



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

**RENDIMIENTO, COMPOSICION QUIMICA Y
PRODUCCION DE GAS *IN VITRO* DE MAICES
HIBRIDOS**

ARTÍCULO ESPECIALIZADO PARA PUBLICAR EN
REVISTA INDIZADA

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE MÉDICO
VETERINARIO ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A :

OCTAVIO CRUZALTA ROMERO

ASESORES:

Dr. Manuel González Ronquillo



Campus Universitario "El Cerrillo" Mpio. De Toluca, Edo. De
México. Abril de 2017

TITULO

**RENDIMIENTO, COMPOSICION QUIMICA Y PRODUCCION DE GAS *IN VITRO* DE
MAICES HIBRIDOS**

AGRADECIMIENTOS

A DIOS PADRE. Por darme la oportunidad de llegar hasta este momento tan esperado y tan deseado durante tanto tiempo, por darme la esperanza y la fortaleza para levantarme después de tantas caídas, por llenarme de bendiciones y guiar mis pasos a su debido tiempo y por poner en mi camino a personas que me aprecian y que se interesan por mis ideales y mis sueños.

A MI AMIGO Y COMPAÑERO DR. MANUEL GONZALEZ RONQUILLO. Por su apoyo incondicional, por su valioso tiempo y por compartir conmigo sus amplios conocimientos, ¡por tu paciencia muchas gracias!.

A MI QUERIDA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA. Que en su momento me arropó como a uno más de sus hijos, me preparó para enfrentarme a la vida, me dio las herramientas necesarias para desempeñarme haciendo lo que más me gusta y por seguir abriéndome las puertas de sus aulas, siempre con una sonrisa de su personal.

DEDICATORIAS

A MI ESPOSA NORMA ELENA RAMIREZ. Quien ha sido mi acompañante durante tantos años, siempre impulsándome, por compartir tantos momentos difíciles con serenidad y con alegría los momentos de felicidad, por darme la dicha más grande, la de ser padre y por enseñarme que los sueños se pueden lograr; con todo mi amor para ti.

A MI HIJO DANIEL. A ti hijo mi gran orgullo, qué te toca caminar tu propio sendero, deseo que con este trabajo pueda darte un buen ejemplo para que tú también luches por tus metas, persigas tus sueños, nunca te des por vencido, y sigas preparándote todos los días para ser un humano triunfador.

A MI HIJA CHELITA. Mi princesa, mi excusa para regresar temprano a mi casa, mi paloma mensajera que el señor mando del cielo para hablarme de su amor, a ti dedico este trabajo para que entiendas que en esta vida hay que esforzarse y sacrificarse para obtener lo que deseamos, pidiéndole a Dios que te tome de su mano y siempre te guíe por el buen camino.

A MIS PADRES SR.EPIFANIO Y SRA.CUCA. A ustedes con mucho cariño y agradecimiento, por todos sus esfuerzos que realizaron durante mi preparación y sus oraciones que a diario elevaban pidiéndole al creador por mí, por su apoyo económico y moral, que ahora que soy padre lo valoro más.

A MI HERMANA VERO Y MI CUÑADO ARMANDO. Con dedicatoria especial para ustedes que fueron un pilar importante en mi educación, por estar siempre presente en momentos claves de mi vida, a donde quiera que estén ¡muchas gracias!, hubiera deseado dedicarles este trabajo hace mucho tiempo, antes de que iniciaran ese viaje sin regreso.

INDICE GENERAL

	Páginas
1. RESUMEN.....	6
2. ABSTRACT.....	7
3. INTRODUCCIÓN.....	8
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
CAPITULO 1. HENIFICADO.....	10
1.1 PROCESO DE HENIFICACION.....	11
1.2 TIPOS DE HENIFICACION.....	11
1.3 CARACTERISTICAS DEL HENIFICADO.....	13
CAPITULO 2. METODOS PARA EVALUAR LA DIGESTIBILIDAD DEL FORRAJE..	15
2.1 METODO <i>IN VIVO</i>	15
2.2 METODO <i>IN SITU</i> O <i>IN SACCO</i>	16
2.3 METODO <i>IN VITRO</i>	17
5. HIPÓTESIS.....	21
6. OBJETIVOS.....	22
7. JUSTIFICACIÓN.....	23
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
9. RESULTADOS.....	27
10. CONCLUSIONES.....	48
11. REFERENCIAS BIBLIÓGRAFICAS.....	49

1. 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 henificado 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 mostro diferencias entre tratamientos ($P>0.05$), en cuanto a su composición química (g/kg MS) mostraron diferencias ($P<0.05$) para proteína, donde su concentración vario de 53.5 a 73.7 g/kg MS, FND de 512 a 699 g/kg MS y FAD de 287 a 338 g/kg MS; la producción de gas *in vitro* mostro diferencias ($P<0.05$) en cuanto a tratamientos de las 3 a 18 h de incubación, no así ($P>0.05$) para las 24 y 30 h, por variedad mostro diferencias ($P<0.05$) a las 12 h siendo superior la variedad CLO80902 e inferior la variedad CML460. Se concluye que de acuerdo con los resultados obtenidos, las variedades Pioner y Hit 13 son superiores en cuanto a su composición química y fermentación *in vitro*, con respecto al resto de las variedades estudiadas.

Palabras clave: Maíz, forraje, fermentación, *in vitro*.

2. ABSTRACT

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 (g / kg DM) showed differences ($P<0.05$) for protein, where their concentration ranged from 53.5 to 73.7 g/ kg DM, NDF from 512 to 699 g / kg DM and ADF of 287 to 338 g / kg DM; The in vitro gas production showed differences ($P<0.05$) in treatments from 3 to 18 h of incubation, but not for 24 and 30 h($P> 0.05$), by variety at 12 hours showed differences ($P<0.05$), being higher the variety CLO80902 and the lower the variety CML460. It is concluded that according to the results obtained, the Pioner and Hit 13 varieties are superior in their chemical composition and in vitro fermentation, with respect to the rest of the varieties studied.

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

3. INTRODUCCIÓN

En México existe la intención de incrementar la producción de maíz de grano amarillo para subsanar la demanda y evitar la importación de diez millones de toneladas de granos (Espinosa et al 2008a, Espinosa et al 2008b, Espinosa et al. 2008c). 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 (Antolin 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 riego 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 e 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. 2006 b, 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 mientras que el 2% restante tiene aplicación industrial (Naqvi 2011).

En México se siembran 535,620 hectáreas de maíz para forraje con una producción de 11,778,483 toneladas de forraje y 7,860,705 hectáreas para producción de grano con una producción de 23,301,878 toneladas de grano (Sanchez Hernandez et al., 2011). En el Estado de México el rendimiento del grano (3.14 toneladas por hectárea) por unidad de superficie obtenidos en los ciclos agrícolas (PV – 2004 – 2006) 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 (Soto et al 2010), 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 el vuelco, Buena calidad industrial, Menor contenido de fenoles, Menor tamaño y mayor dureza del grano (Martinez 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 comparar el rendimiento, composición química y producción de gas *in vitro* del maíz criollo local con seis variedades de maíces amarillo híbridos.

4. REVISIÓN DE LITURATURA

CAPÍTULO 1. HENIFICADO

La henificación fue el primer proceso ideado por el hombre para conservar parte de los forrajes verdes, principalmente gramíneas y leguminosas, sobrantes de la época de abundancia de los pastos con el fin de utilizarlos en los meses de escases (Enrique y Reinaldo, 2006).

La hierba fresca contiene alrededor del 70 al 85% de humedad, y cuando esta se corta y se seca mediante el desecado natural al sol o métodos artificiales, se reduce a un 15-20%, pudiendo almacenarse en forma de heno sin riesgo de que se deteriore, siempre que naturalmente, se proteja de la lluvia, un heno con un 0-85% de materia seca se puede conservar sin peligro de que se fermente, la sencillez del proceso y su larga tradición convierten la henificación en uno de los principales métodos de conservación de los forrajes (Enrique y Reinaldo, 2006).

El fundamento del método se basa en que la humedad de un alimento constituye uno de los factores más importantes que influyen favorablemente en el crecimiento microbiano (bacterias y mohos) y pueden formar parte de la microflora, manteniéndose sobre las diferentes partes de las plantas, desarrollando ciertas relaciones con estas (Enrique y Reinaldo, 2006). Estos microorganismos son los responsables de las fermentaciones y enmohecimiento de los forrajes, y por lo tanto su deterioro. Al reducirse el contenido de agua de los forrajes verdes mediante la henificación u otros métodos disminuyen las condiciones favorables para el desarrollo microbiano, lo que permite que puedan almacenarse en grandes cantidades sin que se presente una fermentación pronunciada o se enmohezcan (Enrique y Reinaldo, 2006).

El éxito de este proceso de desecación se basa en la disminución rápida del contenido de agua, antes de que la respiración y la fermentación de la célula vegetal consuman las reservas nutritivas del forraje (Melgarejo *et al*, 2000). Las pérdidas en nutrientes son proporcionales a la duración del proceso y los resultados obtenidos dependen en gran parte de las condiciones climáticas que influyen en la cantidad y calidad de los forrajes y en las precipitaciones atmosféricas. En regiones secas y desérticas es posible lograr el heno fácilmente, pero en regiones húmedas y muy lluviosas la operación resulta a veces muy difícil (Enrique y Reinaldo, 2006).

1.1 PROCESO DE HENIFICACIÓN

Está compuesto por cuatro fases: corte, secado, empacado y almacenamiento (Crurch *et al.*, 2002)

CORTE.

El corte debe efectuarse en el momento en que se consigue el balance del mejor rendimiento del forraje y sus nutrientes (energía y proteína).

SECADO.

Esta fase inicia una vez cortado el forraje, se deja expuesto al sol, se recomienda realizarlo cuando las precipitaciones hayan disminuido. Si el heno no logra alcanzar el 20% de humedad en el momento de ser embalado puede sobrecalentarse.

EMPACADO.

Consiste en recoger el forraje cortado y casi seco, para reducirlo a pacas compactas. Esto se logra amarrando el forraje, ya sea de forma manual o mecánica, se pueden obtener pacas de 15 a 20 kg o rollos con un peso entre 500 y 1000 kg.

ALMACENAMIENTO.

Cuando se disponga de las pacas o los rollos se deben apilar en lugares protegidos y bien aireados.

1.2. TIPOS DE HENIFICACIÓN

Existen tres tipos de henificación: natural, semiartificial y artificial

HENIFICACIÓN NATURAL

El forraje cortado y extendido se deseca en el campo mediante la exposición al sol. Este proceso resulta económico, pero depende de las condiciones ambientales. Se deben seguir las siguientes recomendaciones:

La henificación debe realizarse de manera que el forraje no se decolore, que no pierda sus elementos nutritivos, para obtener este es necesario que las plantas se corten en un estado de madurez conveniente, que conserven la mayoría de sus hojas tallos blandos y plegadizos, color verde, que tengan la menor cantidad de materias extrañas, que estén libres de mohos y que tengan la fragancia típica del cultivo de que están hechos.

Elegir para la realización de los henificados un periodo de varios días de buen tiempo, porque la exposición a la lluvia o rocíos fuertes, pueden ocasionar pérdidas por lixiviación que reducen el valor nutritivo del heno.

Preferentemente segar por las mañanas después de que haya desaparecido el rocío, pues el agua se seca con mayor dificultad sobre la hierba y se deposita en el terreno, además las pérdidas de caroteno provitamina o precursor de la vitamina A son menores.

El área a cortar se debe adaptar a las operaciones restantes (henificación, volteo, empaçado, transporte, etc.) principalmente cuando el proceso sea totalmente mecanizado.

La altura de corte debe ser entre 15 a 20 cm, según la especie.

La exposición al sol debe ser entre 18 a 20 horas luz, es decir nunca debe exponerse el forraje al sol por más de tres días después de segado el forraje.

Cuando la parte superior del forraje aparece seca es conveniente esparcirla y voltearla, y por la tarde es preferible juntar el forraje, con el objeto de impedir que absorba humedad durante la noche, el forraje debe voltearse cada 3 a 4 horas para que se seque uniformemente hasta que alcance un 20% o menos de humedad.

HENIFICACIÓN SEMIARTIFICIAL

La duración de la henificación del forraje sobre el terreno puede reducirse mediante el procedimiento de secado complementario en el henil, es decir el heno se deseca en el campo hasta determinado contenido de humedad y posteriormente en el henil en el que se hace circular una corriente de aire a temperatura normal o caliente (Enrique y Reinaldo, 2006). A través de la masa del forraje el cual todavía contiene del 40 al 50% de humedad, el aire inyectado que pasa a

través del forraje arrastra la humedad, produciendo una desecación progresiva. El empleo de aire caliente o frío dependerá de las características de las plantas.

HENIFICACIÓN ARTIFICIAL

La industria de la deshidratación se logró establecer poco antes de 1930, pero su desarrollo tuvo lugar de 1943 a 1948. La deshidratación industrial moderna es un fenómeno técnico y económico cuya aparición en la vida contemporánea es relativamente reciente, sin embargo a causa del proceso rápido de grandes producciones de forrajes deshidratados, la misma se inserta progresivamente en la economía moderna.

Una planta de deshidratación consta de un horno alimentado con hulla, carbón o electricidad y una cámara de deshidratación en la que se somete la hierba a la acción del aire caliente (Enrique y Reinaldo, 2006).

La deshidratación artificial de la hierba por su secado rápido es el método de conservación de los forrajes que provoca menores pérdidas, reduciéndose considerablemente estas por respiración ulterior de las células vegetales, la cual no ocurre hasta que la hierba ha alcanzado el 65% de materia seca aproximadamente (Enrique y Reinaldo, 2006). Las pérdidas comprendidas en la recolección del forraje verde alcanzan generalmente del 5 al 10% de la materia seca presente en el campo. Si la deshidratación se realiza adecuadamente, no solo se conserva la valiosa proteína, sino también el caroteno.

El principio fundamental es evitar el recalentamiento gradual del forraje, provocando en cambio, una rápida evaporación del agua de los tejidos vegetales, de tal forma que la temperatura interna de las hojas y los tallos no supere los 80° C aproximadamente, a partir de los cuales se verifican fenómenos de desnaturalización de la sustancias proteicas y de otros componentes nutritivos (Enrique y Reinaldo, 2006) esto se lleva a cabo con más de 65-70°C.

1.3 CARACTERÍSTICAS DEL HENIFICADO

Olor agradable

Libre de hongos

Color verde

VENTAJAS DE LA HENIFICACIÓN

Constituye un forraje de buena calidad que puede utilizarse en épocas de escases

Fácil de manejar y suministrar a los animales

Fácil de comercializar y transportar

Pueden utilizarse los residuos de cosecha una vez que se eliminó la parte útil (vainas)

DESVENTAJAS DE LA HENIFICACIÓN

Su preparación depende de las condiciones climáticas

Si se realiza mediante métodos mecánicos y/o artificiales, se requiere de una inversión importante en equipo y maquinaria.

CAPÍTULO 2. METODOS PARA EVALUAR LA DIGESTIBILIDAD DE LOS FORRAJES

La digestibilidad (parte de un alimento que después de ser ingerido y digerido no aparece en las heces debido a su desintegración y absorción) de los forrajes puede ser determinada a través de diferentes métodos como son el método *in vivo*, el cual se encuentra limitado por la necesidad de disponer de un numero representativo de animales homogéneos, de alimento suficiente para mantenerlos y de mucho tiempo; el método *in situ* o *in sacco* (incubando el alimento en el rumen donde las fracciones que desaparecen del alimento, originalmente introducido, son las que han sido digeridas), o el método *in vitro*, el cual se emplea para simular los procesos digestivos a lo largo del tubo colocando la muestra con liquido ruminal y enzimas determinando la cantidad de gas producido, como índice de la fermentación de un alimento (Getachew *et al.*, 1998; Fondevilla y Barrios., 2001).

2.1. Método *in vivo*

La determinación de la digestibilidad de los alimentos *in vivo*, tradicionalmente se hace mediante la medición del alimento consumido y el alimento que es excretado en las heces, analizando el contenido de materia seca del alimento y posteriormente el de las heces, esta última denominada digestibilidad aparente, ya que no contempla o resta las excreciones de las células de descamación y bacterias procedentes del tubo gastrointestinal, al realizar una corrección a esta última obtendríamos lo que se denomina comúnmente “digestibilidad real de los alimentos”.

A partir de los datos de la digestibilidad *in vivo* se puede obtener diferente información del comportamiento productivo de los animales como son: ganancia diaria de peso, consumo voluntario y digestibilidad de los alimentos; y determinaciones más específicas como digestibilidad de la materia orgánica (MOd), digestibilidad de las diferentes fracciones de fibra, o realizando una corrección al considerar la excreción de orina y cuantificar su contenido de nitrógeno, se determina un balance de nitrógeno, en este caso la cantidad de nitrógeno ingerido y el excretado nos indican si el animal está reteniendo nitrógeno (balance positivo) o está perdiendo nitrógeno (balance negativo), en este caso es posible que el animal no esté cubriendo sus requerimientos mínimos de nitrógeno para mantenimiento.

Esta técnica es laboriosa, requiere de mucho tiempo para la adaptación de los animales a una ración determinada, así como grandes cantidades de alimento es inconveniente por su larga escala para evaluar el alimento (Coelho *et al.*, 1988; Carro *et al.*, 1994); sin embargo, es la que realmente determina cómo se comporta el alimento en una determinada especie animal, bajo las condiciones medioambientales y el estado fisiológico del animal.

2.2. Método *in situ* o *in sacco*

La técnica de bolsas de nylon (*in sacco*) ha sido usada por muchos años, provee información sobre el porcentaje y puntos de constituyentes de alimentos desaparecidos (Meherz y Orskov, 1997). Esta técnica provee útiles medios para estimar porcentajes de desaparición y degradabilidad de los constituyentes de los alimentos. La desventaja de este método es que solo un pequeño número de muestras de alimentos pueden ser valoradas en un tiempo, y también requiere de un mínimo de tres animales fistulados y provistos de una cánula ruminal para considerar las variaciones debido a los animales. Esta técnica es laboriosa debido a la gran cantidad de muestras que se necesitan, los errores en los valores obtenidos son debidos principalmente a que es una determinación gravimétrica (la variación de la digestión por una pérdida de peso), que distorsiona los resultados, así como debido a la adherencia de microorganismos (para el caso de PDR), Dewhursts *et al.*, (1995) compararon la técnica de bolsas de nylon con la técnica *in vitro* de Tilley y Terry (1963), los cuales mencionan que las bolsas de nylon estiman en exceso la fermentación, la estimación excesiva está fuertemente relacionada con la composición de los carbohidratos de la dieta, particularmente en un tiempo corto de incubación que sugiere que la principal causa es una rápida fermentación (fracción “a”). En otros indican la posible subestimación de la pérdida (Orskov y Ryle, 1990) de materia seca de las bolsas de nylon en periodos de incubación temprana debido a la adherencia de microorganismos (bacterias asociadas a la fracción sólida, BAS). Ambos métodos: *in vitro* (Tilley y Terry, 1963), e *in sacco* (Mehrez y Orskov, 1997), están basados en la determinación de residuos, y muchos resultados están sobreestimados en la digestibilidad de la materia seca del alimento que son ricos en taninos (polifenoles) (Makkar *et al.*, 1993), u otros compuestos que afectan la degradabilidad, debido a estas consideraciones, Menke y Stengass (1998), desarrollaron un método que permite estimar la fermentación de los alimentos en función de la producción de gas que liberen la interacción de las bacterias y por lo tanto conocer de manera indirecta la degradación y fermentación.

2.3. Método *in vitro*

Los métodos *in vitro* tienen la ventaja de utilizar un mayor número de alimentos y repeticiones de los mismos, además, el mantenimiento de las condiciones experimentales permiten controlar una serie de factores intrínsecos (ejemplo: eliminar el efecto animal).

Las técnicas *in vitro* más utilizadas son: El método de Tilley y Terry (1963), el método de producción de gas (Menke y Steingass, 1988; Theodorou *et al.*, 1994) y actualmente el digestor Daisy.

Un eficiente método de laboratorio puede ser reproducible y correlacionarse con las medidas de parámetros *in vivo* (Getachew *et al.*, 1998). La técnica de Tilley y Terry (1963) se vuelven un importante instrumento para evaluar los alimentos para rumiantes y son ampliamente usados, particularmente cuando se requieren pruebas de alimentación a gran escala; es empleado en muchos laboratorios para la evaluación de forrajes e involucra dos etapas, en el cual, los forrajes son sometidos a una fermentación de 48 horas en solución buffer que contiene líquido ruminal y saliva artificial, seguido por 48 horas de digestión con pepsina en una solución ácida. El método fue modificado por Goering y Van Soest (1970), en el que el residuo después de 48 horas de incubación es tratado con una solución neutro detergente para estimar la materia seca verdaderamente digestible (MSVD). Aunque el método de Tilley y Terry (1963) ha sido extensivamente validado con valores *in vitro* (Van Soest, 1994), los métodos aparecen con desventajas, es laborioso, la técnica no provee información de la cinética de digestión del forraje, ya que únicamente podemos determinar la degradabilidad en un solo tiempo, y el alimento presente en el rumen se degrada en diferentes tiempos en función de la actividad bacteriana y la naturaleza del alimento a incubar, la determinación de los residuos es gravimétrica, por lo tanto es necesario un número de réplicas que permitan obtener un valor promedio.

El sistema Daisy este sistema permite simplificar el proceso de medición de la degradación del alimento y consiste en una cámara aislada con temperatura controlada (39°C) y cuatro jarras independientes que giran permanentemente durante el proceso. Cada jarra permite la incubación de 25 muestras que están en contacto con una solución tampón y líquido ruminal. Las muestras son incubadas en bolsas de poliéster/polietileno y se asume que el material que desaparece de la bolsa es digerido. Diferentes autores reportan que las predicciones de digestibilidad aparente y

verdaderas realizadas por este sistema son relativamente precisas (Vogel *et al.*, 1999). Por otra parte Mould y Nordheim (1998) adaptaron esta técnica para estimar además la tasa de degradación de la materia seca y otras fracciones de los alimentos, retirando bolsas de los frascos a diferentes tiempos de incubación.

Otra técnica, es la producción de gas (GP), desarrollada originalmente por Menke y Steingass (1988), es básicamente el resultado de la fermentación de los carbohidratos y la producción de ácidos grasos volátiles (acético, propionico y butírico), y gases CO₂ y CH₄. La producción de gas por la fermentación de proteína es relativamente menor en comparación con la fermentación de carbohidratos (Getachew *et al.*, 1998).

Las técnicas para medir la producción de gas han sido usadas para evaluar el valor nutritivo de los alimentos, el gas producido provee datos útiles de la digestión de fracciones solubles e insolubles de los alimentos (Getachew *et al.*, 1998). Hay dos formas para medir la fermentación microbiana de los alimentos a partir del volumen de gas producido *in vitro*: a) determina el volumen de gas producido a presión atmosférica, b) estimarlo a partir de los cambios de presión que tienen lugar en recipientes de volumen fijo (Theodorou *et al.*, 1994; Cone *et al.*, 1996).

Menke *et al.*, (1979) basaron su método en el empleo de jeringas de vidrio calibradas (100 ml) en las que se incubaba el sustrato que se debe valorar con una mezcla 1:2 de líquido ruminal y una solución compuesta por un tampón bicarbonato-fosfato, soluciones de minerales y un agente reductor, la preparación del medio se lleva a cabo en un ambiente rico en CO₂. Por otro lado, Theodorou *et al.* (1994) desarrollaron un método donde la incubación se lleva a cabo en botellas de vidrio (125 ml) provista de un tapón de goma y selladas herméticamente. Las botellas se llenan con un gramo de sustrato y 90 ml de solución de incubación (saliva Artificial) pero sin inóculo (líquido ruminal). Previo a su sellado son gasificadas con CO₂ y en un plazo no superior a 24 horas se inoculan al inyectar 10 ml de líquido ruminal por botella (Theodorou *et al.*, 1994).

Para la técnica de producción de gas, se prepara el medio de incubación con una mezcla, por orden (ml/l), agua destilada, solución de microminerales, 0.12; solución tampón, 237; resarzurina al 0.1%, 1.22 (Menke *et al.*, 1979).

Solución de micro minerales (100 ml): (13.2 g CaCl₂ x 2 H₂O) + (10 g MnCl₂ x 4 H₂O) + (1 g COCl₂ x 6 H₂O).

Solución tampón (11): (35 g NaHCO₃) + (4 g (NH₄) (HCO₃)). Solución de macro minerales (11): (5.7g Na₂ HPO₄) + (6.2 g KH₂PO₄) + (0.6 g MgSO₄ x 7 H₂O).

Resarzurina 0.1% (100 ml): 0.1g resarzurina.

Se deben mantener las soluciones en refrigeración (para la resarzurina no es necesario), posteriormente se mezclan los ingredientes y se calientan a 38°C se gasea con CO₂. Por otro lado, se colecta el líquido ruminal (líquido y sólido) con ayuda de una bomba de vacío, procedente de dos de los tres donadores, los cuales se recomienda que tengan una adaptación a una ración estándar (50:50 heno de alfalfa: paja de cebada) suplementados con 2% de minerales. Para la elaboración de la saliva artificial se adiciona el agente reductor (añadir 2 ml 1N NaOH a 47.5 ml de agua destilada, luego añadir 285 mg Na₂S-7H₂O. añadir a la mezcla de ingredientes (sin incluir líquido ruminal), y gasearla con CO₂, hasta que vire de rosa a incolora. Si hay problemas con este reductor, emplear 3% L-cisteina HCL H₂O (0.5/l medio), y en tal caso, las proporciones ml/l de las distintas soluciones serían: H₂O., solución microminerales, 0.13 ml; solución tampón, 249 ml; resarzurina, 1.28 ml. Para el caso del líquido ruminal, homogenizar la solución, gaseando con CO₂ y se filtra por dos capas de gasa (o por colador de malla y capa de gasa) y posteriormente por lana de vidrio para eliminar las partículas pequeñas de alimento y protozoarios. Cuando la mezcla de ingredientes esta incolora, añadir el líquido ruminal y dejar mezclar, agitando y burbujeando con CO₂ durante 10 minutos, posteriormente llenar los frascos y se utiliza la técnica de Theodorou *et al.*, (1994), igualando el contenido a 90 ml de solución buffer y 10 ml de líquido ruminal, cerrar la válvula, mezclar agitando e incubar en el baño a 38°C, inmediatamente después de llenar y ajustar los frascos, registrar el volumen inicial (PSI), agitar una o dos veces las primeras tres o cuatro horas. Una vez realizada la incubación debemos realizar una serie de cálculos que nos permitan conocer la producción real de la muestra incubada, para ello utilizamos un estándar (Std) (por ejemplo paja de cebada), previamente incubado y de la cual se conoce la producción de gas, además de frascos sin sustrato (blancos, blk).

CÁLCULOS

Sin estándar: se resta el valor medio de los blancos (GPblk) de cada lectura para cada hora (GPX) y se obtiene la media.

Con dos estándares: se resta los GPblk de las GPX y de los estándares, se refiere la producción de gas de ambos estándares a una cantidad de muestra fija de 800 mg MS (GPstd). Para validar la serie de incubación, se divide el valor contrastando de cada estándar con el obtenido en la serie. Si el valor frasco estándar (Fstd es mayor a 1.1 o menor de 0.9, se debe repetir la serie. Para calcular la producción de gas (GP, ml/800 mg MS)

$$GP=(GPX-GP\text{ Oh}-GP\text{blk}) \times 800 (F\text{std } 1 + F\text{std } 2)/2 \times \text{mg muestra.}$$

Una vez obtenidos los resultados, para compararlo se puede establecer la curva de degradación del alimento contra el tiempo utilizando la ecuación propuesta por Orskov y Mc Donald (1979), aunque esta última presenta sus limitaciones al asumir que la producción de gas es constante, o una modificación de la misma, fue propuesta por Khrisnamoorthy *et al.*, (1991) al eliminar la fracción rápidamente degradable (a) al asumir que las primeras horas de incubación son debidas a las bacterias y no al sustrato como tal, sin embargo un modelo que se ajusta de manera más real a la producción de gas podría ser el propuesto por France *et al.*, (1993), en el cual permite estimar que no está constante y depende del tiempo de colonización de las bacterias al sustrato. Así, a partir de la producción de gas y la composición química de los alimentos a estudio se puede estimar su contenido de energía metabolizable neta, la cantidad de MSd, MOD o las diferentes fracciones de fibra (FND; FAD) que han sido degradadas en función de la producción de gas. (ml ga/g MSd) (Menke y Steingass, 1998).

5. HIPOTESIS

Los maíces mejorados mediante la heterosis, dan como resultado un aumento en cuanto a los valores nutricionales, mayor producción en materia seca por hectárea y una eficiente fermentación y degradación del alimento, en comparación con los maíces criollos, tanto en fresco como en henificado.

6. OBJETIVOS

GENERAL

El objetivo del presente estudio fue comparar el rendimiento, composición química y producción de gas *in vitro* del maíz criollo local con seis variedades de maíces amarillo híbridos.

ESPECIFICOS

Evaluar el rendimiento, la composición química y la producción de gas *in vitro* de 6 variedades de maíces híbridos amarillos; Hit 13, CML 460, PIONER, COBRE, CDMO80001 y CLO80902 y un criollo local amarillo (CLA) cultivados en Valles Altos de México, en fresco y en heno.

Determinar la composición química en cuanto a proteína cruda (PC), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), así como la energía neta de mantenimiento (EN_m) y energía neta para lactación (EN_L) y la producción de gas *in vitro* de la planta entera de 7 variedades de maíces híbridos amarillos en fresco y heno.

7. JUSTIFICACION

La evidente competencia que representa el consumo del grano de maíz por parte de los seres humanos y el ganado en nuestro país, ha generado el desarrollo de nuevas variedades de maíces híbridos, ideales para su producción en Valles Altos, que garanticen un incremento en su rendimiento, calidad nutricional y degradación de los forrajes, por los rumiantes, es por eso que se hace necesario la evaluación de cada uno de los aspectos antes mencionados, sin soslayar la importancia que el forraje de maíz representa para la alimentación del ganado en cualquiera de sus formas de conservación.

8. MATERIAL Y METODOS

Zona de estudio, siembra, y variedades de maíz. El estudio se realizó en Toluca, Estado de México (99°39'14" Oeste y 19°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°C, observándose 30°C como máxima y -5°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 62,500 plantas por hectárea, cada unidad experimental tuvo una dimensión de 80 m², 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 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_2 , 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_2 a $39^\circ C$, en seguida se adicionaron 10 ml de fluido ruminal a cada frasco, finalmente se introdujeron los frascos en un baño de agua a $39^\circ C$ 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 $60^\circ C$ durante 48 h para calcular la proporción de materia seca (MSd) (AOAC, 1991) 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^{-1} 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^{-1} MS inicial; b=producción total (ml gas g^{-1} 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 tratamientos (heno y fresco). La información fue computada mediante análisis de varianza con el programa SAS (1999), de acuerdo al siguiente modelo estadístico.

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

Donde: Y_{ijk} = rendimiento y composición química, μ = media general, variedad_i = efecto de la variedad, metodo_j = efecto del método, la interacción $(\text{variedad} \times \text{método})_{ij}$ = 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:

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

Donde: PG_{ijk} =volumen de gas observado, μ = media general, variedad_i = efecto de la variedad i , tiempo_j =efecto del tiempo de incubación j , la interacción $(\text{variedad} \times \text{tiempo})_{ij}$ 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).

9. RESULTADOS.

9.1 ARTICULO ENVIADO

FIGURA 1. Acuse de recibo de artículo enviado.

De: Dr. Efraín de la Cruz Lázaro <editorera1@ujat.mx>

Enviado: martes, 2 de mayo de 2017 05:43 p. m.

Para: Manuel Gonzalez Ronquillo

Asunto: [ERA] Acuse de recibo de envío

Manuel Gonzalez Ronquillo:

Gracias por enviar el manuscrito "RENDIMIENTO, COMPOSICION QUIMICA Y PRODUCCION DE GAS IN VITRO DE MAICES HIBRIDOS" a Ecosistemas y Recursos Agropecuarios. Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento de su progreso a través del proceso editorial.

URL del manuscrito:

<http://era.ujat.mx/index.php/rera/author/submission/1448>

Nombre de usuario/a: mgronquillo

En caso de dudas, contacte conmigo. Gracias por elegir esta revista para publicar su trabajo.

Dr. Efraín de la Cruz Lázaro

Ecosistemas y Recursos Agropecuarios

_____Ecosistemas y Recursos Agropecuarios

<http://era.ujat.mx>

[Ecosistemas y Recursos Agropecuarios](#)

era.ujat.mx

ECOSISTEMAS Y RECURSOS AGROPECUARIOS, Año 3, No. 9, septiembre-diciembre 2016, es una Publicación cuatrimestral editada, publicada y distribuida por la Universidad ...

RENDIMIENTO, COMPOSICION QUIMICA Y PRODUCCION DE GAS IN VITRO DE MAICES HIBRIDOS

Forage yield, chemical composition and in vitro gas production of yellow hybrid maize in Mexico

Octavio Cruzalta Romero¹, José Antonio Ruiz-Pérez², Nazario Pescador-Salas¹, Andrés Morales-Osorio³, María de Guadalupe Gutiérrez-Martínez³, Giovanna Peñuelas Rivas¹, Manuel González-Ronquillo^{1†}

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100. Toluca, estado de México. México. 50000

²Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 150, Acambay, Estado de México.

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

†Autor para correspondencia: Manuel Gonzalez-Ronquillo, Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100. Toluca, Estado de México. México. 50000. E-mail: mrg@uaemex.mx.

1
2
3
4
5
6
7

8 **Resumen**

9 El maíz es el forraje más importante en la alimentación del ganado, debido a su mayor contenido
10 de energía, sin embargo, se caracteriza por su amplia gama de variedades y la posibilidad de
11 generar una gran cantidad de productos finales. El objetivo del presente estudio fue evaluar y
12 comparar el rendimiento, composición química y producción de gas in vitro tanto en fresco como
13 henificado de un maíz criollo local amarillo y seis variedades de maíces híbridos amarillos
14 (HIT13, CML460, PIONER, COBRE, CDMO80001 y CLO80902), el rendimiento en fresco y en
15 seco no mostro diferencias entre tratamientos ($P>0.05$), en cuanto a su composición química
16 (g/kg MS) mostraron diferencias ($P<0.05$) para proteína, donde su concentración vario de 53.5 a
17 73.7 g/kg MS, FND de 512 a 699 g/kg MS y FAD de 287 a 338 g/kg MS; la producción de gas in
18 vitro mostro diferencias ($P<0.05$) en cuanto a tratamientos de las 3 a 18 h de incubación, no así
19 ($P>0.05$) para las 24 y 30 h, por variedad mostro diferencias ($P<0.05$) a las 12 h siendo superior
20 la variedad CLO80902 e inferior la variedad CML460. Se concluye que de acuerdo con los
21 resultados obtenidos, las variedades Pioneer y Hit 13 son superiores en cuanto a su composición
22 química y fermentación in vitro, con respecto al resto de las variedades estudiadas.

23 Palabras clave: Maíz, híbrido, rendimiento, composición química, producción de gas in vitro.

24 **Abstract.**

25 Maize is the most important forage in feed cattle, due to its higher energy content, however, it is
26 characterized by its wide range of varieties and the possibility of generating a large quantity of
27 final products. The objective of the present study was to evaluate and compare the forage yield,
28 chemical composition and in vitro gas production as fresh and hay of a local yellow criollo maize
29 and six varieties of yellow hybrid maize (HIT13, CML460, PIONER, COPPER, CDMO80001
30 and CLO80902), Fresh and dry yield did not show differences between treatments ($P>0.05$),
31 their chemical composition (g / kg DM) showed differences ($P<0.05$) for protein, where their
32 concentration ranged from 53.5 to 73.7 g / kg DM, NDF from 512 to 699 g / kg DM and ADF of
33 287 to 338 g / kg DM; The in vitro gas production showed differences ($P<0.05$) in treatments
34 from 3 to 18 h of incubation, but not for 24 and 30 h($P> 0.05$), by variety at 12 hours showed
35 differences ($P<0.05$), being higher the variety CLO80902 and the lower the variety CML460. It is
36 concluded that according to the results obtained, the Pioneer and Hit 13 varieties are superior in

37 their chemical composition and in vitro fermentation, with respect to the rest of the varieties
38 studied.

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

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59 **INTRODUCCIÓN**

60 En México existe la intención de incrementar la producción de maíz de grano amarillo para
61 subsanar la demanda y evitar la importación de diez millones de toneladas de granos. (Espinosa
62 et al 2008a, Espinosa et al 2008b, Espinosa et al. 2008c). El forraje de maíz es la principal fuente
63 alimentación del ganado en el centro del país, lo anterior ha conducido a implementar programas
64 para la elección de variedades de maíz con mayor valor nutritivo (Antolin et al., 2009). El
65 incremento en la demanda de forraje y la baja disponibilidad de terreno para su cultivo ha
66 requerido la búsqueda de nuevas variedades de maíces híbridos (Johnson et al., 2003; Ivan et al.,
67 2005), debido a la necesidad de maíces de mayor potencial productivo se siguen evaluando
68 híbridos de maíz amarillo que se adapten a valles altos bajo condiciones de humedad residual, así
69 como a siembras que se establecen con riesgo de auxilio y después con la ayuda de secado o bien
70 a lluvias de buen secano (buen temporal). Estos híbridos se requieren que sean de ciclos
71 intermedios o tardío y que representen rendimientos superiores a la media. En los valles altos se
72 utiliza una gran cantidad de variedades e híbridos de maíz para ensilar, sin embargo estas
73 variedades fueron generadas para producir grano, posteriormente son evaluadas para verificar con
74 base en su potencial si es factible utilizarse con fines de ensilado (Peña et al. 2006 b, Tadeo et al.
75 2007, Gonzales et al. 2008) , El maíz es el cereal más cultivado en el mundo y un 98% se emplea
76 para la alimentación mientras que el 2% restante tiene aplicación industrial (Naqvi 2011).

77 En México se siembran 535,620 hectáreas de maíz para forraje con una producción de
78 11,778,483 toneladas de forraje y 7,860,705 hectáreas para producción de grano con una
79 producción de 23,301,878 toneladas de grano (Sagarpa, 2010). En el Estado de México el
80 rendimiento del grano (3.14 toneladas por hectárea) por unidad de superficie obtenidos en los
81 ciclos agrícolas (PV – 2004 – 2006) han representado una producción insuficiente. Las
82 seiscientas mil hectáreas cultivables, de acuerdo a su altitud se dividen en tres regiones: La región
83 de Valles Altos; comprende Valle de Toluca – Atlacomulco y Jilotepec (300 mil hectáreas) donde
84 el cultivo se establece en punta de riego o temporal benigno. En la región del Valle de México
85 transición y subtropicos secos, la siembra se realiza bajo temporal limitativo. En estos ambientes
86 aún se utiliza un alto porcentaje de maíces criollos y la tecnología de producción es deficiente (
87 Soto 2010), lo anterior implica la necesidad de buscar nuevas alternativas utilizando la heterosis
88 para su incremento en el valor nutricional ya sea de forraje o del grano, que tenga las siguientes

89 características positivas: Menor variabilidad, Porte bajo e intermedio, Erectófilas, Panícula
90 pequeña, Mayor densidad de población, Alto potencial de rendimiento, Tolerantes el vuelco,
91 Buena calidad industrial, Menor contenido de fenoles, Menor tamaño y mayor dureza del grano.
92 (Martinez Rueda., 2013).

93 La técnica de producción de gas in vitro (Theodorou et al. 1994) simulando los procesos
94 digestivos que se generan a partir de la producción microbiana (Getachew, 1998) permite conocer
95 la fermentación y degradación del alimento en función de la calidad nutritiva y disponibilidad de
96 nutrientes para las bacterias. Lo anterior ayuda a identificar mejor las características nutricionales
97 de los forrajes así como su posible utilización para la alimentación de rumiantes” . El objetivo del
98 presente estudio fue comparar el rendimiento, composición química y producción de gas in vitro
99 del maíz criollo local con seis variedades de maíces amarillo híbridos.

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113 MATERIAL Y METODO

114 Zona de estudio, siembra, y variedades de maíz. El estudio se realizó en Toluca, Estado de
115 México (99°39'14" Oeste y 19°37'32" Norte), con clima clasificado como templado sub húmedo
116 con lluvias en verano, una precipitación pluvial anual de 1,000 a 1,200 mm, temperatura media
117 anual de 12 a 14°C, observándose 30°C como máxima y -5°C como mínima, y una altura de 2600
118 m sobre el nivel del mar (Estado de México, 2010).

119 Se evaluaron las variedades de maíz de color amarillo: HIT 13, CML 460-461-462, PIONER
120 1832, COBRE, CMD 080001, CL 080902, y se utilizó el criollo local (Cr-local) como testigo; las
121 cuales se sembraron el 12 de mayo. La dosis de fertilización fue 150-90-70 NPK respectivamente
122 aplicándose 50-90-70 al momento de la siembra, 50-00-00 en la primera escarda a los 45 días pos
123 siembra y 50-00-00 en la segunda escarda; La densidad de población fue de 62500 plantas por
124 hectárea, cada unidad experimental tuvo una dimensión de 80 m², que a su vez constituyó 8
125 surcos, cada uno de 10 metros lineales por 80 cm de ancho, se dejó a cada lado un metro para
126 salvaguardar el área experimental y se sembraron tres repeticiones de cada variedad. El estudio
127 tuvo una duración de 180 días, durante los cuales se realizaron escardas manuales para el control
128 de malezas, así como la aplicación de herbicidas (Dicamba 264 g/ha, Atrazina 504 g/ha), al inicio
129 de la siembra. Una vez obtenido el estado masoso del grano (180 d) se realizó la recolección de
130 las variedades.

131 Rendimiento y Composición Química. En el sitio de corte se tomaron tres muestras de cada
132 variedad de maíz, para determinar su rendimiento en materia fresca y en materia seca (ton/ ha),
133 tomando 3 m lineales por triplicado del centro de los surcos cuatro y cinco, el cual se pesó para
134 determinar el rendimiento en fresco, se tomaron 1000 gramos de la muestra en fresco y se
135 secaron en una estufa a 60°C, 48 h para determinar la cantidad de materia seca (por triplicado),
136 para el heno se dejaron secar las muestras a la intemperie durante tres días hasta que alcanzaron
137 un 80 % MS aproximadamente, para determinar el rendimiento en heno; se tomaron 1000 gramos
138 de la muestra de heno y se secaron en una estufa a 60 °C, 48 h para determinar la cantidad de
139 materia seca (MS), posteriormente las muestras fueron molidas (Molino General electric, Mod
140 5KH 390N 5525; 1 mm de diámetro), y se incineraron (550 °C, 3h) para la determinación de
141 cenizas y por diferencia su concentración en materia orgánica (MO) (AOAC, 1991); la
142 concentración de proteína (PC), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD) y

143 lignina ácido detergente (LAD) se determinó mediante espectrofotometría de infrarrojo utilizando
144 un espectrofotómetro (Buchi, NIR FLEX N400) y software NIRCAL versión 4.01 (Buchi); la
145 cantidad de energía metabolizable se determinó mediante la ecuación $EM = 14.51 - (0.143 \times ADF)$
146 y la energía neta para lactación $ENL = 9.14 - (0.0100 \times ADF)$, donde EM y ENL (Mj/kgMS) y
147 ADF(g/kg MS) (Menke y Steingass, 1988).

148 Producción de gas In Vitro. Para la técnica de producción de gas in vitro, se utilizaron dos
149 bovinos (450 ± 20 kg PV), fistulados en rumen, como donadores de fluido ruminal. La
150 producción de gas se determinó por el método propuesto por Theodorou et al. (1994), Para lo
151 cual se utilizaron frascos ámbar de 125 ml para cada muestra de forraje de maíz y método de
152 conservación por triplicado, en tres series de incubación, se introdujeron 0.8 g MS de cada una de
153 las muestras en los frascos, a los cuales posteriormente se les adicionaron 90 ml de solución
154 buffer gaseado con CO_2 , se tomaron 700 ml de líquido y 300 g de sólido del contenido ruminal
155 de cada uno de los animales y se mezcló. En el laboratorio se filtró a través de cuatro capas de
156 gasa y posteriormente por lana de vidrio, manteniéndose el líquido ruminal gaseado con CO_2 a
157 $39^\circ C$, en seguida se adicionaron 10 ml de fluido ruminal a cada frasco, finalmente se introdujeron
158 los frascos en un baño de agua a $39^\circ C$ y se procedió al registro de producción de gas a las 0, 3, 6,
159 9, 12, 18, 24 y 30 h utilizando un transductor de presión (DELTA OHM, Manometer, 8804).
160 Después del periodo de incubación (30 h) se liberó el gas acumulado y los residuos de la
161 fermentación de cada frasco fueron secados a $60^\circ C$ durante 48 h para calcular la proporción de
162 materia seca (MSd) (AOAC, 2001) y fibra neutro detergente desaparecida (FNDd) sin corrección
163 de cenizas y con alfa amilasa (Van Soest et al., 1991) y producción de gas relativa (PGR, mL gas
164 g^{-1} MS desaparecida) (González Ronquillo et al, 1998; Estrada et al., 2006).

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

$$167 \quad P_g = b(1 - e^{-ct})$$

168 Dónde: P_g =producción de gas (mL gas g^{-1} MS inicial; b =producción total (mL gas g^{-1} MS inicial);
169 c = tasa de degradación con respecto al tiempo; t =tiempo (h).

170 Análisis Estadístico. Los datos de rendimiento y composición química del forraje se analizaron
171 utilizando un diseño completamente al azar con arreglo factorial 7×2 , considerando siete

172 variedades y dos tratamientos (heno y fresco). La información fue computada mediante análisis
173 de varianza con el programa SAS (1999), de acuerdo al siguiente modelo estadístico.

$$174 Y_{ijk} = \mu + \text{variedad}_i + \text{metodo}_j + (\text{variedad} \times \text{metodo})_{ij} + e_{ijk}$$

175 Donde: Y_{ijk} = rendimiento y composición química, μ = media general, variedad_i = efecto de la
176 variedad, metodo_j = efecto del método, la interacción $(\text{variedad} \times \text{método})_{ij}$ = efecto de la variedad
177 por el método

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

$$180 PG_{ijk} = \mu + \text{variedad}_i + \text{tiempo}_j + (\text{variedad} \times \text{tiempo})_{ij} + e_{ijk}$$

181 Donde : PG_{ijk} =volumen de gas observado, μ = media general, variedad_i = efecto de la variedad i,
182 tiempo_j =efecto del tiempo de incubación j, la interacción $(\text{variedad} \times \text{tiempo})_{ij}$ el efecto de la
183 interacción entre la variedad y el tiempo de incubación.

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

186

187

188

189

190

191

192

193

194

195

196

197 **RESULTADOS**

198 Los híbridos evaluados presentaron un rendimiento (Cuadro 1) que vario de 58.75 a 90.63 ton/ha
199 de forraje en MF y de 14.1 a 23.1 toneladas en MS, los mayores rendimientos fueron para HIT 13
200 tanto en fresco como henificado no encontrándose diferencias por tratamiento y variedad
201 ($P>0.05$).

202 En cuanto a la composición química (Cuadro 1) se mostraron diferencias en el contenido de PC
203 en fresco, la variedad Cobre fue menor ($P= 0.0148$) con respecto a Pioneer y Hit13, para los
204 maíces henificados, el menor contenido de PC ($P=0.0065$) fue para CLO80001 con respecto al
205 criollo local, el contenido de FND para los maíces en fresco ($P=0.0001$) fue mayor para Cobre,
206 CML460 y CLO80001 y menor para Pioneer, con respecto a los henificados, el menor contenido
207 de FND ($P=0.0001$) fue para Pioneer, seguido por el Cr-local, siendo superiores las variedades
208 Cobre, Hit 13 y CLO80001. Los maíces frescos Cobre, CML460 y CLO80001 presentaron el
209 mayor contenido de FAD ($P=0.0001$) con respecto al Cr-local, en cuanto a los henificados,
210 fueron superiores ($P=0.0001$) las variedades Cobre, CML460, Hit13 y CLO80001 con respecto al
211 resto. En cuanto a la cantidad de EM y EN_L, fueron superiores ($P<0.0001$) las variedades Cr-local
212 y Pioneer con respecto al resto.

213 En el Cuadro 2 se aprecia la producción de gas in vitro (ml gas / g MS) acumulada, donde no se
214 observaron diferencias para la producción total de gas entre variedades en fresco ($P=0.1384$) y
215 heno ($P=0.8383$), con respecto a la fracción c, el maíz fresco CLO80001 fue superior ($P=0.0264$)
216 con respecto a la variedad Cobre, en cuanto a henificados, CDMO fue superior ($P= 0.0456$) a
217 CML460, para la fracción lag time en fresco, las variedades Pioneer, Hit13 y CLO80001 fueron
218 superiores ($P=0.0057$) a Cobre, no mostrando diferencias para los henificados ($P=0.2523$), . En
219 cuanto a la MSd para los maíces frescos las variedades Pioneer y Hit13 fueron superiores en
220 7.6 ± 0.67 puntos ($P=0.0005$) al Cr-local y CDMO, respectivamente, sin embargo para los maíces
221 henificados, la MSd fue superior ($P=0.0001$) para las variedades Cr-local y CDMO en 13.6 ± 0.05 ,
222 15.9 ± 0.05 , 16.2 ± 0.05 y 20.2 ± 0.05 puntos con respecto a las variedades CML460, Cobre,
223 CLO80001 y Hit 13 respectivamente, en cuanto la FNDD para las maíces fresco, las variedades
224 Cobre, CML460 y CLO80001 fueron superiores a Criollo amarillo, Hit 13 y CDMO y estos
225 fueron mayores con respecto a Pioneer ($P=0.0001$), con una diferencia en 13.4 y 24.3 puntos
226 respectivamente, la FNDD para los maíces henificados, las variedades Cobre, CML460, Hit13 y

227 CLO80001 fueron superiores ($P=0.0038$) en 13.3 puntos a Pioner, en cuanto a la PGR para los
228 maíces frescos la variedad criollo local fue superior ($P=0.0057$) a CML460, no mostrando
229 diferencias ($P=0.1277$) para las variedades henificadas.

230 **DISCUSIÓN**

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

238 En cuanto a su composición química el contenido de PC del presente estudio son inferiores a los
239 encontrados por Nuñez et al. (2003), Antolin et al. (2009) Ruiz Perez et al (2013) y Franco
240 (2015) quienes obtuvieron valores de 86 a 95 g PC/kg de MS, y las concentraciones de FND y
241 FAD fueron superiores a los encontrados por Antolin et al. (2009) y Ruiz Perez et al (2013),
242 siendo Pioner el que posee un menor contenido de FND y FAD similar a Ruiz Perez et al. (2013);
243 lo anterior debido principalmente al estado de madurez, ya que se cortaron en forma tardía lo que
244 ocasiona pérdida de proteína y un mayor contenido de pared celular, debido a que las variedades
245 desarrolladas para valles altos son menos susceptibles al acame y dan lugar a incrementos en las
246 concentraciones de pared celular en la hoja bandera y el tallo (Peña et al., 2002), sin embargo,
247 genotipos más tardíos tienden a producir mayor cantidad de pared celular y menor digestibilidad
248 con respecto a los precoces (Peña et al., 2002).

249 En cuanto a la cantidad de EM y EN_L , estas fueron similares a los obtenidos por Estrada et al.
250 (2006) y Ruiz Perez et al. (2013) (9.6 a 10.5 Mj EM/kg MS), pero inferiores a los mostrados por
251 Johnson et al. (2003) (11.26 a 11.93 Mj EM/kg MS); en cuanto a la concentración de EN_L los
252 valores son superiores a los encontrados por Calabro et al. (2007) (4.16 Mj EN_L /kg MS), y
253 similares a Nuñez et al. (2003) y Ruiz Perez et al. (2013) (5.02 a 6.69 Mj EN_L /kg MS), pero
254 inferiores a los encontrados por Johnson et al. (2003) (6.48 a 6.78 Mj EN_L /kg MS), en México el
255 contenido de energía en los maíces es menor que en otros países, esto se atribuye a que se ha

256 dado mayor importancia al rendimiento por hectárea que al valor nutritivo (Núñez et al., 2003) y
257 menor numero de. mazorcas por planta, lo que da como resultado una menor concentracion
258 energetica de la planta entera. En cuanto a la MSd (g/100 g MS) estas fueron superiores con
259 respecto a los encontrados por Ruiz perez et al (2013), lo anterior posiblemente debido al
260 contenido de lignina, el cual disminuye la digestibilidad..

261 En cuanto a la produccion de gas in vitro, estos resultados concuerdan con Hetta et al. (2012)
262 quienes no encontraron diferencia en la producción de gas de tres híbridos, de igual forma
263 Antolin et al. (2009), Islam et al. (2012) y Ruiz Perez et al. (2013) no encontraron diferencias en
264 la producción de gas, sin embargo Ruiz Perez et al. (2013) observa diferencias cuando se le
265 adiciona una enzima , lo que incrementa la degradacion de hemicelulosa, sin embargo Calabro et
266 al. (2005) encontraron diferencias ($P<0.05$) en la producción de gas en ensilados de maíz frescos
267 y de igual forma Franco (2015) encuentra diferecias entre varedades, siendo , esto posiblemente
268 debido a existen difenrencias en el contenido de FAD entre muestras, y esto permite que haya
269 variaciones en la fermentacion in vitro por una menor disponibilidad de hemicelulosa.

270

271

272

273

274

275

276

277

278

279

280

281 **CONCLUSIONES**

282 El rendimiento y la producción de gas in vitro no se vieron afectados por el método de
283 conservación; las diferencias en la composición química pueden estar asociadas al estado de
284 madurez de la planta y a la cantidad de grano presente, la producción de gas relativa fue mayor
285 para los maíces conservados en fresco. De acuerdo con los resultados obtenidos las variedades
286 Pioneer y Hit 13 son superiores con respecto al resto de las variedades estudiadas.

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

300

301

302

303

304 **BIBLIOGRAFIA**

- 305 Antolín DM, González Ronquillo M, Goñi CS, Domínguez VIA, Ariciaga GC (2009)
306 Rendimiento y producción de gas in vitro de maíces híbridos conservados por ensilaje o
307 henificado. *Tecnica Pecuaria en México* 47(4):413-423.
- 308 AOAC (1991) Official methods of analysis, Helrich editor., 15th ed. INC. VA, USA: Association
309 of Official Analytical Chemist. (2).
- 310 Calabro S, Cutrigneli MI, Piccolo G, Bovera F, Zicarelli F, Gazaneo MP, Infascelli F (2005) In
311 vitro fermentation kinetics of fresh and dried silage. *Animal Feed Science and Technology*.
312 123-124:129-137.
- 313 Calabro S, Tudisco R, Grossi M, Bovera F, Cutrignelli MI, Guglielmelli A, Piccolo V, Infascelli
314 F (2007) In vitro fermentation characteristics of corn and sorghum silage. *Italian Journal of*
315 *Animal Science*. 6(2):559-562.
- 316 Espinosa A, Tadeo M, Turrent A, Gómez N, Sierra M, Palafox A, Caballero F, Valdivia R,
317 Rodríguez F (2008a) El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias*.
318 *Revista de Difusión de la Facultad de Ciencias de la UNAM* 92-93:118-125.
- 319 Espinosa, A, Turrent, A, Tadeo, M, Gómez N, Sierra M, Caballero F (2008b) Importancia del uso
320 de semilla de variedades mejoradas y nativas de maíz en México. In Seefoó, JL. ed. Desde
321 los colores del maíz, una agenda para el campo mexicano. El Colegio de Michoacán I: 233-
322 255.
- 323 Espinosa A, Tadeo M, Turrent A, Sierra M, Gómez N, Palafox A, Rodríguez F, Caballero F,
324 Valdivia R, Zamudio B (2008c) Las semillas insumo fundamental para avanzar hacia
325 suficiencia alimentaria y reserva estratégica de granos. In Ramírez, A; Ramírez, B;
326 Cavalloti, B; Marcof, CF; Cesín, A. eds. Reserva estratégica de alimentos: Una alternativa
327 para el desarrollo del campo mexicano y la soberanía alimentaria. CEDRSSA-SAGARPA-
328 CP-UACH. México. p. 77-89.
- 329 Espinosa A, Tadeo M, Martínez R, Gómez N, Sierra M, Virgen J, Palafox A, Caballero F,
330 Vázquez G, Salinas Y (2009a) V53A: Variedad mejorada de polinización libre de grano

331 amarillo para Valles Altos de México. Memoria Técnica Número 10. 9a Expo Nacional de
332 Maquinaria Agrícola. INIFAP Campo Experimental Valle de México, México. p. 41-42.

333 Espinosa A, Tadeo M, Martínez R, Gómez N, Sierra M, Virgen J, Palafox A, Caballero F,
334 Vázquez G, Salinas Y (2009b) V54A: Variedad mejorada precoz de polinización libre de
335 grano amarillo para Valles Altos de México. Memoria Técnica Numero 10. 9a Expo
336 Nacional de Maquinaria Agrícola. INIFAP Campo Experimental Valle de México, México.
337 p. 43-44.

338 Espinosa A, Tadeo M, Martínez R, Gómez N, Sierra M, Virgen J, Palafox A, Caballero F,
339 Vázquez G, Salinas Y (2009c) V-55 A: Variedad mejorada de polinización libre de grano
340 amarillo para Valles Altos de México. Memoria Técnica Número 10. 9a Expo Nacional de
341 Maquinaria Agrícola. INIFAP Campo experimental Valle de México, México. p. 46-47.

342 Estado de Mexico (2010) Recuperado desde: https://es.wikipedia.org/wiki/Estado_de_México

343 Estrada Flores JG, González Ronquillo M, Mould FL, Arriaga Jordán CM, Castelán Ortega OA
344 (2006) Chemical composition and fermentation characteristics of grain and different parts
345 of the stover from maize land races harvested at different growing periods in two zones of
346 central Mexico. *Animal Science*. 82:845-852.

347 Getachew G, Blummel M, Makkar HPS, Becker K (1998) In vitro gas measuring techniques for
348 assessment of nutrition quality of feeds: a review. *Animal Feed Science and Technology*.
349 72:261-281.

350 González A, Islas J, Espinosa A, Vázquez A, Wood S (2008) Impacto económico del
351 mejoramiento genético del maíz en México: híbrido H-48. Publicación Especial No. 25.
352 INIFAP. México, D. F. 88 p.

353 Gonzalez Ronquillo M, Fondevilla M, Barrios UA, Newman Y (1998) In vitro gas production
354 from buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L). Fermentation in relation to the cutting interval, the
355 level of nitrogen fertilization and the season of growth. *Animal Feed Science and*
356 *Technology*. 72:19-35.

357 González CF, Peña RA, Nuñez HG, Jimenez GCA (2005) Efecto de la densidad y altura de corte
358 en el rendimiento y calidad del forraje de maíz; *Revista. Fitotecnia. Mexicana* 28:393-397.

359 Franco MJR, Gonzalez Huerta A, Perez Lopez DJ, Gonzalez Ronquillo M 2015
360 Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajero en Valles Altos del
361 Estado de México, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6 (8) 1915 – 1927

362 Hetta M, Mussadiq Z, Gustavsson AM, Swensson C (2012) Effects of hybrid and maturity on
363 performance and nutritive characteristics of forage maize at high latitudes, estimated using
364 the gas production technique; Animal Feed Science and Technology. 171:20-30.

365 Ivan SK, Grant RJ, Weakley D, Beck J (2005) Comparison of a corn silage hybrid with high cell-
366 wall content and digestibility with hybrid of lower cell-wall content on performance of
367 Holstein cows. Journal of Dairy Science. 88:244-254.

368 Islam MR, Garcia SC, Horadagoda A (2012) Effects of irrigation and rates and timing of nitrogen
369 fertilizer on dry matter yield, proportions of plant fractions of maize and nutritive value and
370 in vitro gas production characteristics of whole crop maize silage. Animal Feed Science and
371 Technology. 172:125-135.

372 Johnson LM, Harrison JH, Davidson D, Mahanna WC, Shinnors K (2003) Corn silage
373 management: Effects of hybrid, chop length and mechanical processing on digestion and
374 energy content. Journal of Dairy Science 86:208-231.

375 Krishnamoorthy U, Soller H, Menke KH (1991) A comparative study on rumen fermentation or
376 energy supplements in vitro. J. Anim. Phys Anim Nutr. 65:28-35.

377 <http://sedagrotecnologia.wordpress.com/tag/maiz/> (disponible 08 de diciembre 2011, Estado de
378 México 2010).

379 <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (disponible 20 de junio 2012, SAGARPA 2010).

380 Menke KH, Steingass H (1988) Stimulation of the energy fed value obtained from chemical
381 analysis and in vitro gas production using rumen fluid. Animal Research Development.
382 28:7-12.

383 Naqvi S, Koreen Ramessar, Gemma Farre., Maite Sabalza., Bruna Miralpeix., Richard M.,
384 Twyman. Teresa Capell., Changfu Zhu., Paul Christou. (2011). High-value products from
385 transgenic maize. Biotechnology Advances 29:40-53.

386 Núñez G, Faz R, Tovar GM, Zavala A (2001) Híbridos de maíz para la producción de forraje con
387 alta digestibilidad en el norte de México. *Técnica Pecuaria en México* 39:77–88.

388 Núñez G, Faz R, González F, Peña A (2005) Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para
389 mejorar la producción y calidad del forraje. *Técnica Pecuaria en México*. 43:69-78.

390 Núñez HG, Contreras GEF, Faz CR (2003) Características agronómicas y químicas importantes
391 en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Técnica Pecuaria en México*.
392 41(1):37-48.

393 Ortiz-Cereceres J, Ortega-Paczka R, Molina-Galan J, Mendoza-Rodríguez M, Mendoza-Castillo
394 C, Castillo-González F, Muñoz-Orozco A, TurrentFernández A, Kato-Yamakake TA
395 (2007) Análisis de la problemática de la producción nacional de maíz y propuestas de
396 acción. Grupo Xilonen, Universidad Autónoma Chapingo - Colegio de
397 Postgraduados Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
398 Chapingo, México. 29 p.

399 Peña RA, González F, Núñez G, Tovar R, Preciado E, Terrón A, Gómez O, Ortega A (2006a)
400 Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. *Revista. Fitotecnia*.
401 *Méxicana*. 29:109-114.

402 Peña RA, González F, Núñez G, Maciel H (2006b) Producción y calidad forrajera de híbridos
403 precoces de maíz en respuesta a fechas de siembra, nitrógeno y densidad de población.
404 *Revista Fitotecnia Mexicana*. 29(3):207-213.

405 Peña RA, Núñez HG, González CF (2002) Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación
406 entre atributos agronómicos con la calidad. *Técnica Pecuaria en México*. 40(3):215-228.

407 Peña RA, González CF, Núñez HG, Preciado OR, Terrón IA, Luna FM (2008) H-376, híbrido de
408 maíz para producción de forraje y grano en el bajío y la región norte centro de México.
409 *Revista. Fitotecnia. Mexicana*. 31(1):85-87.

410 Posada SL, y Noguera RR (2005) Técnica in vitro de producción de gases: Una herramienta para
411 la evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock. Research. Rural Development* 17:36.
412 <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd17/4/posa17036.htm>. (Consulta: febrero 2009).

413 Roma Soto (2017). [https://sedagrotecnologia.wordpress.com/2007/11/13/proyectos-de-](https://sedagrotecnologia.wordpress.com/2007/11/13/proyectos-de-investigacion-y-transferencia-de-tecnologia-de-maiz-en-el-estado-de-mexico/)
414 [investigacion-y-transferencia-de-tecnologia-de-maiz-en-el-estado-de-mexico/](https://sedagrotecnologia.wordpress.com/2007/11/13/proyectos-de-investigacion-y-transferencia-de-tecnologia-de-maiz-en-el-estado-de-mexico/)

415 Ruiz PJA, Ortiz RA, Peñuelas-Rivas G, Morales OA, Gutierrez MG, Pescador SN, González-
416 Ronquillo M (2013) Effect of the Addition of Enzymes on Chemical Composition and In
417 Vitro Gas Production of Hybrid Maize Varieties Preserved by Silage in the Highlands.
418 *Animal Nutrition and Feed Technology* 13: 575-582

419 SAS Statistical Analysis system Institute. (1999). User's Guide: Statistics version 8, Cary, NC.
420 USA.

421 Steel RG, Torrie JH (1997) Principles and procedures of statistics a biomedical approach (2nd
422 ed). New York, NY: Mc Graw Hill Book Co.

423 Theodorou MK, Williams BA, Dhanoa MS, McAllan AB, France J (1994) A simple gas
424 production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of
425 ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48:185-197.

426 Tadeo M, Espinosa A, Martínez R, Téllez C, González I, Osorio J, Valdivia R, Gómez N, Sierra
427 M, Caballero F, Palafox A, Rodríguez F (2007) Maize seed production and plant breeding
428 in relation with the process teaching – learning at the National Autonomous University of
429 Mexico (UNAM). *African Crop Science Conference Proceedings, African Crop Science*
430 *Society* 8:19-22

431 Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber,
432 and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*
433 74:3583-3597.

Cuadro 1 Rendimiento (ton MF y MS/ha) y composición química (g/kg MS) de variedades de maíces amarillos.

	Criollo local	Cobre	CML46 0	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
Energia, Mj/Kg MS									
¹ EM	10.24 ^d	9.62 ^e	9.56 ^e	10.06 ^d	9.60 ^e	9.59 ^e	9.90 ^{de}	0.09	0.0001
² EN	6.15 ^d	5.72 ^e	5.68 ^e	6.03 ^d	5.70 ^e	5.70 ^e	5.92 ^{de}	0.06	0.0001
Composición química de maíces en fresco, g/kg de MS									
MO	92.97 ^h	94.39 ^{ef}	93.44 ^{gh}	95.62 ^d	94.84 ^{de}	96.02 ^d	94.15 ^{efg}	0.21	0.0002
PC	59.10 ^{de}	47.87 ^e	56.53 ^{de}	69.71 ^d	69.24 ^d	56.03 ^{de}	58.78 ^{de}	3.60	0.0148
FND	580.01 ^e	698.97 ^d	673.20 ^d	512.09 ^f	594.78 ^e	691.62 ^d	588.13 ^e	7.86	0.0001
FAD	287.43 ^f	338.04 ^d	334.03 ^d	297.24 ^{ef}	321.45 ^{de}	328.04 ^d	318.10 ^{de}	5.35	0.0001
LAD	39.51 ^{ef}	62.01 ^{ef}	53.88 ^{def}	33.81 ^g	52.11 ^{defg}	37.88 ^{fg}	39.33 ^{efg}	4.50	0.0403
	g	g							
Composición química de maíces henificados, g/kg de MS									
MO	93.62	89.41	94.87	96.01	92.17	95.37	94.87	1.80	0.2704
PC	74.69 ^d	57.88 ^{de}	59.44 ^{de}	59.02 ^{de}	58.03 ^{de}	57.88 ^e	60.23 ^{de}	4.86	0.0065
FND	613.11 ^e	674.36 ^d	672.76 ^{de}	571.21 ^f	669.63 ^d	677.64 ^d	594.81 ^{ef}	7.48	0.0001

FAD	309.42 ^e	345.46 ^d	357.25 ^d	324.16 ^e	364.83 ^d	359.44 ^d	325.44 ^e	3.97	0.0001
LAD	54.00 ^{de}	63.61 ^d	60.62 ^d	48.49 ^{defg}	65.43 ^d	55.95 ^{de}	56.17 ^{de}	2.10	0.0014

f

^{def} Letras diferentes en la misma columna, son estadísticamente diferentes (P<0.05).
EM=Energía Metabolizable (MJ/kg MS), ENL=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.

Cuadro 2 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).

	Criollo local	Cobre	CML460	Pioner	Hit 13	CLO 80001	CDMO	EEM	P<
Producción de gas in vitro fresco									
b	336.37	376.35	336.47	339.49	342.57	341.32	340.11	9.918	0.1384
c	0.0473 ^{de}	0.0393 ^e	0.043 ^{de}	0.0527 ^{de}	0.0506 ^{de}	0.0546 ^d	0.0453 ^{de}	0.002	0.0264
Lag time	1.17 ^{de}	1.17 ^e	1.60 ^{de}	1.76 ^d	1.69 ^d	1.68 ^d	1.64 ^d	0.086	0.0057
MSd	59.16 ^e	62.68 ^{de}	64.16 ^{de}	66.02 ^d	67.36 ^d	65.52 ^{de}	58.99 ^e	1.514	0.0005
FNDd	43.70 ^e	61.56 ^d	59.55 ^d	35.41 ^f	48.22 ^e	58.03 ^d	46.92 ^e	0.993	0.0001
PGR	420.21 ^d	404.21 ^{de}	373.23 ^e	389.27 ^{de}	383.94 ^{de}	406.70 ^{de}	417.32 ^{de}	9.323	0.0047
Production de gas in vitro heno									
b	331.21	318.21	355.59	387.19	347.89	337.61	324.67	35.09	0.8383
c	0.0374 ^{de}	0.0336 ^{de}	0.0278 ^d	0.0333 ^{de}	0.0311 ^{de}	0.0337 ^{de}	0.0443 ^d	0.029	0.0456
Lag time	1.6091	1.5908	1.9111	2.0081	1.2368	1.4730	1.5566	0.211	0.2523
MSd	67.89 ^d	52.06 ^f	54.37 ^{ef}	63.24 ^{de}	47.71 ^f	51.77 ^f	67.99 ^d	2.574	0.0001
FNDd	52.10 ^{de}	58.64 ^d	56.58 ^d	43.00 ^e	56.32 ^d	53.78 ^d	48.59 ^{de}	1.805	0.0038
PGR	311.01	344.78	345.90	364.96	364.74	379.45	342.97	16.70	0.1277

^{def} Letras diferentes en la misma columna, son estadísticamente diferentes (P<0.05). b= producción total de gas (ml gas g¹ MS incubada); c= tiempo de fermentación (h¹), lag time (h¹); MSd= materia seca desaparecida (mg/ 100 mg) a las 30 horas; PGR= producción de gas relativa (ml gas g¹ MSd)

10. CONCLUSIONES

El rendimiento y la producción de gas *in vitro* no se vieron afectados por el método de conservación; las diferencias en la composición química pueden estar asociadas al estado de madurez de la planta y a la cantidad de grano presente, la producción de gas relativa fue mayor para los maíces conservados en fresco. De acuerdo con los resultados obtenidos las variedades Pioneer y Hit 13 son superiores con respecto al resto de las variedades estudiadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Carro, M.D., López, S., González, J.S., Ovejero, F.J. 1994. Comparison of laboratory methods for predicting digestibility of hay in sheep. *Small Rumin. Res.* 14: 9-17.
- Church, D. C., Pond, W. G., Pond, K. R. 2002. *Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales*. 2da ed. Uteha Wiley. pp. 332-333.
- Coelho, M., Hembry, F. C., Barton; E. E. Saxton; A. M. 1998. A comparison of microbial, enzymatic, chemical and near-infrared reflectance spectroscopy method in forage evaluation. *Anim. Feed Sci. tech.* 20:219-231.
- Cone, J. W., Van Gelder, A. H., Visscher, G. J. W., Oudshoorn, L. 1996. Influence of rumen fluid and substrate concentration on fermentation kinetics measured with a fully automated time related gas production apparatus, *Anim. Feed Sci. tech.* 61, 113-128.
- Dewhurst, R. J., Hepper, D. Webster J. F., 1995. Comparison of in sacco and in vitro techniques for estimating the rate and extent of rumen fermentation of range of dietary ingredients. *Anim. Feed Sci. tech.* 51:211-229.
- Enrique ASP y Reinaldo FF, 2006. Conservación de forrajes: segunda parte. *Revista electrónica de veterinaria* 11:3-37.
- France J, Dhanoa MS, Theodorou MK, Lister SJ, Davis DR, Isac D. 1993. A model to interpret gas accumulation profiles associated with *in vitro* degradation of ruminant feed. *Journal of Theoretical Biology.* 163:99-111.
- Getachew G, Blummel M, Makkar HPS, Becker K, In vitro gas measuring techniques for assessment of nutrition quality of feeds: a review. *Anim Feed Sci Tech* 1998;(72):261-281.
- Goering, H. K., Van Soest, P. J. 1970. Forage Fiber analyses: Apparatus, Reagents, Procedures, and some Applications. *Agric. Handbook No.379*, ARS-USDA, Washington. DC.
- Krishnamoorthy U, Soller H, Menke KH. A comparative study on rumen fermentation or energy supplements in vitro. *J. Anim. Phys Anim Nutr* 1991;(65):28-35.

Makkar, H. P. S., Blummel, M., Borowy, N. K., Becker, K. 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *J. Sci. Food Agric.* 61, 161-165

Meherz, A. Z., E. R. Orskov, e I, MacDonald 1997 Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *Br.J.Nutr.*38:437-443.

Melgarejo Velazquez L. (2000). Cap. II Calidad Nutricia de los forrajes, en: División sistema Universidad abierta y Educación a distancia: Alimentación animal, forrajes y concentrados Bovinos. Ángeles Campos, S., Corona Gochi, L., Escamilla Gallegos, J.I., Melgarejo Vázquez, L.G. y Spross Suarez K. Ed. UNAM. pp 27-49. Ed. UNAM.

Menke K. H., Raab L., Salewski, A., Steingass H., fritz, D., Schneider, W. 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *J. Agric. Sci.* 93, 217-222.

Menke KH, Steingass H. Stimulation of the energy fed value obtained from chemical analysis and in vitro gas production using rumen fluid. *Anim Res Dev* 1988;(28):7-12.

Mould, F. L.and Nordheim H. 1998. British Society of Animal Science. British Society of Animal Science, Reading, UK 22:329-331.

Orskov, E. R., Mc Donald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rates of passage. *J. Agric. Sci. Camb.* 92, 499-503.

Orskov, E. R., Ryle, M. 1990. *Energy Nutrition in Ruminants*. Elsevier, London. 149 pp.

Tilley, J. M. A., Terry, R. A. 1963. A two-stage technique for the digestion of forage crops. *J. br. Grassl. Soc.* 18, 104-111.

Van Soest p. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cosmotock publishing associates.

Vogel k. P., Pedersen J. f., Masterson S. d. and Toy J. J. 1999. Evaluation of a filter bag system for NDF, ADF, and IVDMD forage analysis. *Crop Sci.* 39:276-279

