). EM=Energía Metabolizable (MJ/kg MS), EN<sub>L</sub>=Energía Neta para Lactación (Mj/kg MS), MO=Materia Orgánica, PC=Proteína Cruda, FND=Fibra Neutro Detergente, FAD=Fibra Acido Detergente, LAD =Lignina acido detergente.

Tabla 3. Producción de gas *in vitro* (ml gas / g MS) acumulada de maíces amarillos en fresco y henificados, utilizando la ecuación propuesta por Krishnamoorthy et al. (2001).

	Variedad (V)							Método (M)			Significancia	
	CRIOLLO LOCAL	COBRE	CML460	PIONER	HIT 13	CLO 80001	CDMO	Fresco	Heno	EEM	V	M
b	333.79	347.28	346.03	363.34	345.23	339.46	332.39	344.67	343.19	35.09	0.8383	0.1384
c	0.0423	0.0364	0.0354	0.0430	0.0408	0.0441	0.0448	0.0475	0.0344	0.029	0.0764	0.0800
Lag time	1.39 <sup>c</sup>	1.38 <sup>c</sup>	1.75 <sup>ab</sup>	1.88 <sup>a</sup>	1.46 <sup>bc</sup>	1.57 <sup>b</sup>	1.59 <sup>b</sup>	1.53	1.63	0.211	0.0057	0.2523
MSd	63.52 <sup>a</sup>	57.37 <sup>b</sup>	59.26 <sup>b</sup>	64.63 <sup>a</sup>	57.53 <sup>b</sup>	58.64 <sup>b</sup>	63.49 <sup>a</sup>	63.41 <sup>a</sup>	57.86 <sup>b</sup>	2.574	0.005	0.005
FNDd	47.9 <sup>b</sup>	60.10 <sup>a</sup>	58.06 <sup>a</sup>	39.20 <sup>c</sup>	52.27 <sup>b</sup>	55.90 <sup>ab</sup>	47.75 <sup>b</sup>	50.48	52.72	1.805	0.0038	0.1543
PGR	365.61	374.49	359.56	377.15	374.34	393.07	380.14	399.27	350.54	16.70	0.1277	0.0989

<sup>abc</sup> Letras diferentes en la misma columna, son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ ). b= producción total de gas (ml gas g<sup>-1</sup> MS incubada); c= tiempo de fermentación (h<sup>1</sup>), lag time (h<sup>1</sup>); MSd= materia seca desaparecida (mg/ 100 mg) a las 30 horas; PGR= producción de gas relativa (ml gas g<sup>-1</sup> MSd).

En cuanto a su composición química el contenido de PC del presente estudio son inferiores a los encontrados por Núñez *et al.* (2003), Antolín *et al.* (2009) Ruiz *et al.* (2013) y Franco *et al.* (2015) quienes obtuvieron valores de 86 a 95 g PC/kg de MS, y las concentraciones de FND y FAD fueron superiores a los encontrados por Antolín *et al.* (2009) y Ruiz *et al.* (2013), siendo CRIOLLO-LOCAL, el que posee un menor contenido de FND y FAD; lo anterior debido principalmente al estado de madurez, ya que se cortaron en forma tardía lo que ocasiona pérdida de proteína y un mayor contenido de pared celular, debido a que las variedades desarrolladas para valles altos son menos susceptibles al acame y dan lugar a incrementos en las concentraciones de pared celular en la hoja bandera y el tallo (Peña *et al.* 2002), sin embargo, genotipos más tardíos tienden a producir mayor cantidad de pared celular y menor digestibilidad con respecto a los precoces (Peña *et al.* 2002).

En cuanto a la cantidad de EM y EN<sub>L</sub>, estas fueron similares a los obtenidos por Estrada *et al.* (2006) y Ruiz *et al.* (2013) (9.6 a 10.5 Mj EM/kg MS), pero inferiores a los mostrados por Johnson *et al.* (2003) (11.26 a 11.93 Mj EM/kg MS); en cuanto a la concentración de EN<sub>L</sub> los valores son superiores a los encontrados por Calabro *et al.* (2007) (4.16 Mj EN<sub>L</sub>/kg MS), y similares a Núñez *et al.* (2003) y Ruiz *et al.* (2013) (5.02 a 6.69 Mj EN<sub>L</sub>/kg MS), pero inferiores a los encontrados por Johnson *et al.* (2003) (6.48 a 6.78 Mj EN<sub>L</sub>/kg MS), en México el contenido de energía en los maíces es menor que en otros países, esto se atribuye a que se ha dado mayor importancia al rendimiento por hectárea que al valor nutritivo (Núñez *et al.* 2003) y menor número de mazorcas por planta, lo que da como resultado una menor concentración energética de la planta entera. En cuanto a la MSd (g/100 g MS) estas fueron superiores con respecto a los encontrados por Ruiz *et al.* (2013), lo anterior posiblemente debido al

contenido de lignina, el cual disminuye la digestibilidad.

En cuanto a la producción de gas *in vitro*, estos resultados concuerdan con Hetta *et al.* (2012) quienes no encontraron diferencia en la producción de gas de tres híbridos, de igual forma Antolín *et al.* (2009), Islam *et al.* (2012) y Ruiz *et al.* (2013) no encontraron diferencias en la producción de gas, sin embargo Ruiz *et al.* (2013) observa diferencias cuando se le adiciona una enzima, lo que incrementa la degradación de hemicelulosa, sin embargo Calabro *et al.* (2005) encontraron diferencias ( $P < 0.05$ ) en la producción de gas en ensilados de maíz frescos y de igual forma (Franco *et al.* 2015) encuentra diferencias entre variedades, siendo esto posiblemente debido a que existen diferencias en el contenido de FAD entre muestras, y esto permite que haya variaciones en la fermentación *in vitro* por una menor disponibilidad de hemicelulosa.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, las variedades estudiadas presentan los mismos rendimientos tanto en heno como en fresco. El rendimiento, la producción de gas *in vitro* y la producción de gas relativa no se vieron afectados por el método de conservación, ni por las variedades empleadas.

## REFERENCIAS

- Antolín, D.M., González Ronquillo, M., Goñi, C.S., Domínguez, V.I.A., Ariciaga, G.C. 2009. Rendimiento y producción de gas *in vitro* de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado. *Técnica Pecuaria en México* 47: 413-423.
- AOAC. 1991. Official methods of analysis, Helrich editor., 15<sup>th</sup> ed. INC. VA, USA: Association of Official Analytical Chemist. (2).

- Calabro, S., Cutrignelli, M.I., Piccolo, G., Bovera, F., Zicarelli, F., Gazaneo, M.P., Infascelli, F. 2005. *In vitro* fermentation kinetics of fresh and dried silage. *Animal Feed Science and Technology* 123-124:129-137.
- Calabro, S., Tudisco, R., Grossi, M., Bovera, F., Cutrignelli, M.I., Guglielmelli, A., Piccolo, V., Infascelli, F. 2007. *In vitro* fermentation characteristics of corn and sorghum silage. *Italian Journal of Animal Science* 6: 559-562.
- Comisión nacional del agua. INFORME 2015. Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). URL: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60>
- Estrada Flores, J.G., González Ronquillo, M., Mould, F.L., Arriaga Jordán, C.M., Castelán Ortega, O.A. 2006. Chemical composition and fermentation characteristics of grain and different parts of the stover from maize land races harvested at different growing periods in two zones of central Mexico. *Animal Science* 82: 845-852.
- Getachew, G., Blummel, M., Makkar, H.P.S., Becker, K. 1998. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutrition quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology* 72: 261-281.
- González, A., Islas, J., Espinosa, A., Vázquez, A., Wood, S. 2008. Impacto económico del mejoramiento genético del maíz en México: híbrido H-48. Publicación Especial No. 25. INIFAP. México, DF. 88.
- Gonzalez Ronquillo, M., Fondevilla, M., Barrios, U.A., Newman, Y. 1998. *In vitro* gas production from buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L). Fermentation in relation to the cutting interval, the level of nitrogen fertilization and the season of growth. *Animal Feed Science and Technology* 72: 19-35.
- González, C.F., Peña, R.A., Nuñez, H.G., Jiménez, G.C.A. 2005. Efecto de la densidad y altura de corte en el rendimiento y calidad del forraje de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28: 393-397.
- Franco, M.J.R., González Huerta, A., Pérez López, D.J., González Ronquillo, M. 2015. Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajero en Valles Altos del Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1915 – 1927.
- Hetta, M., Mussadiq, Z., Gustavsson, A.M., Swensson, C. 2012. Effects of hybrid and maturity on performance and nutritive characteristics of forage maize at high latitudes, estimated using the gas production technique; *Animal Feed Science and Technology* 171: 20-30.
- Ivan, S.K., Grant, R.J., Weakley, D., Beck, J. 2005. Comparison of a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with hybrid of lower cell-wall content on performance of Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 88: 244-254.
- Islam, M.R., Garcia, S.C., Horadagoda, A. 2012. Effects of irrigation and rates and timing of nitrogen fertilizer on dry matter yield, proportions of plant fractions of maize and nutritive value and *in vitro* gas production characteristics of whole crop maize silage. *Animal Feed Science and Technology* 172: 125-135.
- Johnson, L.M., Harrison, J.H., Davidson, D., Mahanna, W.C., Shinnors, K. 2003. Corn silage management: Effects of hybrid, chop length and mechanical processing on digestion and energy content. *Journal of Dairy Science* 86: 208-231.
- Krishnamoorthy, U., Soller, H., Menke, K.H. 1991. A comparative study on rumen fermentation or energy supplements *in vitro*. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 65:28-35.
- La jornada 2016. Se enfila México a récord de importaciones de maíz este año, Domingo 10 de julio de 2016. URL: <http://www.jornada.unam.mx/2016/07/10/economia/017n1eco>
- Menke, K.H., Steingass, H. 1988. Stimulation of the energy fed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research Development* 28:7-12.
- Naqvi, S., Ramessar, K., Farré, G., Sabalza, M., Miralpeix, B., Twyman, R.M., Capell, T., Zhu C., Christou, P. 2011. High-value products from transgenic maize. *Biotechnology Advances* 29: 40-53.
- Navarro-Garza, H., Hernández-Flores, M., Castillo-González, F., Pérez-Olvera, M.A. 2012. Diversidad y caracterización de maíces criollos. Estudio de caso en sistemas de cultivo en la costa chica de Guerrero, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 9 (2): 149-165.

- Núñez, H.G., Contreras, G.E.F., Faz, C.R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Técnica Pecuaria en México* 41(1): 37-48.
- Peña, A., González, F., Núñez, G., Maciel, H. 2006. Producción y calidad forrajera de híbridos precoces de maíz en respuesta a fechas de siembra, nitrógeno y densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(3):207-213.
- Peña, R.A., Núñez, H.G., González, C.F. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Técnica Pecuaria en México* 40(3): 215-228.
- Peña, R.A., González, C.F., Núñez, H.G., Preciado, O.R., Terrón, I.A., Luna, F.M. 2008. H-376, híbrido de maíz para producción de forraje y grano en el bajo y la región norte centro de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 85-87.
- Pérez-Sánchez, A., Hernández-Cortés, C., Carmona-Silva, J.L. 2017. Estrategias de abasto de maíz de los hogares campesinos en el municipio de Atlangatepec, Tlaxcala. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 1-22
- Ruiz, P.J.A., Ortiz, R.A., Peñuelas-Rivas, G., Morales O.A., Gutiérrez, M.G., Pescador, S.N., González-Ronquillo, M. 2013. Effect of the Addition of Enzymes on Chemical Composition and *In Vitro* Gas Production of Hybrid Maize Varieties Preserved by Silage in the Highlands. *Animal Nutrition and Feed Technology* 13: 575-582
- Sagarpa .2016. Aumenta producción de maíz 12.7 por ciento en cuatro años. 05 de diciembre de 2016.  
URL.<http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/nayarit/boletines/2016/diciembre/Documents/BNSAGDIC042016.PDF>.
- SAS. 1999. Statistical Analysis system Institute. User's Guide: Statistics version 8, Cary, NC. USA.
- Steel, R.G., Torrie, J.H. 1997. Principles and procedures of statistics a biomedical approach (2<sup>nd</sup> ed). New York, NY: Mc Graw Hill Book Co. New York Pp 179-180.
- Tadeo, M., Espinosa, A., Martínez, R., Téllez, C., González, I., Osorio, J., Valdivia, R., Gómez, N., Sierra, M., Caballero, F., Palafox, A., Rodríguez, F. 2007. Maize seed production and plant breeding in relation with the process teaching – learning at the National Autonomous University of Mexico (UNAM). African Crop Science Conference Proceedings, African Crop Science Society 8: 19-22
- 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.
- Tovar, J., Bello-Pérez, L.A., Osorio-Díaz, P., Rendón-Villalobos, R. 2006. Almidón resistente: caracterización y métodos de análisis. In Lajolo FM, Wenzel de Menezes E (Eds.) *Carbohidratos en Alimentos Regionales Latinoamericanos*. Universidade de São Paulo, Brazil 65-88.
- 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.
- Vazquez-Carrillo, M.J., Pérez-Camarillo, J.P., Hernandez-Casillas, J.M., Marrufo-Díaz, M.L., Martínez-Ruiz E. 2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del antiplano y valle del mezquital, México. *Rev.Fitotec. Méx.* 33:49-56.