

RENDIMIENTO, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PRODUCCIÓN DE GAS *in vitro* DE 13 VARIEDADES DE MAÍZ HÍBRIDO
EN FRESCO Y HENIFICADO

Temas selectos en la **INNOVACIÓN** de las **Ciencias Agropecuarias**

Martha Lidya Salgado Siclán / Adriana Villanueva Carbajal / Adriana del Carmen Gutiérrez Castillo
William Gómez Demetrio / Felipe López González / José Enrique Jaimes Arriaga



Director Editorial
Marcelo Grillo Giannetto
mgrillo@alfaomega.com.mx

Jefe de Ediciones
Francisco Javier Rodríguez Cruz
jrodriguez@alfaomega.com.mx

Ciencias Agropecuarias
Gómez Demetrio William;
Gutiérrez Castillo Adriana del Carmen;
López González Felipe;
Jaimes Arriaga José Enrique;
Salgado Siclan Martha Lidya
Villanueva Carbajal Adriana

Datos catalográficos
Gómez Demetrio William; Gutiérrez Castillo Adriana del Carmen; López González Felipe;
Jaimes Arriaga José Enrique; Salgado Siclan Martha Lidya; Villanueva Carbajal Adriana

Temas selectos en la innovación de las ciencias agropecuarias

Primera Edición

Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México

ISBN: 978-607-538-411-5

Formato: 17 x 23 cm 728 Páginas

I. Agricultura 2. Desarrollo rural I. Salgado Siclan Martha Lidya II. Villanueva Carbajal
Adriana III. Gutiérrez Castillo Adriana del Carmen IV. Gómez Demetrio William V. López
González Felipe VI. Jaimes Arriaga José Enrique.

LC: S165 E87 Dewey: 338.10972021 E87

Derechos reservados © Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México

Primera edición: Alfaomega Grupo Editor, México, 2019

© 2019 Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. México

Dr. Isidoro Olvera (Eje 2 sur) No. 74, Col. Doctores, C.P. 06720, Cuauhtémoc, Ciudad de México

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana
Registro No. 2317

Pág. Web: <http://www.alfaomega.com.mx>
E-mail: atencionalcliente@alfaomega.com.mx

ISBN: 978-607-538-411-5

Derechos reservados:

Esta obra es propiedad intelectual de su autor y los derechos de publicación en lengua española han sido legalmente transferidos al editor. Prohibida su reproducción parcial o total por cualquier medio sin permiso por escrito del propietario de los derechos del copyright.

Nota importante:

La información contenida en esta obra tiene un fin exclusivamente didáctico y, por lo tanto, no está previsto su aprovechamiento profesional o industrial. Las indicaciones técnicas y programas incluidos han sido elaborados con gran cuidado por el autor y reproducidos bajo estrictas normas de control. ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V. no será jurídicamente responsable por: errores u omisiones; daños y perjuicios que se pudieran atribuir al uso de la información comprendida en este libro, ni por la utilización indebida que pudiera dársele. Los nombres comerciales que aparecen en este libro son marcas registradas de sus propietarios y se mencionan únicamente con fines didácticos, por lo que ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A. de C.V. no asume ninguna responsabilidad por el uso que se dé a esta información, ya que no infringe ningún derecho de registro de marca. Los datos de los ejemplos y pantallas son ficticios, a no ser que se especifique lo contrario.

Edición autorizada para venta en todo el mundo.

Impreso en México. Printed in Mexico.

Empresas del grupo:

México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. – Dr. Isidoro Olvera No. 74, Col. Doctores, C.P. 06720, Cuauhtémoc, Cd. de Méx.
Tel.: (52-55) 5575-5022 – Fax: (52-55) 5575-2420 / 2490. Sin costo: 01-800-020-4396
E-mail: atencionalcliente@alfaomega.com.mx

Colombia: Alfaomega Colombiana S.A. – Calle 62 No. 20-46, Barrio San Luis, Bogotá, Colombia
Tels.: (57-1) 746 0102 / 210 0415 – E-mail: cliente@alfaomega.com.co

Chile: Alfaomega Grupo Editor, S.A. – Av. Providencia 1443. Oficina 24, Santiago, Chile.
Tel.: (56-2) 2235-4248 – Fax: (56-2) 2235-5786 – E-mail: agechile@alfaomega.cl

Argentina: Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A. – Av. Córdoba 1215 Piso 10 - C.P. 1055
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
Tel/Fax: (54-11) 4811-0887 – E-mail: ventas@alfaomegageditor.com.ar
www.alfaomegageditor.com.ar

Esta obra fue recibida por el Comité Interno de Selección de Obras de Alfaomega Grupo Editor, para su valoración en la sesión del primer semestre de 2019, se sometió al sistema de dictaminación “doble ciego” por especialistas en la materia, el resultado de ambos dictámenes fueron positivos.

TABLA DE CONTENIDO

Prefacio.....	X
Capítulo 1	
FCAgr.....	1
Caracterización preliminar de los proyectos de inversión (económicos) agropecuarios desde los ámbitos público y privado para el desarrollo social.....	13
Alternativas biológicas nativas para el control de plagas en tomate de cáscara y nopal en el Valle de Toluca	41
Análisis espacial del biocontrol de trips (Insecta: Thysanoptera) mediante el uso del depredador <i>Amblyseius swirskii</i> en el cultivo de aguacate en México.....	57
Programas para SAS e INFOSTAT para analizar una serie de experimentos en parcelas subdivididas	77
Índices de mecanización agrícola en los municipios de Toluca de Lerdo y Metepec, estado de México.....	99
Efecto de abonos orgánicos e inorgánicos en haba.....	121
Inocuidad de los productos agropecuarios	141
Nombres científicos de plantas cultivadas.....	169
Contenido de antioxidantes en cinco frutales silvestres, mediante tres metodologías.....	179
Orthospovirus, visión actual y grandes desafíos.....	201
Capítulo 2	
FMVZ.....	233
Rendimiento, composición química y producción de gas <i>in vitro</i> de 13 variedades de maíz híbrido en fresco y henificado.....	235

Rendimiento de forraje, composición química y producción de gas <i>in vitro</i> de cuatro variedades de maíz híbrido fresco y henificado	253
La brucelosis un problema de salud pública importante.....	267
Enfermedades emergentes en producción ovina en México	291
Avances y perspectiva de la utilización de ensilados de excretas pecuarias y subproductos ricos en carbohidratos solubles en la alimentación de rumiantes	307
Nutrición mineral de bovinos productores de carne en pastoreo en México.....	325
Estado mineral del ganado bovino productor de leche en pastoreo	343
La agricultura familiar y la cunicultura en México.....	365
Especias utilizadas en la dieta de animales de producción para mejorar indicadores productivos y mantener la calidad de la carne	375
Contenido nutricional y digestibilidad de nutrientes de granos de destilería desecados con solubles en la alimentación de cerdos.....	387
Alteraciones patológicas y trastornos que producen las aflatoxinas en los animales domésticos.....	399
Bioactivos en la salud, biotecnología y seguridad alimentaria	419
Mecanismos de defensa e inmunidad de la glándula mamaria en la vaca lechera.....	435
Caracterización de los ecotipos de <i>staphylococcus aureus</i> en hatos lecheros de producción familiar en el Valle de Toluca, México.....	465
Uso de antibióticos en animales de granja y compañía.....	503
Evaluación de la producción de slime y formación de biofilm de <i>staphylococcus aureus</i> aislados en vacas lecheras en el Valle de Toluca	527

RENDIMIENTO, COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PRODUCCIÓN DE GAS *in vitro* DE 13 VARIEDADES DE MAÍZ HÍBRIDO EN FRESCO Y HENIFICADO

Lizbeth Esmeralda Robles Jiménez^{1,3}, Lucero Romualdo Romualdo¹, Octavio Castelan Ortega¹, Jorge Osorio Avalos¹, Jacinto Moreno², Manuel González Ronquillo^{1*}

RESUMEN

Los objetivos del estudio fueron identificar las condiciones meteorológicas en el lugar de estudio, determinar y comparar el rendimiento (t/ha), composición química y producción de gas *in vitro* de la planta entera de 13 variedades de maíz híbrido blanco en estado fresco y henificado a 182 días de edad. Para los datos de producción de forraje se utilizó un diseño completamente al azar; mientras que para composición química y producción de gas *in vitro*, se realizó un análisis completamente al azar con arreglo factorial 13 x 2. El rendimiento en materia seca fue de 20.13 ± 4.28 t/ha; donde la variedad BUHO fue superior ($P=0.02$) o decir ($P<0.01$) con respecto a las variedades VICTORIA (47%), HID-15 (54%), HIT-9 (55%). La producción de gas *in vitro* para las variedades en estado fresco para la fracción A (ml gas/ g MS), HIT-9 y PREC-4 fueron superiores ($P<0.001$) a la variedad HIT-17, las variedades BUHO, HIT-9, PREC-7 y PREC-4 fueron superiores ($P<0.001$) en cuanto a la MSd con respecto a las variedades TRIUNFO, VICTORIA, HID-15 y H-40. Se concluye que las variedades BUHO y PREC-4 son las que presentan un mayor rendimiento y una composición química aceptable para la alimentación animal con respecto al resto de las variedades.

Palabras clave: maíz, producción de gas, estado fresco, henificado.

¹ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Nutrición. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. Estado de México. 50000

² ICAMEX, Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuicola, Forestal, Conjunto Sedagro s/n, Rancho San Lorenzo, 52140 Metepec, México

³ Programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca. Estado de México. 50000

Autor por correspondencia M González Ronquillo. email: mgr@uaemex.mx

INTRODUCCIÓN

El principal cultivo agrícola empleado para la alimentación animal en México es el maíz, del cual se producen principalmente dos variedades, que son el maíz blanco y el amarillo (Sagarpa, 2016). Uno de los principales estados productores de maíz blanco es el estado de México, donde se siembra cerca del 50% de la superficie estatal de maíz y se obtiene alrededor de 60% de la producción de la entidad (FAO, 2005). El maíz se convirtió en el modelo de mejoramiento genético, obteniendo así variedades híbridas (Polanco y Flores, 2008), con lo cual se ha mejorado su producción de grano, así como sus atributos de calidad y propiedades forrajeras (Franco-Martínez *et al.*, 2015). Con el objetivo de alimentar a los animales en época de estiaje y conservar sus propiedades nutricionales, se desarrollaron técnicas de conservación del forraje (FAO, 2017). Los métodos tradicionales para conservar los forrajes son ensilado y henificado, siendo el estado de madurez, procesos mecánicos y tamaño de corte los principales determinantes del valor nutricional (Antolín *et al.*, 2009). La técnica de producción de gas *in vitro* permite determinar la extensión y la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante el proceso fermentativo, lo cual es esencial para saber el valor nutricional del forraje (Theodorou *et al.*, 1994). Por lo cual, los objetivos del presente estudio fueron identificar las condiciones meteorológicas en el lugar, determinar y comparar el rendimiento, composición química y producción de gas *in vitro* de la planta entera de trece variedades de maíz híbrido blanco en su estado fresco y henificado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Almoloya de Juárez, estado de México (19° 14' 20" y 19° 33' 01" de latitud Norte y 99° 42' 07" y 99° 56' 13" de longitud Oeste) con lluvias en verano y una precipitación pluvial anual de 788.1 mm³, clima templado subhúmedo y una temperatura media anual de 13.5 a 30.5 °C, con una altura de 2600 m sobre el nivel del mar.

Material vegetal

Se evaluaron 13 variedades de maíz híbrido de color blanco: ACULCO, BUHO, H-40, HC-8, HID-15, HIT-7, HIT-9, HIT-11, HIT-17, PREC-4, PREC-7, TRIUNFO y VICTORIA; desarrolladas por el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), ASPROS, ASGROW y el Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Durante el proceso de siembra se fertilizó con 325 kg de urea (46% N), 195 kg de superfosfato de calcio triple (P_2O_5 48%, S 13% y Ca 13.6%) y 116 kg de cloruro de potasio (60% KCl) por ha^{-1} (150-90-70 NPK, respectivamente). La densidad de población fue de 70,000 plantas/ha; la unidad experimental tuvo una dimensión de 6903 m^2 , subdividida en 13 unidades de 83 m lineales por 0.80 m de ancho, comprendiendo 8 surcos; dejando a cada lado 10 m para salvaguardar el área experimental, con una duración de 182 días, donde se realizó barbecho en forma cruzada para quitar surcos, rastra, riego rodado y una segunda rastra, así como la aplicación de herbicidas como preemergente Primagram Gold® (Atrazina + Mataloclor) en relación con 2 L/ha y como post-emergencia Gesaprim 90® (Atrazina) a relación de 1 L/ha.

Toma de muestras

Una vez obtenido su estado masoso del grano (182 días post siembra) se realizó un sorteo al azar para la recolección de las variedades, muestreando áreas de 3 m lineales de cada unidad experimental por triplicado. Las muestras fueron recolectadas por la mañana (0800 h).

Procesamiento de muestras

En el sitio de corte se tomaron dos muestras por triplicado, la primera para análisis en fresco y la segunda para la realización del henuificado, la cual fue expuesta al sol por 20 d^{-1} hasta alcanzar un 90% de materia seca (MS) aproximadamente. Transcurrido este tiempo las muestras fueron molidas en un Molino DPM Junior (Noriega), obteniendo un tamaño de partícula de 3 a 5 cm. Para las muestras en fresco por triplicado se pesaron e identificaron.

Composición química

Se determinó el contenido de MS (60 °C, 48 h) y humedad (AOAC, 1991) para obtener el rendimiento de forraje (t/ha). Las muestras posteriormente fueron secadas (60 °C, 48 h) y molidas (1 mm de diámetro) para determinar Materia Orgánica, Proteína Cruda, Fibra Detergente Neutra y Fibra Detergente Ácida (MO, PC, FDN, FDA) mediante un espectrofotómetro de infrarrojo cercano NIRS Flex N400 (Büchi) y software NIRCAL versión 4.01 (Büchi). La concentración de energía metabolizable (EM, Mj/kg MS) y la energía neta para lactación (ENL, Mj/kg MS) se estimaron mediante las ecuaciones propuestas por Menke y Steingass (1988); $EM = 14.51 - (0.143 \times FDA)$ y $ENL = 9.14 - (0.0100 \times FDA)$, donde EM y ENL se expresan en Mj /kg MS y FDA en g/kg MS.

Producción de gas *in vitro*

Para la técnica de producción de gas *in vitro*, se utilizaron tres bovinos suizos hembras (450 ± 25 Kg), fistuladas en rumen, como donadores de líquido ruminal. Alimentados con heno de alfalfa (35%), rastrojo de maíz (35%), alimento comercial (28%), y suplemento mineral (2%) con acceso a agua *ab libitum*.

La producción de gas *in vitro* se determinó por el método propuesto por Theodorou *et al.* (1994), para lo cual se emplearon frascos de 125 ml, a los cuales se les introdujo un promedio de 800 mg MS de muestra (2 mm de diámetro) por triplicado y en tres series de incubación. Se les adicionó 90 ml de una solución buffer de incubación a cada frasco. El líquido ruminal fue filtrado en triple capa de gasa, se homogenizó en ambiente de CO₂ durante 5 min. Posteriormente se adicionó 10 ml a cada frasco para poder ser incubado en un baño de agua a 39° C. Se registró la producción de gas a las 0, 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30 h de incubación con un transductor de presión (DELTA OHM, Manometer, 8804). Para su corrección se utilizaron tres frascos sin sustrato como blancos; además de tres frascos con heno de cebada como estándar. Posterior al periodo de incubación (30 h), se liberó el gas acumulado y los residuos de la fermentación de cada frasco fueron secados (60 °C, 48 h) para calcular la proporción de MS desaparecida (MSd) y la producción de gas relativa a las 30 h (PGR, ml gas g⁻¹MS desaparecida) (González *et al.*, 1998). Los resultados de producción de gas se ajustaron a la ecuación propuesta por Francé *et al.* (1993):

$$y = A [1 - \exp(-b(t-T) - c(\sqrt{t} - \sqrt{T}))]$$

Donde: y representa la producción de gas acumulada (ml), t es el tiempo de incubación (horas), A es la asíntota de la curva (producción de gas total, ml), b (h^{-1}) y c ($h^{-1/2}$) son constantes de producción de gas, T representa el tiempo de retardo (h), que es el tiempo en que el alimento empieza a ser degradado por los microorganismos del rumen. El modelo postula que la tasa de degradación fraccional (μ , h^{-1}) no es constante, sino que varía con el tiempo a lo largo del periodo de fermentación:

$$\mu = b + c / 2 \sqrt{t} ; t \geq T$$

Análisis estadístico

Los datos de producción de forraje fueron analizados con un diseño completamente al azar, considerando a las 13 variedades como tratamientos con tres repeticiones.

$$Y_{ij} = \mu + V_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Variable de respuesta; μ = Media general; V_i = Efecto de la variedad de maíz; ε_{ij} = Error experimental.

Para los datos de composición química y producción de gas *in vitro* se usó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial de 13x2, siendo los factores la variedad ($n=13$) y el tratamiento (henificado *vs* fresco) ($n=2$), con tres repeticiones por tratamiento.

$$Y_{ij} = \mu + V_i + M_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Variable de respuesta; μ = Media general; V_i = Efecto de la variedad (13 variedades de maíz híbrido); M_j = Efecto del tratamiento: henificado *vs* fresco; ε_{ij} = Error experimental. Para los efectos principales se usó un diseño completamente al azar, considerando el estado fresco y henificado como tratamiento. La información fue computada mediante un análisis de varianza con el programa SAS (1999). Los promedios de cada variable ($P < 0.05$) se compararon con la prueba de Tukey (Steel *et al.*, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones meteorológicas del lugar de estudio se muestran en la figura 2.1. Donde las temperaturas ambientales oscilaron entre los 26 °C y 0.5 °C, siendo éstas para la máxima en rango y la mínima extemporánea, con un promedio de 3.8°C, sin embargo, las

lluvias comenzaron en el mes de mayo a septiembre mostrando una temporada de verano y una temporada seca de noviembre a febrero.

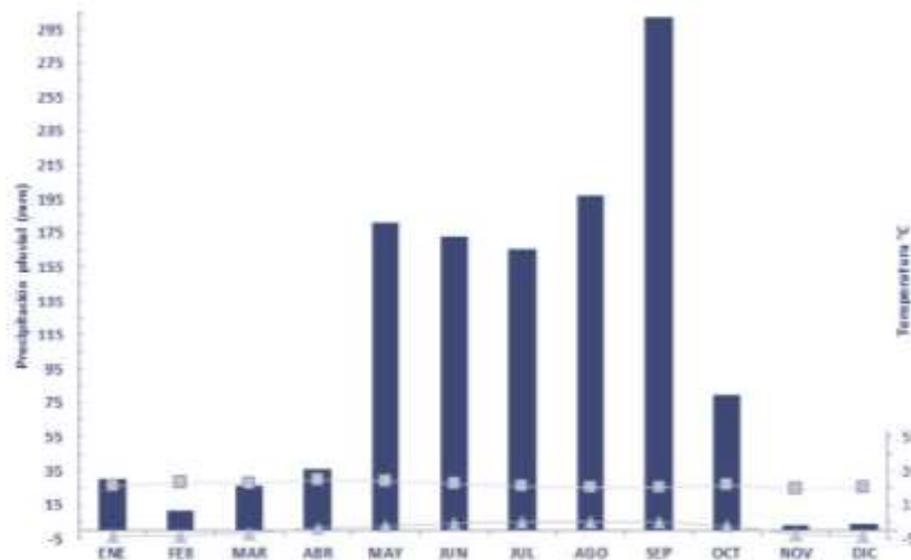


Figura 2.1 Precipitación pluvial (■), temperaturas (°C) máxima (□) y mínima (Δ) en Almoloya de Juárez, estado de México.

El rendimiento de los maíces híbridos de color blanco (tabla 1), la media de producción de forraje en materia fresca es de 60 ± 14.6 t/ha; siendo la variedad TRIUNFO la de mayor rendimiento ($P < 0.001$). En cuanto a materia seca la media es de 20.13 ± 4.28 t/ha; donde la variedad BUHO fue superior ($P = 0.02$) con respecto a las variedades VICTORIA, HID-15, HIT-9 las cuales muestran un 47, 54 y 55% menor con respecto a la variedad BUHO respectivamente; para el resto de las variedades no muestran diferencias entre ellas ($P > 0.05$). La producción de forraje (t MS/ha) va a depender de una serie de factores, dentro de los más importantes está la variedad genética del maíz (Antolín *et al.*, 2009). Cabrales *et al.* (2007) obtuvieron rendimientos superiores en Materia Fresca (MF), pero inferiores en MS con respecto al presente estudio, sin embargo Peña *et al.* (2003) obtuvieron rendimientos similares a los del presente estudio en MS a 115 ± 15 días de corte en variedades de maíz híbrido con alta producción de forraje y grano. Lo anterior indica que los maíces evaluados presentan variabilidad en su rendimiento en MS debido a su estado de madurez y ciclo vegetativo (Núñez *et al.*, 2003), ya que los híbridos evaluados fueron procesa-

dos a los 182 días post siembra y la variación de ciclos vegetativos entre híbridos va desde precoz, intermedio y tardío; además de que también es afectado por factores de manejo, como la fecha de siembra, densidad de plantas y fertilización. Los días o unidades calor a cosecha al avanzar el estado de madurez se correlaciona negativamente con la producción de forraje verde y positivamente con el contenido de materia seca (Núñez *et al.*, 2005).

Tabla 1 Rendimiento en materia fresca (MF) y materia seca (MS t/ha) de variedades de maíz híbrido de valles altos

Variedad	MF	MS
TRIUNFO	96.6 ^a	27.7 ^{ab}
VICTORIA	72.3 ^{ab}	19.2 ^b
HIT17	69.3 ^{abc}	21.7 ^{ab}
ACULCO	68.7 ^{abc}	21.8 ^{ab}
H40	68.3 ^{abc}	21.3 ^{ab}
HIT7	68.2 ^{abc}	23.0 ^{ab}
HID15	60.9 ^{bc}	16.6 ^b
BUHO	59.2 ^{bc}	36.2 ^a
HIT11	49.9 ^{bc}	26.4 ^{ab}
PREC7	48.5 ^{bc}	27.2 ^{ab}
HC8	44.9 ^{bc}	23.2 ^{ab}
HIT9	41.4 ^{bc}	16.4 ^b
PREC4	37.6 ^c	20.0 ^{ab}
EEM	6.67	3.39
P<	0.0001	0.0203

^{abc} Diferente letra en una columna son significativamente diferentes (P<0.05). EEM=Error Estándar de la media.

En la tabla 2 se presenta la composición química y el contenido de energía de los maíces híbridos, las variedades en estado fresco presentan una concentración de PC para las variedades BUHO, H-40, HID-15, HIT-17, HIT-9 y VICTORIA superior ($P < 0.001$) con respecto a las variedades ACULCO, PREC-7 y TRIUNFO. HIT-7, HIT-11 e HIT-9 obtuvieron concentraciones superiores de MO ($P < 0.001$) con respecto a la variedad VICTORIA y H-40. En cuanto al contenido de FND, todas las variedades muestran diferencias entre ellas ($P < 0.001$), las variedades H-40 y PREC-4 obtuvieron la mayor concentración, mientras que la variedad HIT-9 fue menor. Las variedades BUHO, PREC-7 H-40, TRIUNFO fueron superiores en FAD con respecto al resto de las variedades ($P < 0.001$). El contenido de EM fue superior ($P < 0.001$) para las variedades ACULCO, HIT-11 e HIT-9 con respecto a las variedades TRIUNFO, H-40, BUHO y PREC-4; en cuanto a la ENL las variedades ACULCO, HIT-11, HIT-9 y PREC-4 fueron superiores a TRIUNFO, H-40, AH-8 BUHO y PREC-7. El contenido de MO en la variedades henificadas fue superior a la variedad BUHO, HIT-7, PREC-7 y PREC-4 ($P < 0.001$) con respecto a las variedades VICTORIA, ACULCO, HID-15 y H-40. El contenido de PC fue superior para la variedad PREC-4 e HIT-9 ($P < 0.001$) con respecto a las variedades ACULCO, VICTORIA, TRIUNFO e HIT-17. En cuanto al contenido de FND, las variedades PREC-7, HIT-17, HID-15 y VICTORIA, obtienen valores inferiores con respecto a BUHO y PREC-4, pero superiores a las variedades HIT-7, HIT-9 y HC-8 ($P < 0.001$). Las variedades TRIUNFO, VICTORIA, HIT-17, HIT-11 y H-40 son inferiores ($P < 0.001$) en cuanto a la concentración de FAD con respecto a las variedades HID-15; mientras que HIT-7 obtuvo la menor concentración con respecto al resto de las variedades ($P < 0.001$). Los contenidos de EM y ENL para la variedad HIT-7 fue superior ($P < 0.001$) con respecto al resto, mientras que las variedades HID-15, BUHO y PREC-7 fueron las de menor concentración ($P < 0.001$).

Cuando se evaluaron los maíces por componentes principales el contenido de EM fue superior ($P < 0.001$) para las variedades ACULCO, HIT-11 e HIT-9 con respecto a las variedades TRIUNFO, H-40, BUHO y PREC-4. El contenido de FND y

FAD fueron las características más variables en el presente estudio, esto indica que, entre los maíces híbridos, en ambientes con temperaturas de 10 a 32 °C, se propicia un crecimiento y un desarrollo más acelerado en el ciclo biológico de los cultivos que pueden causar una disminución en la calidad forrajera debido al aumento en el contenido de pared celular y acumulación de lignina (Núñez *et al.*, 2001). Los genotipos más tardíos tienden a producir mayor contenido de fibra y menor digestibilidad con respecto a los genotipos precoces. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos para la variedad HIT-9 siendo ésta una variedad precoz, en los dos métodos obtuvo valores inferiores de FND y una fermentación superior; mientras que para las variedades tardías ocurrió lo contrario.

Antolín *et al.* (2009) obtienen valores inferiores en cuanto a MO, FND y FAD con respecto al presente estudio; sin embargo, en cuanto al contenido de PC es superior. Núñez *et al.* (2005) obtiene concentraciones similares en PC ($8.7 \pm 0.3\%$) y FND ($57.3 \pm 1.2\%$). Amador *et al.* (2000) mencionan que las hojas de maíz contienen mayor porcentaje de PC (20.17%) con respecto al tallo (10.8%), mazorca (13.67%) y flor (12.3%); por lo que se produce un deterioro en la concentración proteica total al usar la planta entera como forraje. Boschini y Elizondo (1994), obtienen concentraciones superiores de PC (14.96%) a los 70 días post-siembra disminuyendo conforme aumento la edad de la planta (154 días planta entera, 6.55%PC), observándose que la mayor concentración de PC se encuentra en las hojas, posteriormente en la mazorca y tallo.

Tabla 2 Composición química (g/Kg MS) y contenido de energía (Mj/Kg MS) de variedades maíz híbrido de valles altos en estado fresco y henificado

VARIETADES	MO	PC	FDN	FDA	EM	EN _i
EN FRESCO						
TRIUNFO	960 ^{bcd}	77 ^{cd}	595 ^c	351 ^{ab}	9.49 ^{cd}	5.63 ^{cd}
VICTORIA	949 ^{cd}	88 ^{abcd}	654 ^b	322 ^{def}	9.90 ^{abc}	5.92 ^{abc}
HIT17	955 ^{cde}	89 ^{abcd}	545 ^c	324 ^{cdef}	9.88 ^{abcd}	5.90 ^{abcd}

CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACULCO	957 ^{ode}	67 ^a	555 ^{de}	320 ^{ef}	9.94 ^{ab}	5.94 ^{ab}
H40	944 ^f	93 ^{ab}	689 ^a	353 ^{ab}	9.46 ^{ef}	5.60 ^{ef}
HIT7	973 ^a	85 ^{cd}	520 ^f	332 ^{cd}	9.76 ^{bcd}	5.82 ^{bcd}
HID15	955 ^{de}	90 ^{abc}	577 ^{cd}	339 ^{bcd}	9.67 ^{cde}	5.75 ^{cde}
BUHO	956 ^{cde}	94 ^a	597 ^c	367 ^a	9.26 ^f	5.46 ^f
HIT11	967 ^{ab}	84 ^{cde}	495 ^f	312 ^f	10.05 ^a	6.02 ^a
PREC7	964 ^{bc}	75 ^f	586 ^c	367 ^a	9.26 ^f	5.47 ^f
HC8	959 ^{bcd}	82 ^{def}	550 ^e	341 ^b	9.64 ^{cde}	5.73 ^{cd}
HIT9	968 ^{ab}	89 ^{abcd}	471 ^h	310 ^f	10.07 ^a	6.04 ^a
PREC4	958 ^{cde}	85 ^{bcd}	699 ^a	339 ^{bcd}	9.66 ^{cde}	6.03 ^a
EEM	1.6	1.5	4.3	3.3	0.048	0.034
P<	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
HENIFICADO						
TRIUNFO	965 ^{de}	50 ^{ef}	577 ^f	342 ^{cd}	9.62 ^{cde}	5.72 ^{de}
VICTORIA	951 ^f	48 ^f	621 ^{cd}	327 ^{def}	9.83 ^{cd}	5.86 ^{cd}
HIT17	968 ^{bcd}	53 ^{def}	599 ^{de}	344 ^{bcd}	9.59 ^{def}	5.69 ^{def}
ACULCO	961 ^f	46 ^f	580 ^e	305 ^{efgh}	10.15 ^{abc}	6.09 ^{abc}
H40	962 ^f	55 ^{def}	582 ^e	349 ^{bcd}	9.52 ^{efg}	5.65 ^{def}
HIT7	971 ^{abc}	64 ^{cdef}	533 ^f	292 ^h	10.34 ^a	6.22 ^a
HID15	963 ^{ef}	64 ^{bcd}	614 ^d	376 ^a	9.13 ^g	5.38 ^g
BUHO	975 ^a	71 ^{bc}	666 ^{ab}	367 ^{ab}	9.26 ^{fg}	5.47 ^{fg}
HIT11	969 ^{bcd}	63 ^{bcd}	579 ^e	328 ^{de}	9.82 ^{cd}	5.86 ^{cd}
PREC7	971 ^{abc}	58 ^{cdef}	644 ^{ab}	359 ^{abc}	9.37 ^{efg}	5.54 ^{efg}
HC8	970 ^{bc}	66 ^{bcd}	515 ^f	304 ^{efgh}	10.16 ^{abc}	6.09 ^{abc}
HIT9	968 ^{cd}	73 ^{ab}	520 ^f	297 ^{gh}	10.16 ^{abc}	6.17 ^{ab}
PREC4	973 ^{ab}	86 ^a	678 ^a	317 ^{fgh}	9.98 ^{bc}	5.97 ^{bc}
EEM	0.9	2.8	4.9	4.5	0.065	0.045
P<	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
MÉTODO						
FRESCO	969 ^b	84 ^a	579 ^b	337 ^a	9.69 ^b	5.77 ^b
HENIFICADO	967 ^a	61 ^b	593 ^a	331 ^b	9.77 ^a	5.83 ^a
EEM	0.4	0.6	1.3	1.1	0.016	0.011
P<	0.0001	0.0001	0.0001	0.0013	0.0012	0.0014

^{abcdetgh} Diferente letra en una columna son significativamente diferentes (P<0.05). MO=Materia Orgánica, PC=Proteína Cruda, FND= Fibra Detergente Neutro, FDA= Fibra Detergente Ácido, EM=Energía de Mantenimiento; ENL =Energía Neta de Lactación; EEM= Error Estándar de la media.

La producción de gas *in vitro* (tabla 3) para las variedades en estado fresco para la fracción A (ml gas/ g MS), HIT-9 y PREC-4 fueron superiores ($P < 0.002$) a la variedad HIT-17. La fracción "b" no mostró diferencias entre variedades ($P > 0.338$). En cuanto a la fracción "c" las variedades VICTORIA, HID-15 y H-40 fueron superiores ($P < 0.001$) con respecto al resto de las variedades. La fracción Lag Time superior ($P < 0.001$) la variedad BUHO con respecto a VICTORIA; las variedades HID-15 y H-40 fueron inferiores ($P < 0.001$) a la variedad PREC-7.

Las variedades BUHO, HIT-9, PREC-7 y PREC-4 fueron superiores ($P < 0.001$) en cuanto a la MSd con respecto a las variedades TRIUNFO, VICTORIA, HID-15 y H-40. En cuanto a las variedades henificadas, no hubo diferencias entre variedades para la fracción "A" ($P > 0.93$), "b" ($P > 0.912$), "c" ($P > 0.2351$) y Lag Time ($P > 0.142$). Para la MSd la variedad HIT-9 fue superior ($P < 0.001$) a las variedades HID-15, HIT-11 y TRIUNFO. La variedad HIT-11 fue superior ($P < 0.002$) a la variedad PREC-4 en cuanto a la PGR. El efecto del estado fresco sobre la producción de gas *in vitro* obtuvo valores superiores en la fracción "b" ($P < 0.02$) y MSd (0.001) sobre el henificado; mientras que el henificado fue superior al fresco en la fracción "c" ($P < 0.001$) y PGR ($P = 0.001$); en la fracción "A" ($P > 0.133$) y Lag Time ($P > 0.524$) no hubo diferencias entre métodos.

Tabla 3 Parámetros de producción de gas *in vitro* (ml gas g-1 MS) obtenidos de la incubación y digestibilidad de variedades de maíz híbrido de valles altos en estado fresco y henificado

VARIETADES	A ^a	b	c	Lag time	MSd	PGR
EN FRESCO						
TRIUNFO	270 ^{ab}	0.082	0.131 ^{cd}	2.6 ^{abc}	48 ^d	460 ^{ab}
VICTORIA	284 ^{ab}	0.073	0.095 ^a	1.7 ^c	49 ^d	469 ^a
HIT-17	249 ^b	0.087	0.144 ^d	2.7 ^{abc}	52 ^{bcd}	401 ^{bc}
ACULCO	317 ^{ab}	0.081	0.127 ^{bcd}	2.5 ^{abc}	57 ^{abcd}	458 ^{ab}
H-40	264 ^{ab}	0.077	0.102 ^{ab}	1.8 ^{bc}	47 ^d	450 ^{ab}
HIT-7	271 ^{ab}	0.082	0.140 ^d	2.9 ^{abc}	50 ^{cd}	438 ^{ab}

CIENCIAS AGROPECUARIAS

HID-15	258 ^{ab}	0.077	0.100 ^{ab}	1.7 ^{bc}	47 ^d	445 ^{ab}
BUHO	306 ^{ab}	0.075	0.140 ^d	3.4 ^a	62 ^a	375 ^c
HIT-11	281 ^{ab}	0.092	0.156 ^d	2.9 ^{abc}	53 ^{abcd}	448 ^{ab}
PREC-7	312 ^{ab}	0.079	0.141 ^d	3.1 ^{ab}	60 ^{abc}	409 ^{bc}
HC-8	298 ^{ab}	0.085	0.151 ^d	3.0 ^{abc}	53 ^{abcd}	458 ^{ab}
HIT-9	323 ^a	0.072	0.126 ^{bcd}	3.0 ^{abc}	60 ^{ab}	407 ^{bc}
PREC-4	325 ^a	0.087	0.154 ^d	3.0 ^{abc}	59 ^{abc}	445 ^{ab}
EEM	13.5	0.0055	0.0059	0.28	20.4	12.5
P<	0.0024	0.3382	0.0001	0.0017	0.0001	0.0001

HENIFICADO

TRIUNFO	295	0.070	0.092	1.7	45 ^{de}	506 ^{ab}
VICTORIA	285	0.075	0.114	2.2	47 ^{nde}	490 ^{ab}
HIT17	307	0.081	0.141	3.0	50 ^{abcd}	489 ^{ab}
ACULCO	283	0.083	0.126	3.0	48 ^{bcd}	481 ^{ab}
H40	294	0.076	0.124	2.7	50 ^{abcd}	452 ^{ab}
HIT7	308	0.071	0.114	2.5	53 ^{abc}	508 ^{ab}
HID15	280	0.073	0.126	3.0	43 ^e	550 ^{ab}
BUHO	321	0.064	0.110	3.0	51 ^{abcd}	439 ^{ab}
HIT11	301	0.072	0.101	1.9	46 ^{de}	523 ^a
PREC7	314	0.070	0.107	2.3	50 ^{abcd}	482 ^{ab}
HC8	289	0.077	0.133	3.0	53 ^{abc}	423 ^{ab}
HIT9	302	0.081	0.127	2.5	56 ^a	439 ^{ab}
PREC4	309	0.070	0.129	3.2	54 ^{ab}	421 ^b
EEM	19.2	0.0080	0.0115	0.38	14.4	20.1
P<	0.9303	0.9115	0.2351	0.1421	0.0001	0.0027

MÉTODO

FRESCO	289	0.081 ^a	0.132 ^b	2.6	539 ^a	436 ^a
HENIFICADO	299	0.074 ^b	0.118 ^a	2.6	498 ^b	470 ^b
EEM	4.6	0.0019	0.0025	0.09	5.1	4.6
P<	0.1327	0.0197	0.0005	0.5235	0.0001	0.0001

^{abcd} Diferente letra en una columna son significativamente diferentes (P<0.05). EEM= Error Estándar de la media. a= Parámetros: A= Producción de gas (ml de gas/g MS inicial); b=Tasa de fermentación (h-1); c= Tasa de fermentación (h-1/2); Lag Time= Tiempo de retardo de incubación (h-1), MSd=Materia Seca desaparecida (mg 100mg), PGR=Producción de Gas Relativa (ml gas g-1MSd).

En la comparación de las tasas fraccionales de fermentación (tabla 4) a diferentes tiempos para los efectos principales en fresco HIT-17, HIT-7, HIT-11, HC-8 y PREC 4 fueron superiores ($P=0.05$) para la tasa fraccional $\mu 6h$ con respecto a VICTORIA, H-40, HID-15 e HIT-9 no mostrando diferencias para el resto de las tasas fraccionales en fresco y henificado en cuanto al método de conservación el estado fresco fue superior ($P<0.01$) a las diferentes tasas fraccionales, siendo superior el fresco ($P>0.01$) con respecto al henificado con una disminución conforme se incrementa el tiempo de la tasa fraccional. La digestibilidad del maíz se encuentra influenciada por el contenido de grano presente y por la calidad nutritiva de la planta sin elote (Hunt *et al.*, 1992), se considera que los híbridos altamente productores de grano son también los mejores en calidad forrajera (Allen *et al.*, 1991). Los híbridos precoces obtienen mayor grado de digestibilidad debido al porcentaje de mazorcas (Núñez *et al.*, 2003). La concentración de FDN aumenta principalmente en hojas y tallos y su digestibilidad disminuye al avanzar el estado de madurez (Núñez *et al.*, 2005). En cuanto a los ritmos fraccionales de fermentación, el estado fresco posee menor cantidad de fibras por lo que lo hace más digestible a menor tiempo.

Tabla 4 Tasas fraccionales de fermentación a diferentes tiempos de trece variedades de maíz híbrido en fresco y henificado

VARIEDADES	$\mu 6 h$	$\mu 12 h$	$\mu 24 h$
EN FRESCO			
TRIUNFO	0.1086 ^{ab}	0.1008	0.0967
VICTORIA	0.0924 ^b	0.0868	0.0828
HIT-17	0.1165 ^a	0.1779	0.1019
ACULCO	0.1061 ^{ab}	0.0985	0.0931
H-40	0.0982 ^b	0.0921	0.0878
HIT-7	0.1111 ^a	0.1027	0.0967
HID-15	0.0970 ^b	0.0910	0.0868
BUHO	0.1035 ^{ab}	0.0951	0.0892
HIT-11	0.1238 ^a	0.1144	0.1078

CIENCIAS AGROPECUARIAS

PREC-7	0.1077 ^{ab}	0.0992	0.0932
HC-8	0.1163 ^a	0.1072	0.1008
HIT-9	0.0978 ^b	0.0903	0.0849
PREC-4	0.1190 ^a	0.1098	0.1032
EEM	0.0062	0.0060	0.0058
P<	0.0516	0.0690	0.1160
HENIFICADO			
TRIUNFO	0.0893	0.0838	0.0799
VICTORIA	0.0981	0.0913	0.0865
HIT-17	0.1096	0.1012	0.0952
ACULCO	0.1077	0.1006	0.0956
H-40	0.1014	0.0940	0.0887
HIT-7	0.0945	0.0877	0.0829
HID-15	0.0988	0.0912	0.0859
BUHO	0.0863	0.0797	0.0751
HIT-11	0.0928	0.0868	0.0824
PREC-7	0.0922	0.0858	0.0813
HC-8	0.1044	0.0964	0.0908
HIT-9	0.1073	0.0997	0.0943
PREC-4	0.0959	0.0882	0.0827
EEM	0.0097	0.0092	0.0088
P<	0.8429	0.0673	0.8829
MÉTODO			
FRESCO	0.1075 ^a	0.0997 ^a	0.0941 ^a
HENIFICADO	0.0983 ^b	0.0913 ^b	0.0863 ^b
EEM	0.0022	0.0021	0.0020
P<	0.0060	0.0081	0.0101

* Diferente letra en una columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$). EEM= Error Estándar de la media

CONCLUSIÓN

El tiempo de corte fue el principal factor que determinó la variación entre variedades en cuanto a su rendimiento, composición química y producción de gas, siendo las variedades BUHO y PREC-4 las que presentan un mayor rendimiento y una composición química aceptable para la alimentación animal con respecto al resto de las variedades.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por UAEM 4335/2017, la M en C Lucero Romulado y la M en C Lizbeth E. Robles Jiménez, que disfrutaron de la beca del Conacyt para sus estudios de posgrado.

LITERATURA CITADA

- Amador, R. A. L., Boschini, F. C. (2000). Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agron Mesoam.* 11(1):171-177.
- Antolín, D. M., González R. 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, *Téc Pecu Méx.* 47(4):413-423.
- Allen, M., O'Neil, K. A., Main, D.G., Beck, J. (1991). Relationship among yield and quality traits of corn hybrids for silage. *J Dairy Sci.* 74 (supl 1):221.
- AOAC. (1991). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol. 15th, ed. *Association of Official Analytical Chemist Washington, D. C. USA.*
- Boschini, C., Elizondo, J. (2004). Desarrollo productivo y cualitativo de maíz híbrido para ensilaje. *Agron Mesoam.* 15 (1):31-37
- Cabrales, R., Montoya, R., Rivera, J. (2007). Evaluación agronómica de 25 genotipos de maíz (*Zea maíz*) con fines forrajeros en el valle del Sinú medio. *Rev MVZ Córdoba.* 12(2): 1054-1060.
- France, J., Dhanoa, M.S., Theodorou, M.K., Lister, S.J., Davies, D.R., Isac, D. (1993). A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feeds. *J Theor Biol.* 163: 99-111.
- Franco-Martínez, J. R. P., 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. *Rev Mexi Cienc Agríc.* 6 (8): 1915-1927
- FAO. (2005). "Maíz para Guatemala. Propuesta para la reactivación de la cadena agroalimentaria del maíz blanco y amarillo". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Representación en Guatemala.
- FAO. (2017). Producción animal. <http://www.fao.org/animal-production/es/> .8-02-2018
- González, R. 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. *Anim Feed Sci Technol.* (72):19-35.
- Hunt, C. W., Kezar, W., Hinman, D.D., Vinande, R. (1992). Yield chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. *J Prod Agric.* (5):286-290.
- Núñez, H. G., Faz, C. R., Tovar, G. M. R., Zavala G. A. (2001). Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Téc Pec Méx.* 39(2): 77-88.
- 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. *Téc Pec Méx.* 41(1): 37-48.
- Núñez, H. G., Faz C. R., González C. F., Peña R. A. (2005). Effect of stage of maturity of maize hybrids at harvest time to improve forage production and quality. *Téc Pec Méx.* 43(1)69-78.
- Martínez, G. M. I., Gaytán, B. R., Reyes, M. L., Mayek, P. N., Padilla, R. J. S., Luna F. M. (2006). Rentabilidad de las generaciones F1, F2 y F3 de híbridos de maíz. *Agrociencia.* 40(5):677-685.
- Menke, K. H., Steingass, H. (1988). Stimulation of the energy fed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim Res Dev.* (28):7-12.
- Peña, R. A., Núñez, H. G., González, C. F. (2003). Importance of the stover and ear of corn population in the genetic improvement of forage quality. *Téc Pec Méx.* 4:63-74.
- Polanco, J. A., Flores, M. T. (2008). Bases para una política de I&D e innovación de la cadena del valor del maíz. *1ra ed. Foro consultivo científico y tecnológico, México, México.*
- SAGARPA- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2016). Escenario base 09-18. Proyecciones para el sector agropecuario de México. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Escenariobase09.pdf>
- SAS. (1999). Statistical Analysis System Institute. User's Guide: Statistics version 8, Cary, NC. USA.
- Steel, R. G. D., Torrie, J. H. (1997). *Principles and procedures of statistics a biomedical approach.* 2th ed. New York. Mc Graw Hill Book Co.

Theodorou, M.K., Williams, B. A., Dhanoa, M.S., Mc Allan, A.B., France, J. (1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim Feed Sci Technol.* 48:185-197.