

RENDIMIENTO DE GRANO Y ENSILADO DE MAÍZ NATIVO Y MEJORADO EN LA COSTA CHICA DE GUERRERO

GRAIN YIELD AND SILAGE OF NATIVE AND IMPROVED MAIZE ON THE COSTA CHICA OF GUERRERO

Paulino Sánchez-Santillán¹, Nelson E. López-Zerón^{2*},
Claudia Y. Wilson-García³ y Rafael A. Rojas-García¹

¹Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Cuajinicuilapa, Guerrero, México. ²Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 178. San Luis Acatlán, Guerrero, México. ³Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Académica San Luis Acatlán. San Luis Acatlán, Guerrero, México.

*Autor de correspondencia: nelsonlopez178@dgetaycm.sems.gob.mx

RESUMEN

El maíz es el cultivo más importante en la región Costa Chica del estado de Guerrero, ya que aparte de consumirse en grano y elote también se puede ensilar para utilizarlo como alimento en los sistemas de ganadería de doble propósito. Por lo que, el objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de grano y calidad de ensilado de genotipos de maíz nativo y mejorado, con un manejo agroecológico de plagas. El material genético fue integrado por 6 híbridos y 2 variedades, los cuales fueron evaluados para rendimiento de grano en 2021 en San Luis Acatlán, Guerrero. Mediante la elaboración de microsilos se evaluaron características fermentativas y análisis químico bromatológico. El contenido de MS, ácido láctico y pH no mostraron diferencias entre los ensilados de maíz. La concentración de fibras mostró que el ensilado del híbrido H-4082 y San Pedro tuvieron el menor contenido de FDN (promedio de 53.35 %); en contraste, el ensilado de la raza nativa presentó la mayor concentración de FDA. El contenido más alto de PC osciló entre 9.6 y 10.2 % en los ensilados de los cultivares H-4082, San Pedro, SKW-502 y SKW-507, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos. El genotipo que más rendimiento de grano presentó fue el híbrido SKW-510, con 7,408.06 kg. Los genotipos evaluados presentaron buena adaptación para la producción de grano cosechado y características adecuadas para la producción de ensilados en la región Costa Chica de Guerrero.

Palabras clave: ensilados, maíz nativo y mejorado, rendimiento de materia seca, valor nutricional.

SUMMARY

Corn is the most important crop in the Costa Chica region of the Guerrero State, since apart from being consumed as grain and tender corn, it can also be ensiled for use as feed in dual-purpose livestock systems. Therefore, the objective of this research was to evaluate the grain yield and silage quality of native and improved corn genotypes, with agroecological pest management. The genetic material was composed of 6 hybrids and 2 varieties, which were evaluated for grain yield in 2021 in San Luis Acatlán, Guerrero. Fermentative characteristics and bromatological chemical analysis were evaluated through the elaboration of microsilos. DM content, lactic acid and pH showed no differences between corn silages. Fiber concentration showed that the silage of the H-4082 and San Pedro hybrids had the lowest NDF content (average 53.35 %); in contrast, the silage of the native landrace presented the highest ADF concentration. The highest CP content ranged from 9.6 to 10.2 % in

the silages of cultivars H-4082, San Pedro, SKW-502 and SKW-507, with no statistically significant differences among them. The genotype with the highest grain yield was the hybrid SKW-510, with 7,408.06 kg. The genotypes evaluated showed good adaptation for the production of harvested grain and characteristics suitable for silage production in the Costa Chica region of Guerrero.

Index words: Dry matter yield, native and improved maize, nutritional value, silage.

INTRODUCCIÓN

El maíz es una de las plantas cultivadas de mayor uso en el mundo. De acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, la producción mundial de maíz en el ciclo 2022/2023 fue de 1,151.4 millones de toneladas; así mismo, México es proyectado como el séptimo productor de grano, con un total de 27.6 millones de toneladas. Sin embargo, aunque la producción ha aumentado gradualmente a través de los años, la producción nacional no satisface la demanda del mercado en el país (FIRA, 2023).

México es considerado la cuna del maíz por ser centro de origen, así como por la acción de sus pobladores, que desde hace varios miles de años contribuyeron en la diversificación y adaptación del cultivo a distintas condiciones ambientales y sistemas agrícolas (Álvarez-Buylla y Piñeyro-Nelson, 2013). Actualmente, el maíz es la base fundamental de la alimentación de los mexicanos y se cultiva a lo largo del territorio mexicano. Dada su adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas se puede encontrar desde el nivel del mar hasta más de los 2,500 metros de altitud, siendo parte esencial de la actividad económica de pequeños, medianos y grandes productores. Los pequeños productores aportan alrededor

de 60 % de la producción nacional y en conjunto con los medianos suman el 91 % de la superficie sembrada, lo que representa un aporte de alrededor del 75 % de la producción nacional de maíz.

Aunque en México existe una gran diversidad de genotipos de maíz, la producción de grano se divide principalmente en blanco, que en su mayoría es para consumo humano, y amarillo, que casi en su totalidad se ocupa para consumo animal. Se estima que el 64 % representa el consumo de maíz blanco y el 36 % por el maíz amarillo (FIRA, 2023). Los estados que mayor superficie cosechan son Veracruz, Jalisco y Chiapas; sin embargo, Sinaloa es el de mayor volumen de producción, con el 23 % del total nacional, seguido de Jalisco, con el 14.4 % (SIAP, 2021). En el estado de Guerrero existe una tendencia a incrementar el volumen total de producción, lo cual obedece a los esfuerzos de gobiernos de distintos niveles, que han impulsado programas como el de fertilizantes. Los datos del SIAP indican que Guerrero produjo poco más de 1,379,000 toneladas de maíz en el año agrícola 2020, casi un 7 % por arriba de lo conseguido en 2019. Así mismo, dado que las actividades económicas más importantes de la región Costa Chica son la agricultura y ganadería, éstas son afectadas en la época de sequía derivado de la falta de forraje, por lo que es el ensilado de maíz una oportunidad de asegurar la producción en los sistemas de bovinos de doble propósito. Con base en lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar el rendimiento de grano y la calidad de ensilado de maíz nativo y mejorado sembrados en la Costa Chica del Estado de Guerrero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

La investigación se realizó en la región Costa Chica del Estado de Guerrero, en el Municipio de San Luis Acatlán, en la parcela experimental del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 178, General Vicente Ramón Guerrero Saldaña (16° 49.099' N y 98° 44.105' O, a 273 msnm). El clima es tropical con lluvias en verano, con una precipitación media anual de 1,395 mm. Los datos climatológicos durante el desarrollo del experimento se tomaron de la estación más cercana de la localidad del estudio (Figura 1). Previo a la siembra se realizó un análisis de suelo, donde se encontró una textura franco arcillo-arenosa, pH de 5.95, 4.22 % de materia orgánica, conductividad eléctrica de 0.18 dSm⁻¹, densidad aparente de 1.30 g cm⁻³, libre de carbonatos totales (0.01 %) y moderadamente bajo en fósforo (10.6 ppm).

Material vegetal y establecimiento

Para el desarrollo del experimento se ocupó un terreno de 2000 m², el cual fue preparado con dos pasos de rastra, para posteriormente sembrar diferentes genotipos de maíz. Los genotipos fueron una variedad mejorada, un maíz nativo, un híbrido muy utilizado por los productores de la región (testigo regional) y otros híbridos no probados en la región (Cuadro 1).

El diseño experimental fue bloques al azar y las unidades experimentales constaron de una parcela de 12 x 12 m. En la siembra se establecieron 15 líneas de maíz separadas a 80 cm entre línea y 20 cm entre plantas, para una densidad de 62,500 plantas por hectárea. La siembra se realizó durante el temporal, por lo que no hubo necesidad de realizar ningún riego. El manejo de plagas se realizó a través del uso de feromonas de confusión sexual (Pherocon®) en trampas para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y extractos vegetales de neem (*Azadirachta indica*), tabaco (*Nicotiana tabacum*) e higuera (*Ricinus communis* L.), en dosis de 5 %. La maleza se manejó de manera manual. Para la fertilización química se aplicó la fórmula de 120-60-00 NPK, aplicando 60-60-00 a los 30 días después de la siembra (DDS) y 60-00-00 a los 45 DDS.

Elaboración de microsilos

A los 80 DDS se cortaron 12 plantas de maíz completas a 10 cm del suelo. Las plantas se molieron en un triturador con martillos y cuchillas (Azteca®) acoplado a un motor de gasolina (Honda®, 13 hp). El tamaño de partícula fue de 1". En una doble bolsa de hule calibre 600 se colocaron 3 kg de planta, se extrajo el aire con una aspiradora (Koblenz®) y se realizó un amarre Smith para cerrar los microsilos, que fueron almacenados en una galera por 21 d (días) a temperatura ambiente (promedio 31 °C).

Características fermentativas

A los 21 días de fermentación se hicieron las mediciones de variables. Para materia seca (MS) se usaron 100 g de ensilado y se deshidrataron a 60 °C durante 72 h en una estufa de aire forzado (Riossa®); el contenido de MS se calculó por diferencia de peso. El pH se determinó con un potenciómetro (Hanna®; calibración pH 7 y 4) al usar 25 g de ensilado y 100 mL de agua destilada, según lo descrito por Cañaveras-Martínez *et al.* (2021). El ácido láctico se determinó por colorimetría (Taylor, 1996), para lo cual se colocaron 30 g de ensilado y 150 mL de HCl a 1 %, posteriormente se refrigeraron por 24 h, se realizó un filtrado con una gasa doble y 1 mL del filtrado se colocó en ácido metafosfórico (Meyer®) al 25 % (relación 4:1). El nitrógeno amoniacal (N-NH₃) se determinó con 20 g de

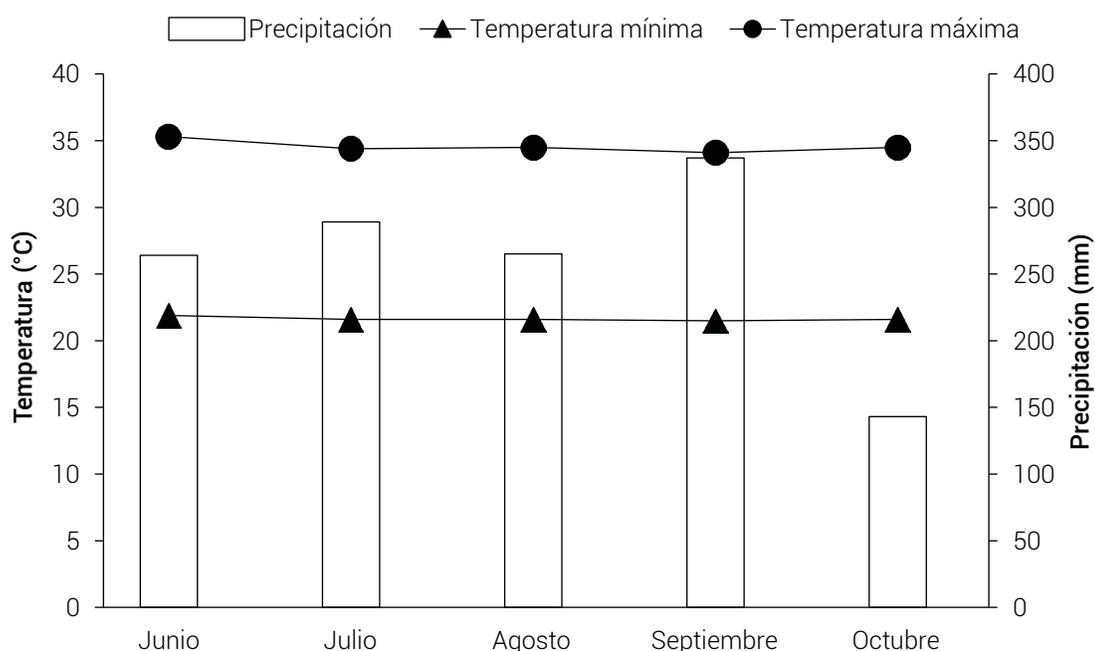


Figura 1. Temperatura media mensual máxima y mínima y precipitación acumulada durante el periodo de estudio (Estación meteorológica ubicada en El Carmen, San Luis Acatlán).

Cuadro 1. Genotipos de maíz utilizados para la evaluación de producción de grano y ensilado en la Costa Chica de Guerrero, en el ciclo primavera-verano 2021.

Genotipo	Tipo de maíz	Ciclo	Color de grano	Altura de planta (cm)	Procedencia
H-4082	Híbrido	Intermedio	Blanco	270 a 320	Pioneer
San Pedro	Variedad	Intermedio	Blanco	280	Reycollseeds
SKW-502	Híbrido	Intermedio	Blanco	280	Reycollseeds
SKW-503	Híbrido	Intermedio	Amarillo	260 a 270	Reycollseeds
SKW-505	Híbrido	Corto	Blanco	260	Reycollseeds
SKW-507	Híbrido	Intermedio	Blanco	260-280	Reycollseeds
SKW-510	Híbrido	Intermedio	Blanco	260-280	Reycollseeds
Nativo	Nativo	Largo	Morado	ND	Región

ND: no disponible.

ensilado y 40 mL de agua destilada. El contenido se agitó cada 15 min durante 1 h y se filtró con una gasa doble. El filtrado se centrifugó (centrifuga Cence®) 10 min a 2100 x g. El nitrógeno de 10 mL del sobrenadante se destiló usando el método de destilación de un Micro-Kjeldah y se reportó la relación del N-NH₃ al nitrógeno total (Nt).

Análisis químico bromatológico

El análisis (3 muestras independientes) incluyó proteína cruda (PC) (método 920.105) y cenizas (Ce) (método 942.05) según AOAC (2005). La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se determinaron según Van Soest *et al.* (1991).

Prueba *in vitro*

En un vial serológico (120 mL) se colocaron 0.5 g de ensilado, 40 mL de medio de cultivo (Herrera-Pérez *et al.*, 2018) y 10 mL de fluido ruminal fresco, como inóculo. Los viales se incubaron en una incubadora (Ecoshel®) por 72 h a 39 °C. La producción de biogás (4 muestras independientes) se midió por desplazamiento del émbolo de una jeringa de vidrio (50 mL; BD Yale) a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 48 y 72 h. La producción acumulada de biogás se reportó a las 24, 48 y 72 h.

La producción de metano (CH₄) se midió mediante el desplazamiento de solución NaOH (2N) a las 24, 48 y 72 h, reportando la producción acumulada en los mismos tiempos, ya que el NaOH reaccionó con el CO₂ para formar NA₂CO₃ (Prada-Matiz & Cortés-Castillo, 2011). A las 72 h de incubación, el contenido residual de cada vial se filtró en una bolsa ANKOM F57, se secó por 72 h a 60 °C y se calculó la degradación de la materia seca (DMS) por diferencia. Posteriormente, las bolsas se sellaron con calor y se determinó FDN, para determinar la degradación de la FDN (DFDN) por diferencia.

Cosecha de grano

La cosecha se realizó el 8 de octubre de 2021 de forma manual, para lo cual en cada unidad experimental se cosechó tres surcos centrales de 10 metros de largo, dejando sin cosechar el metro inicial y el último. De los 10 metros lineales se contó el número de plantas y se retiraron las mazorcas, para posteriormente separar las que tenían un daño mayor al 10 % por algún hongo. Las mazorcas dañadas se contaron y se pesaron en una báscula Truper® BASE-40P, posteriormente se desgranaron y se pesó el grano con la misma báscula. Posteriormente, se pesaron 200 granos sanos para obtener el peso específico de cada grano (CIMMYT, 2012; Aguilar-Ávila y Santoyo-Cortés, 2013). Para determinar el porcentaje de humedad del grano se eligió una muestra de granos sanos, los cuales se pesaron para colocar 200 g en una bolsa de papel (PHS), se depositó la muestra en una estufa de aire forzado marca APSA a una temperatura de 75 °C por 24 h y se pesó nuevamente (PSS), para calcular el porcentaje de humedad (%HS) con la fórmula:

$$\%HS = (PHS - PSS) / PHS$$

Así mismo, el cálculo de rendimiento seco (RS) en kg ha⁻¹ se obtuvo con el peso del grano total (PGT), cantidad de humedad (CH) y el área, con la siguiente fórmula:

$$RS = \left(\frac{PGT - CH}{\text{Área}} \right) \times 10$$

Análisis estadístico

El análisis de varianza y la comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) se realizaron con el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2018). Para el análisis de los ensilados el diseño experimental fue completamente al azar. Mediante éste se analizaron las variables fermentativas, químicas bromatológicas, producción acumulada de biogás y metano y degradación de la MS y FDN. El análisis de varianza y prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) se realizaron mediante el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de MS, ácido láctico y pH no mostraron diferencias entre los ensilados de maíz ($P > 0.05$) (Cuadro 2). El promedio de materia seca fue 21.4 %, debido posiblemente a que la planta fue cosechada de forma temprana. Sin embargo, los valores promedios de pH fueron de 3.5 y de ácido láctico de 5.3 %. Los anteriores resultados coinciden con valores reportados para ensilados de maíz con un contenido de MS entre 25 y 30 % (Kung *et al.*, 2018). Es importante mencionar que los silos de laboratorio son un método práctico para evaluar las características químicas y fermentativas *in vitro* (Cherney *et al.*, 2004), ya que las características reflejan la actividad microbiana y la fermentación del ensilaje (Li *et al.*, 2019).

El N-NH₃ osciló entre 0.8 (H-4082) y 2.9 % (nativo) respecto al nitrógeno total (Nt), presentando diferencias entre los materiales H-4082 y nativo ($P \leq 0.05$), pero sin diferencias en el resto de los ensilados de los materiales evaluados ($P \geq 0.05$) (Cuadro 2). Estos valores son inferiores al valor promedio reportados en ensilados de maíz con 30 a 40 % de MS y 5 a 7 % de Nt⁻¹ (Kung *et al.*, 2018), ya que indican la descomposición potencial de proteínas durante el proceso por microorganismos proteolíticos (Li *et al.*, 2019). No obstante, Cherney *et al.* (2004) reportaron valores similares a nuestra investigación en ácido láctico (4-5 %), así como mayores en pH (4) y N-NH₃ (5-6 %) en ensilados de maíz híbridos almacenados por 90 d. Addah *et al.* (2011), en ensilados de maíz almacenados de 16 a 22 °C por 63 d, publicaron valores similares de pH (3.7) y ácido láctico (5.3 %), mayores de MS (34.3 %) e inferiores a N-NH₃ (0.035 %) a todos los ensilados evaluados en el presente estudio.

El mayor contenido de PC ($P \leq 0.05$) osciló entre 9.6 y 10.2 % en los ensilados de las variedades H-4082, San Pedro, SKW-502 y SKW-507, sin diferencias entre ellos ($P \geq 0.05$). El contenido de fibras mostró que el ensilado del híbrido H-4082 y San Pedro tuvieron el menor contenido de FDN (promedio de 53.35 %), mientras el nativo y

Cuadro 2. Características fermentativas y químico bromatológicas de ensilados elaborados con diferentes variedades de maíz.

Variedad de maíz	pH	N-NH ₃ (% / Nt)	MS	Ácido Láctico	Ce (%)	FDN	FDA	PC
H-4082	3.5	0.8 b	22.7	7.43	7.0 a	52.7 c	29.6 d	9.6 ab
Nativo	3.3	2.9 a	20.8	4.25	5.1 b	61.2 a	36.7 a	8.9 c
San Pedro	3.5	2.6 ab	20.5	4.81	5.5 b	54.0 c	30.7 cd	9.9 a
SKW-502	3.6	1.5 ab	20.8	3.71	4.1 c	61.5 a	32.9 b	10.2 a
SKW-503	3.6	1.7 ab	22.2	4.97	2.6 d	56.4 b	33.1 b	9.0 bc
SKW-507	3.5	1.6 ab	22.1	5.64	3.8 c	56.7 b	31.0 cd	9.8 a
SKW-510	3.4	1.6 ab	20.8	6.61	5.4 b	57.5 b	31.4 bc	8.6 c
EEM	0.03	0.19	0.27	0.36	0.3	0.7	0.5	0.1

Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). pH: potencial de hidrógeno, N-NH₃: nitrógeno amoniacal, Nt: nitrógeno total, MS: materia seca, Láctico: ácido láctico, Ce: cenizas, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, PC: proteína cruda, EEM: error estándar de la media

SKW-502 tuvieron el mayor contenido (promedio 61.35 %). En contraste, el ensilado de la raza Nativa presentó el mayor y la variedad H-4082 el menor contenido de FDA ($P \leq 0.05$). Así mismo, el ensilado SKW-503 tuvo el menor contenido de Ce ($P \leq 0.05$), indicando que presentó el mayor contenido de materia orgánica (MO) de los ensilados evaluados (Cuadro 2). La variedad H-4082 mostró el mayor contenido de Ce, indicando que tuvo el menor contenido de MO. Valores inferiores de FDN (43.03 %) y similares de PC (8.75 %) se reportaron en ensilados de 8 maíces híbridos, con una MS inicial de 32 % y almacenados por 90 d (Cherney *et al.*, 2004), así como valores inferiores de FDN (33.05 %) y FDA (18.23 %) y mayores de PC (12.05 %) en ensilado de maíz almacenados 63 d a nivel laboratorio (Addah *et al.*, 2011). La composición química de los ensilados de maíz se debe a factores como el grado de madurez al momento de cosecharlo, temporada de siembra y labores agrícolas (Opsí *et al.*, 2011).

A las 24 h de fermentación, los ensilados de las variedades SKW-502, SKW-507 y SKW-510 presentaron la mayor producción de biogás ($P \leq 0.05$), con un promedio de 142.9 mL g MS⁻¹, mientras que, a las 48 h SKW-502 y SKW-507 mostraron la mayor producción (213.25 mL g MS⁻¹ en promedio) y a las 72 h fueron los híbridos SKW los que presentaron la mayor producción (226.22 mL g MS⁻¹ en promedio) (Cuadro 3). Ahora, si se considera que en las primeras 24 h se fermentan los carbohidratos no estructurales (Texta *et al.*, 2019), los ensilados presentaron en promedio 59 % de este tipo de carbohidratos, ya que la fermentación de proteínas y extracto etéreo y el biogás

producido por los amortiguadores es mínimo por la técnica *in vitro* (Amanzougarene y Fondevila, 2020). Esta técnica es importante porque permite evaluar alimentos y tomar decisiones sobre los experimentos *in vivo* (Kaewpila *et al.*, 2021), aunado a que la producción de biogás y CH₄ es un indicativo de la disponibilidad de los carbohidratos a nivel ruminal (Texta *et al.*, 2019), tipo de fermentación de los microorganismos presentes y la pérdida de energía mediante la producción de metano (Cárdenas y Flores, 2012).

Los ensilados no presentaron diferencias a las 24, 48 y 72 h de fermentación ($P \geq 0.05$) (Cuadro 3) en la producción de CH₄, pero su análisis es interesante si se determina el porcentaje con respecto a la producción de biogás total, aunque se hayan usado técnicas diferentes en su determinación. De tal manera que, la producción promedio de CH₄ fue 31.9, 41.0 y 47.2 mL g MS⁻¹ a las 24, 48 y 72 h de fermentación, lo que representó 26, 22.8 y 22.6 % del total de biogás producido, respectivamente. Esto se puede asumir a la composición y digestibilidad de la dieta y procesamiento previo del alimento (Cárdenas y Flores, 2012), que en este caso es el ensilaje, ya que la producción de CH₄ es una consecuencia del metabolismo de las *archeas*, porque dentro de su proceso metabólico usan el CO₂ y H₂ producido como producto final del metabolismo de otros microorganismos para sintetizar CH₄ (Torres-Salado *et al.*, 2019). Valores similares de biogás (217.58 mL g MS⁻¹) se reportaron en ensilados de maíz híbridos (Antolín *et al.*, 2009).

La digestibilidad potencial de los forrajes para los rumiantes podría estimarse con una precisión razonable utilizando fluido ruminal *in vitro* (Kaewpila *et al.*, 2021), de tal manera que las diferencias en la DMS se presentaron entre las variedades H-4082 y SKW-10 vs nativo ($P \leq 0.05$) (Cuadro 3). Sin embargo, los valores oscilaron entre 50.6 y 61.4 %. La DFDN no mostró diferencias ($P \geq 0.05$) entre variedades de maíz, promediando 42.14 %. Los valores de degradación *in vitro* de la MS y FDN se deben a la composición química de los ensilados de maíz (Opsit *et al.*, 2011), por lo que, con los valores reportados en el presente estudio, se infiere que los ensilados contenían poca celulosa y hemicelulosa adherida a lignina, lo que permitió su degradación arriba de 40 %; valores menores a éste infieren que disminuirá su consumo cuando se ofrezcan al animal. Valores superiores de DMS (82.22 %) y DFDN (60.46 %) se reportaron en ocho ensilados de maíz híbridos (Cherney *et al.*, 2004).

Respecto a la producción de grano, los resultados indican que el genotipo de maíz que más rendimiento de grano presentó y que estadísticamente fue el mejor es el híbrido SKW-510, con 7,408.06 kg ($P > 0.05$) (Cuadro 4), no presentó acame y tampoco pudrición de grano, por lo que representa una buena opción para la producción de maíz en la región, de acuerdo a resultados como los de Francisco-Palemón *et al.* (2016), quienes reportan rendimiento promedio de 5,077 kg ha⁻¹. Como testigo regional se utilizó el material H-4082, que es el híbrido de Pioneer que más se siembra en la Costa Chica de Guerrero, el cual obtuvo un rendimiento de 5,252.6 kg ha⁻¹, que

estadísticamente resulta igual a los genotipos San Pedro (4,986.0 kg ha⁻¹), SKW-502 (4,538.0 kg ha⁻¹), SKW-503 (5,481.2 kg ha⁻¹), SKW-505 (5,741.3 kg ha⁻¹) y SKW-507 (5,605.3 kg ha⁻¹), rendimientos similares a los reportando por Francisco-Palemón *et al.* (2016). Otros autores, como Aguilar-Carpio *et al.* (2015), reportan rendimientos en la región tierra caliente del estado de Guerrero, con más de 9,243 kg ha⁻¹ en híbridos H-562 y H-7573.

De los genotipos evaluados, San Pedro, que es una variedad sintética, obtuvo un rendimiento de 4,986 kg ha⁻¹, que estadísticamente es igual a los otros híbridos, a excepción de SKW-510 ($P > 0.05$). Aguilar-Carpio *et al.* (2015) evaluaron la VS-535 y reportan rendimientos desde 4,883 a 7,640 kg ha⁻¹. En relación a los materiales nativos, los que más se utilizan en la región Costa Chica se caracterizan por presentar grano grande y aplanado, como el que se utilizó en este experimento. El rendimiento del material nativo fue 1,640 kg ha⁻¹, el más bajo de los genotipos evaluados en este experimento ($P > 0.05$). Los rendimientos reportados para este material en la Costa Chica son de 3,985 kg ha⁻¹ (Francisco-Palemón *et al.*, 2016) a altitudes de 800 a 1200 msnm; en nuestro caso la altitud fue de 288 metros.

CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones agroecológicas y de manejo de la región Costa Chica del estado de Guerrero, tanto las variedades como híbridos presentaron un buen potencial para la producción de grano. Respecto a la

Cuadro 3. Producción acumulada de biogás, metano y degradación *in vitro* de ensilados elaborados con diferentes variedades de maíz.

Cultivar de maíz	Producción acumulada de biogás (mL g MS ⁻¹)			Producción acumulada de metano (mL g MS ⁻¹)			DMS (%)	DFDN (%)
	24 h	48 h	72 h	24 h	48 h	72 h		
H-4082	104.3 d	164.7 d	200.7 bc	27.0	36.5	42.5	61.4 a	43.0
Nativo	108.4 cd	155.3 d	181.4 c	30.0	38.0	43.5	50.6 b	38.9
San Pedro	111.9 cd	163.8 d	188.8 c	35.0	43.5	52.0	55.1 ab	40.6
SKW-502	138.4 ab	206.7 ab	235.3 ab	33.0	42.0	47.5	55.2 ab	43.9
SKW-503	119.9 bcd	173.3 cd	211.4 abc	33.5	42.5	50.0	55.2 ab	41.8
SKW-507	156.4 a	219.8 a	247.4 a	30.5	41.0	46.0	55.9 ab	39.8
SKW-510	133.9 abc	190.3 bc	210.8 abc	34.5	43.5	49.0	61.1 a	47.0
EEM	3.9	4.7	5.0	0.9	1.0	1.1	0.9	0.9

Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P > 0.05$). DMS: degradación de la materia seca, DFDN: degradación de la fibra detergente neutro, EEM: error estándar de la media.

Cuadro 4. Rendimiento de mazorca y grano de genotipos de maíz evaluados en la Costa Chica de Guerrero, México.

Genotipo	Peso de mazorcas (kg)	Peso de grano (kg)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
H-4082	6.37 b	5.02 b	5,252.6 b
San Pedro	5.94 b	4.75 b	4,986.0 b
SKW-502	6.03 b	4.782 b	4,538.0 b
SKW-503	6.36 b	5.175 b	5,481.2 b
SKW-505	6.97 b	5.63 b	5,741.3 b
SKW-507	6.99 b	5.51 b	5,605.3 b
SKW-510	9.61 a	7.45 a	7,408.06 a
Nativo	1.64 c	1.31 c	1,640.00 c

Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$).

producción de ensilados, los maíces analizados presentan características deseables de calidad, por lo que si este tipo de prácticas se realizan en la edad adecuada del cultivo y con los procedimientos de corte y empacado correctos, los ensilados representan una opción adecuada para los sistemas de producción de doble propósito en la Región.

BIBLIOGRAFÍA

- Addah W., J. Baah, P. Groenewegen, E. K. Okine and T. A. McAllister (2011) Comparison of the fermentation characteristics, aerobic stability and nutritive value of barley and corn silages ensiled with or without a mixed bacterial inoculant. *Canadian Journal of Animal Science* 91:133-146. <https://doi.org/10.4141/CJAS10071>
- Aguilar-Carpio C., J. A. S. Escalante-Estrada, I. Aguilar-Mariscal, J. A. Mejía-Contreras, V. F. Conde-Martínez y A. Trinidad-Santos (2015) Rendimiento y rentabilidad de maíz en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno, en clima cálido. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 18:51-163.
- Aguilar-Ávila J. y V. H. Santoyo-Cortés (2013) Estimación de rendimientos en el sector agropecuario. Universidad Autónoma Chapingo. Editorial Miguel Ángel Porrúa. Ciudad de México. 206 p.
- Álvarez-Buylla E. R. y A. Piñeyro-Nelson (2013) El maíz en peligro ante los transgénicos. Un análisis integral sobre el caso de México. Colección Debate y Reflexión. Ed. UNAM. México. 567 p.
- Amanzougarene Z. and M. Fondevila (2020) Fitting of the *in vitro* gas production technique to the study of high concentrate diets. *Animals* 10:1935, <https://doi.org/10.3390/ani10101935>
- Antolín D. M., R. M. González, C. S. Goñi, V. I. Domínguez y G. C. Ariciaga (2009) Rendimiento y producción de gas *in vitro* de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado. *Técnica Pecuaria en México* 47:413-423.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemist (2005) Official methods of analysis (18a ed.). Association of Official Analytical Chemist, <https://www.eoma.aoac.org/>
- Cañaveral-Martínez U. R., P. Sánchez-Santillán, N. Torres-Salado, D. Sánchez-Hernández, J. Herrera-Pérez y A. R. Rojas-García (2021) Características de calidad, bromatológicas y fermentativas *in vitro* de ensilado de mango maduro. *Revista Mexicana de Agroecosistemas* 8: 82-90.
- Cárdenas J. A. B. y C. L. Flores (2012) Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 3:215-246, <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1241>
- Cherney D. J. R., J. H. Cherney and W. J. Cox (2004) Fermentation characteristics of corn forage ensiled in mini-silos. *Journal of Dairy Science* 87:4238-4246, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73569-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73569-9)
- CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (2012) Manual de determinación de rendimiento. México, D.F. CIMMYT, <https://idp.cimmyt.org/publicacion/manual-del-determinacion-de-rendimiento/>
- Di Rienzo J., M. Balzarini, L. Gonzalez, F. Cazanoves, M. Tablada and C. Walter (2020) InfoStat, <https://www.infostat.com.ar/>
- FIRA, Fideicomisos en Relación a la Agricultura (2023) Panorama agroalimentario. Maíz 2023. Dirección de investigación y Evaluación Económica y Sectorial. México, <https://www.fira.gob.mx/Nd/NEstEcon.jsp>
- Francisco-Palemón A., B. Cruz-Lagunas, N. O. Gómez-Montiel, C. A. Hernández-Galeno, D. Vargas-Alvares, G. Reyes-García, A. Damián-Nava y E. Hernández-Castro (2016) Rendimiento de grano de maíces (*Zea mays* L.) sembrados en la Costa Chica, Guerrero, México. *Agroproductividad* 9:3-7.
- Herrera-Pérez J., L. G. Velez-Regino, P. Sánchez-Santillán, N. Torres-Salado, A. R. Rojas-García y M. Maldonado-Peralta (2018) Fermentación *in vitro* de consorcios bacterianos celulolíticos ruminales de búfalos de agua en sustratos fibrosos. *Revista MVZ Córdoba* 23:6860-6870, <https://doi.org/10.21897/rmvz.1374>
- Kaewpila C., P. Gunun, P. Kesorn, S. Subepang, S. Thip-uten, Y. Cai, S. Pholsen, A. Cherdthong and W. Khota (2021) Improving ensiling characteristics by adding lactic acid bacteria modifies *in vitro* digestibility and methane production of forage-sorghum mixture silage. *Scientific Reports* 11, <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81505-z>
- Kung L., R. D. Shaver, R. J. Grant and R. J. Schmidt (2018) Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science* 101:4020-4033, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>
- Li, D., K. Ni, Y. Zhang, Y. Lin and F. Yang (2019) Fermentation characteristics, chemical composition and microbial community of tropical forage silage under different temperatures. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 32:665-674, <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0085>
- Opsi F., R. Fortina, G. Borreani, E. Tabacco, R. Bodas y S. López (2011) Factores que afectan al valor nutritivo del ensilado de maíz: Variedad, fecha de siembra y grado de madurez. En 50a Reunión Científica de la S.E.E.P. Pastos, paisajes culturales entre tradición y nuevos paradigmas del siglo XXI (pp. 263-268). Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, <https://digital.csic.es/handle/10261/67209>
- Prada-Matiz A. y C. E. Cortés-Castillo (2011) Experiencias en la captura de los gases de combustión de la cascarrilla de arroz con soluciones alcalinas. *Orinoquía* 15:16-30.

- SAS, Statistical Analysis System (2012-2018) SAS® OnDemand for Academics. Copyright© (2012-2018). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. (enero 2023), https://www.sas.com/en_us/software/on-demand-for-academics.html
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Sistema de Información. Avance de Siembras y Cosechas. Resumen por estado. SAGARA. México, <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- Taylor K. A. C. C. (1996) A simple colorimetric assay for muramic acid and lactic acid. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 56:49-58, <https://doi.org/10.1007/BF02787869>
- Texta J. N., P. Sánchez-Santillán, D. S. Hernández, N. S. Torres, M. G. Crosby, A. R. Rojas-García, J. P. Herrera and M. Maldonado-Peralta (2019) Use of disaccharides and activated carbon to preserve cellulolytic ruminal bacterial consortiums lyophilized. *Revista MVZ Córdoba* 24:7305-7317, <https://doi.org/10.21897/rmvz.1412>
- Torres-Salado N., P. Sánchez-Santillán, A. R. Rojas-García, I. Almaraz-Buendía, J. Herrera-Pérez, I. Reyes-Vázquez and F. J. Mayren-Mendoza (2019) *In vitro* gas production and fermentative characteristics of ruminal cellulolytic bacterial consortia of water buffalo (*Bubalus bubalis*) and Suiz-bu cow. *Agrociencia* 53:145-159.
- Van Soest P. J., J. B. Robertson and B. A. Lewis (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)