

Rendimiento y valor nutritivo del forraje y ensilado de maíces nativos en condiciones subtropicales

Santiago Joaquín Cancino¹
Mario Rocandio Rodríguez²
Perpetuo Álvarez Vázquez³
Filogonio Jesús Hernández Guzmán⁴
Andrés Gilberto Limas Martínez¹
Jonathan Raúl Garay Martínez^{5§}

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias-Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria Tamaulipas, México. (sjoaquin@docentes.uat.edu.mx; alimas@docentes.uat.edu.mx). ²Instituto de Ecología Aplicada-Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. (mrocandio@docentes.uat.edu.mx). ³Departamento de Recursos Renovables-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. (perpetuo.alvarezv@gmail.com). ⁴Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Francisco I. Madero, Hidalgo, México. (filomanhernandez@gmail.com). ⁵Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP. Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tamaulipas, México.

§Autor para correspondencia: garay.jonathan@inifap.gob.mx.

Resumen

Se evaluó el rendimiento y valor nutritivo del forraje y ensilado de maíces nativos con potencial forrajero en condiciones subtropicales. Las variables evaluadas fueron rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de materia seca total (MST) y por componente: lamina foliar (LF), tallo, brácteas, elote, panícula y vaina, unidades SPAD, índice de área foliar (IAF) y área foliar específica (AFE, $cm^2\ g^{-1}$). En el forraje y el ensilado se evaluaron los contenidos (%) de proteína cruda (PC), cenizas (CE), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). Las variables se analizaron con un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$). El genotipo Tuxpeño Norteño \times Ratón presentó los mayores valores ($p<0.05$) de MST, LF y tallo (10.66 , 1.89 y $3.97\ t\ ha^{-1}$, respectivamente), FDN (57.4%) y FDA (26.6%). Mientras que el genotipo V-402 presentó el mayor rendimiento de elote ($4.2\ t\ ha^{-1}$). El contenido de PC en el ensilado fue mayor ($p<0.05$) que en el forraje (8.2 y 7.8% , respectivamente). El genotipo Ratón \times Tuxpeño presentó el mayor contenido de PC en el forraje (8.6%) en contraste, Tuxpeño Norteño \times Elotes Occidentales mostró el mayor contenido de PC (8.7%) en el ensilado. El genotipo Tuxpeño Norteño \times Ratón podría ser una alternativa como forraje debido al mayor rendimiento de materia seca total y valor nutritivo, características deseables en maíces forrajeros.

Palabras clave: *Zea mays*, comportamiento forrajero, maíz nativo.

Recibido: abril de 2022

Aceptado: julio de 2022

Introducción

En México se destina alrededor de 60% del territorio nacional (\approx 110 millones de hectáreas) a la actividad ganadera (FIRA, 2010). La ganadería bovina de carne es la actividad más productiva y distribuida, ya que genera al país materias primas, divisas y empleos; sin embargo, en los últimos años el sector pecuario mexicano ha disminuido la productividad, por aumento en costos de producción, derivado de los incrementos en las materias primas, pérdida de rentabilidad, reducción de las unidades productivas, entre otros (Carrera y Bustamante, 2013; Hernández *et al.*, 2016).

La alimentación representa la mayor parte de los costos de producción, que en ocasiones llegan a ser hasta de 70%; por ello, resulta importante que los ganaderos reduzcan dichos costos, mediante la producción de forraje, ya que es un alimento más económico en comparación con las dietas integrales (Hernández *et al.*, 2016). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la producción de forraje es variable durante el año, en la época de mayor precipitación se produce cerca de 90% de la producción anual de forraje; mientras que en la época seca la disponibilidad de este recurso para alimentar a los rumiantes es limitado (Garay-Martínez *et al.*, 2018).

Una alternativa para contrarrestar la falta de alimento durante la época seca es la conservación del forraje, que puede ser mediante el proceso de ensilaje (Daniel *et al.*, 2019). El forraje de maíz es el que más se ensila, en particular, por su alto rendimiento de biomasa y elevado contenido de carbohidratos disponibles (Fuentes *et al.*, 2001).

México es centro de origen y domesticación del maíz y uno de los centros de diversificación más reconocidos (González *et al.*, 2013). Muchas poblaciones nativas de México han sido la base para el desarrollo de cultivares mejorados en todo el mundo. El germoplasma nativo de Tamaulipas al igual que en todo México, posee alta variabilidad, alto potencial de rendimiento de grano y adaptación a ambientes restrictivos, lo que demuestra su alto valor fitogenético y alto potencial de usos (Castro *et al.*, 2013); sin embargo, un porcentaje alto se produce exclusivamente para la producción de grano. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y valor nutritivo de forraje fresco y ensilado producido por maíz nativo en condiciones subtropicales.

Materiales y métodos

El presente estudio se realizó durante el ciclo otoño-invierno (O-I) 2017 en las instalaciones de la Posta Zootécnica 'Ing. Herminio García González' de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Las coordenadas geográficas son 23° 56' 26.5" latitud norte y 99° 05' 59.9" longitud oeste, a 193 msnm, la temperatura máxima es alrededor de 37.2 °C y la mínima de 8.4 °C, la precipitación anual acumulada es de 730 mm (SMN, 2020). El clima del lugar se clasifica como BS₁ (h')hw (Vargas *et al.*, 2007).

El suelo del lugar es de textura arcillosa, pH de 8.3 y contenidos de materia orgánica y nitrógeno de 4.2 y 0.25%, respectivamente (Garay-Martínez *et al.*, 2018). De una colecta de 100 poblaciones de maíz nativo (González-Martínez *et al.*, 2018), se seleccionaron de manera visual poblaciones con características sobresalientes para la producción de forraje: tallo delgado, altura de 2.5 a 3 m, más de 8 hojas y láminas foliares de mayor área. De dicha selección resultaron 10 poblaciones de maíces nativos con características forrajeras y se utilizó a la variedad sintética V-402 (Variedad Breve Padilla) como testigo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Material genético evaluado (maíces nativos y uno mejorado) y origen de procedencia.

Tratamiento	Genotipo	Procedencia
1	Ratón × Olotillo I	Jaumave
2	Ratón × Olotillo II	Jaumave
3	Ratón I	Tula
4	Tuxpeño	Jaumave
5	Ratón × Tuxpeño	Jaumave
6	Tuxpeño Norteño × Ratón	Jaumave
7	Ratón II	Jaumave
8	Ratón × Olotillo III	Tula
9	Vandeño	Jaumave
10	Tuxpeño Norteño × Elotes Occidentales	Jaumave
11	V-402	INIFAP

El experimento se estableció con un riego de pre siembra y riegos de auxilio a capacidad de campo. La preparación del suelo se realizó con labores agrícolas recomendadas en el paquete tecnológico, para producción de maíz en la zona centro y norte del estado de Tamaulipas (Reyes, 2017). La siembra se realizó de manera manual (dos surcos por cada unidad experimental) y se colocaron tres semillas por golpe. La separación entre plantas y surcos fue de 0.5 y 0.8 m, respectivamente; para obtener una densidad $\approx 50\ 000$ plantas ha^{-1} .

Los genotipos evaluados no mostraron diferencias estadísticas para los días a floración femenina, por lo que la cosecha se realizó a los 15 días después del cierre de esta floración. En cada unidad experimental se cosecharon dos plantas, se separaron en componentes morfológicos: vaina, lámina foliar, tallo, panícula, elote y brácteas; no se consideró el material muerto o senescente, por ausencia. Posteriormente, cada componente se depositó en bolsas de papel y se secaron en una estufa de aire forzado (OMS60, Thermo Scientific®, USA) a 65 °C durante 72 h. Todos los componentes se pesaron antes y después de secarse para determinar el contenido de materia seca (MS) y estimar el rendimiento de cada uno en t ha^{-1} .

Las unidades SPAD se determinaron mediante tres lecturas en la hoja de la mazorca y posteriormente se promedió. A la hoja antes mencionada se le determinó el área foliar mediante un medidor láser portátil (CI-202, Kosmos Scientific®, USA), posteriormente se secó y se pesó, para determinar el índice de área foliar (IAF) y área foliar específica (AFE; $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$). Para la elaboración de silos (tubo PVC, 6" × 40 cm) se cosecharon cinco plantas de cada unidad experimental, se picaron en trozos de 1 a 3 cm, se depositaron en los silos, se compactó y se selló, transcurridos 90 días se abrieron y se obtuvieron muestras de análisis. Los análisis químicos del forraje y ensilado se determinaron en los cinco genotipos que presentaron mayor rendimiento de materia seca.

El contenido de proteína cruda y cenizas se analizaron con las metodologías descritas por la AOAC (Horwitz, 2000). La FDN y FDA se determinaron mediante el método de Ankom (Ankom Technology, 2010). Para cada variable se realizó un análisis de varianza (SAS, 2002) bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Cuando se encontró diferencia estadística, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

Los genotipos de mayor rendimiento de MST fueron Tuxpeño Norteño × Ratón y Ratón × Tuxpeño, 10.45 t ha⁻¹ en promedio ($p < 0.05$). El genotipo Ratón I fue de menor rendimiento, con 6.53 t ha⁻¹ (Cuadro 2). Los valores máximos ($p < 0.05$) de materia seca de lámina foliar se presentaron en V-402, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño × Ratón, con 1.8, 1.83 y 1.89 t ha⁻¹, respectivamente; el menor valor lo tuvo Ratón II con 1.23 t ha⁻¹. El genotipo Tuxpeño Norteño × Ratón produjo mayor rendimiento de tallo (3.97 t ha⁻¹) mientras que, Ratón × Olotillo I, Ratón × Olotillo II, Ratón I, V-402 y Ratón II presentaron menores valores (1.96, 1.89, 1.59, 1.63 y 1.72 t ha⁻¹, respectivamente).

El genotipo Ratón × Tuxpeño presentó el mayor rendimiento de bráctea, 1.92 t ha⁻¹ ($p < 0.05$) en contraste, Ratón I, Ratón II, Ratón × Olotillo III y Vandeño tuvieron los menores rendimientos, con 1.20, 1.25, 1.26 y 1.06 t ha⁻¹, respectivamente. El testigo (V-402) obtuvo la mayor producción de elote, 4.2 t ha⁻¹ ($p < 0.05$) en tanto, que Ratón × Olotillo I y Vandeño tuvieron el menor rendimiento (0.82 y 0.85 t ha⁻¹, respectivamente). Para la variable panícula, la mayoría de los genotipos evaluados se comportaron de manera similar, excepto V-402, quien obtuvo el menor valor, con 0.14 t ha⁻¹ ($p < 0.05$). En el componente vaina, el genotipo Vandeño fue quien presentó la mayor producción ($p < 0.05$) con 1.07 t ha⁻¹ en comparación a Ratón II, quien presentó el menor rendimiento de 0.67 t ha⁻¹ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca total (MST) y por componente morfológico en maíces nativos y una variedad sintética.

Genotipo	Rendimiento de materia seca (t ha ⁻¹)						
	LF	Tallo	Bráctea	Elote	Panícula	Vaina	MST
Rat × Olo I	1.53 ab	1.96 d	1.4 abc	0.82 e	0.23 ab	0.93 ab	6.87 ef
Rat × Olo II	1.45 ab	1.89 d	1.36 bc	1.4 cde	0.24 a	0.8 ab	7.14 def
Rat I	1.43 ab	1.59 d	1.2 c	1.26 de	0.24 a	0.82 ab	6.53 f
Tux	1.83 a	2.08 cd	1.47 abc	1.34 cde	0.26 a	0.94 ab	7.91 cdef
Rat × Tux	1.75 ab	3.03 b	1.92 a	2.47 bc	0.27 a	0.81 ab	10.24 ab
Tux Nor × Rat	1.89 a	3.97 a	1.82 ab	1.79 cde	0.23 ab	0.96 ab	10.66 a
Rat II	1.23 b	1.72 d	1.25 c	3.26 ab	0.22 ab	0.67 b	8.34 cd
Rat × Olo III	1.62 ab	2.7 bc	1.26 c	2.27 bcd	0.28 a	0.88 ab	9.01 bc
Van	1.7 ab	3.09 b	1.06 c	0.85 e	0.28 a	1.07 a	8.04 cde
Tux Nor × EO	1.55 ab	2.71 b	1.55 abc	2.99 b	0.2 ab	0.82 ab	9.81 ab
V-402	1.8 a	1.63 d	1.37 abc	4.2 a	0.14 b	0.86 ab	10 ab

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$). Rat × Olo I= Ratón × Olotillo I; Rat × Olo II= Ratón × Olotillo II; Rat I= Ratón I; Tux= Tuxpeño; Rat × Tux= Ratón × Tuxpeño; Tux Nor × Rat= Tuxpeño Norteño × Ratón; Rat II= Ratón II; Rat × Olo III= Ratón × Olotillo III; Van= Vandeño; Tux Nor × EO= Tuxpeño Norteño × Elotes Occidentales; V-402= variedad sintética Breve Padilla; LF= lámina foliar.

En un estudio con maíces nativos e híbridos, Lucio *et al.* (2018) encontraron que los rendimientos de MS de los nativos fueron superiores a los híbridos hasta 79%. Sin embargo, Godina *et al.* (2020), mencionan que el rendimiento de MST del genotipo Tuxpeño Norteño superó en 99% a V-402; mientras que, en esta investigación, los maíces nativos y el testigo (V-402) fueron estadísticamente

similares. Los rendimientos máximos de MST obtenidos en el presente trabajo son menores a Lucio *et al.* (2018) y mayores a los de Godina *et al.* (2020), quienes reportan 16.85 y 8.88 t ha⁻¹, respectivamente. En otro estudio Balseca-Guzmán *et al.* (2018) muestran que en el ciclo primavera verano, el germoplasma nativo tuvo mayor rendimiento de MS total que un híbrido comercial, por lo que este germoplasma tiene el potencial de utilización para la producción de biomasa.

Los resultados anteriores, se deben, a la adaptación alta a ambientes del Centro de Tamaulipas de las poblaciones nativas evaluadas, y a la alta variabilidad de estas. Para obtener forraje de maíz con alto valor energético, se requiere utilizar materiales que tengan al menos 54% de mazorca (Núñez *et al.*, 2003); cabe mencionar, que ninguno de los materiales evaluados en este estudio presentó dicho valor; sin embargo, V-402 y Ratón II presentaron valores de 42 y 39%, respectivamente.

No hubo diferencias estadísticas ($p > 0.05$) en la variable SPAD (Cuadro 3), cuyo promedio general fue 52.1. En cuanto al AFE, el genotipo Ratón I mostró el valor máximo (180 cm² g⁻¹) mientras que Vandeño presentó la menor AFE (142 cm² g⁻¹). Los genotipos V-402, Tuxpeño, Ratón × Tuxpeño y Tuxpeño Norteño × Ratón mostraron el mayor IAF con un valor alrededor de 2.9; sin embargo, Ratón II presentó el menor valor de 1.8 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Unidades SPAD, índice de área foliar (IAF) y área foliar específica (AFE; cm² g⁻¹) en maíces nativos y una variedad sintética.

Genotipo	Parámetros		
	SPAD	AFE	IAF
Rat × Olo I	51.7 a	167 ab	2.6 ab
Rat × Olo II	51.7 a	169 ab	2.5 ab
Rat I	47.6 a	180 a	2.6 ab
Tux	51.9 a	158 ab	2.9 a
Rat × Tux	53.2 a	158 ab	2.8 a
Tux Nor × Rat	52.6 a	161 ab	3 a
Rat II	54.3 a	150 ab	1.8 b
Rat × Olo III	48.6 a	156 ab	2.5 ab
Van	48.2 a	142 b	2.4 ab
Tux Nor × EO	56.6 a	148 ab	2.3 ab
V-402	56.7 a	168 ab	3 a

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$). Rat × Olo I= Ratón × Tuxpeño Norteño × Elotes Occidentales; V-402= variedad sintética Breve Padilla; AFE= área foliar específica; IAF= índice de área foliar Olotillo I; Rat × Olo II= Ratón × Olotillo II; Rat I= Ratón I; Tux= Tuxpeño; Rat × Tux: Ratón × Tuxpeño; Tux Nor × Rat= Tuxpeño Norteño × Ratón; Rat II= Ratón II; Rat × Olo III= Ratón × Olotillo III; Van= Vandeño; Tux Nor × EO.

Al evaluar diferentes genotipos de maíz en el estado de Tamaulipas, Castro-Nava *et al.* (2014) reportaron que los maíces nativos de Tamaulipas presentaron mayor índice de área foliar en las localidades de Güémez (1.73 vs 1.49) y Río Bravo (2.45 vs 2), Tamaulipas, durante el ciclo otoño-invierno de 2008 y con temperaturas elevadas; mientras que, en este estudio, algunos materiales llegaron a presentar valores entre 2.9 y 3 (Tuxpeño, Ratón × Tuxpeño y Tuxpeño Norteño × Ratón) (Cuadro 3). En este sentido, Camacho *et al.* (1995) mencionaron que el rendimiento de grano en maíz aumenta a medida que lo hace el área foliar y el índice de área foliar, debido a que es consecuencia directa del área foliar total por planta.

En el Cuadro 4, se muestra el análisis químico del forraje y el ensilado de cinco genotipos con mayor rendimiento de MS. El contenido de proteína cruda (PC) en el ensilado fue mayor ($p < 0.05$) que en el forraje (8.2 vs 7.8%). Se encontraron diferencias significativas en contenido de PC tanto en forraje como en ensilado. El genotipo que presentó el mayor contenido de PC en forraje fue Ratón × Tuxpeño (8.6%); en tanto, el que mostró el menor contenido de este grupo fue Ratón × Olotillo III (7.1%). En ensilado, el genotipo con mayor contenido de PC fue Tuxpeño Norteño × Elotes Occidentales (8.7%), mientras que, el menor fue Tuxpeño Norteño × Ratón (7.5%).

Cuadro 4. Prueba de medias del análisis químico de forraje y ensilado de cinco genotipos de maíz seleccionados con altos rendimientos en materia seca total (MST).

Genotipo	Análisis químico (%)			
	PC	CE	FDN	FDA
	Forraje			
V-402	7.8 ab	5.2 a	51.9 b	22.6 b
Rat × Tux	8.6 a	5.7 a	54.5 b	23.3 b
Tux Nor × Rat	7.8 ab	5.5 a	57.4 a	26.6 a
Rat × Olo III	7.1 b	5.5 a	53.2 b	22.3 b
Tux Nor × EO	7.8 ab	5.5 a	53.9 b	23.8 b
Promedio	7.8 B	5.5 B	54.2 A	23.7 B
	Ensilado			
V-402	8.3 ab	6.9 a	48.5 b	23.3 b
Rat × Tux	8.4 ab	6.8 a	53.2 a	26.6 a
Tux Nor × Rat	7.5 b	6.2 a	54.4 a	26.8 a
Rat × Olo III	8.3 ab	6.2 a	54.8 a	26.2 a
Tux Nor × EO	8.7 a	6.6 a	52 ab	25.6 ab
Promedio	8.2 A	6.5 A	52.6 B	25.7 A

Medias con distinta letra (a, b, c, d) en una columna y entre grupos (A, B) son estadísticamente diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$). Rat × Tux= Ratón × Tuxpeño; Tux Nor × Rat= Tuxpeño Norteño × Ratón; Rat × Olo III= Ratón × Olotillo III; Tux Nor × EO= Tuxpeño Norteño × Elotes Occidentales; PC= proteína cruda; CE= Cenizas; FDN= fibra detergente neutra; FDA= fibra detergente ácida.

En un estudio, al evaluar diferentes maíces híbridos, Zaragoza-Esparza *et al.* (2019) encontraron diferencias significativas en el contenido de proteína cruda, en un rango de 7.8 a 9%, los cuales, coinciden con los obtenidos en el presente estudio. Sin embargo, Velázquez-Martínez *et al.* (2018) mencionan que, en algunos lugares, el maíz para forraje es cosechado hasta que las plantas se encuentran en senescencia, con lo cual disminuye su valor nutritivo. Además, trae como consecuencia mayor pérdida de alimento, ya que el ganado solamente consume las hojas, en caso de proporcionarse planta entera.

Por otro lado, en un estudio realizado con maíces híbridos del grupo intermedio y precoz, Núñez *et al.* (2001) encontraron valores de proteína cruda entre 8 y 9.2% en los genotipos intermedios y de 8.4 a 9.4% PC en precoces, resultados similares obtenidos en el presente estudio con los maíces nativos. Esto sugiere que, los rumiantes alimentados con forraje de maíz nativo aprovecharán la energía proveniente de la celulosa y hemicelulosa, ya que la concentración mínima de proteína cruda en la dieta de los rumiantes debe ser 7%, para apoyar la actividad óptima de la población de microorganismos y garantizar la digestión adecuada de la fibra en el rumen (Belachew *et al.*, 2013).

El contenido de cenizas (CE) fue mayor ($p < 0.05$) en ensilado que en forraje (6.5 vs 5.5%) mientras que, entre los genotipos dentro de estos dos grupos no existió diferencia ($p > 0.05$). Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) tanto en el contenido de fibra detergente neutro (FDN) como en el de fibra detergente ácido (FDA). Dentro de la evaluación del forraje, Tuxpeño Norteño × Ratón presentó el mayor contenido de FDN y FDA (57.4 y 26.6%, respectivamente).

Al comparar entre grupos, el forraje tuvo mayor contenido de FDN y menor de FDA (54.2 y 23.7%, respectivamente). En el ensilado, los genotipos Ratón × Tuxpeño, Tuxpeño Norteño × Ratón y Ratón × Olotillo III, presentaron mayor contenido de FDN y FDA (54.1 y 26.5%, respectivamente). En este sentido, en el ensilado, V-402 mostró el menor contenido de FDN y FDA con valores de 48.5 y 23.3%, respectivamente. En el presente estudio, se obtuvieron mayores valores de FDN en forraje que en el ensilado (54.2 vs 52.6). Se debe tomar en cuenta que la concentración de la fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácido (FDA) determinan la calidad nutricional de los forrajes (Van Soest, 1994), ya que altos contenidos de fibra en los forrajes generan disminución en la digestibilidad de este y se considera de bajo valor nutricional (Segura *et al.*, 2007).

Las cenizas representan la fracción correspondiente a los minerales del alimento, incinerando toda la materia orgánica, quedando solo los compuestos inorgánicos (Caravaca *et al.*, 2005). Dentro de los análisis correspondientes a el forraje y el ensilado, existieron diferencias significativas entre los genotipos, de 5.2 a 5.7% de cenizas para el forraje y 6.2 a 6.9% para el ensilado.

Al respecto, al analizar el porcentaje de ceniza a diferentes días de edad, Amador y Boschini (2000) encontraron que en cada corte se tienen porcentajes diferentes, sin una relación de incremento, observando que, a los 121 días se tuvo 8.1% y fue a esta edad, donde se produjo el mayor rendimiento de materia seca total.

Conclusiones

El genotipo Tuxpeño Norteño × Ratón presentó el mayor rendimiento de materia seca total y valor nutritivo, características deseables en maíces forrajeros. El valor nutritivo del forraje se preservó mediante el ensilaje, por lo que este proceso podría ser una alternativa de conservación de forraje de maíz nativo para épocas críticas en condiciones subtropicales.

Literatura citada

- Amador, R. A. L. y Boschini, F. C. 2000. Fenología productiva y nutricional de maíz para la producción de forraje. *Agron. Mesoam.* 11(1):171-177. <http://www.mag.go.cr/rev-meso/v11n01-171.pdf>.
- ANKOM. 2010. Ankom technology. Operator's manual 'Daisy' incubator. Ankom technology, Macedon, NY, EUA. https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method_3.Invitro_D200_D200I.pdf.
- Balseca-Guzmán, D. G.; Cienfuegos-Rivas, E. G.; López-Santillán, J. A.; Martínez-González, J. C.; Reyes-Méndez, C. A.; Rocandio-Rodríguez, M.; Hernández-Meléndez, J. and López-Aguirre, D. 2018. Forage yield and quality of yellow grain maize (*Zea mays* L.) cultivars at two population densities in the tropical region of Tamaulipas Mexico. *Glob. Adv. Res. J. Agric. Sci.* 7(4):130-136. <http://garj.org/garjas/4/2018/7/4/forage-yield-and-quality-of-yellow-grain-maize-zea-mays-l-cultivars-at-two-population-densities-in-the-tropical-region-of-tamaulipas-mexico>.

- Camacho, R. G.; Garrido, O. y Lima, M. G. 1995. Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays* L.) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. *Sci. Agric.* 52(2):294-298. <https://doi.org/10.1590/S0103-90161995000200015>.
- Caravaca, F. P.; Castel, J. M.; Guzmán, J. L.; Delgado, M.; Mena, Y.; Alcalde, M. J. y González, P. 2005. Bases de la producción animal. Universidad de Sevilla. Sevilla. 512 p.
- Carrera, C. B. y Bustamante, L. T. I. 2013. ¿Es la ganadería bovina de carne una actividad competitiva en México? *Nóesis.* 22(43):19-50. <https://doi.org/10.20983/noesis.2013.1.1>.
- Castro, S.; López, J. A.; Pecina, J. A.; Mendoza, M. C. y Reyes, C. A. 2013. Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 4(4):645-653. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i4.1196>.
- Castro-Nava, S.; Reyes-Méndez, C. A. y Huerta, A. J. 2014. Diversidad genética de características del área foliar en maíces nativos de Tamaulipas bajo altas temperaturas. *Rev. Fitotec.* 37(3):217-223. <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/37-3/4a.pdf>.
- Belachew, Z.; Yisehak, K.; Taye, T. and Janssens, G. P. J. 2013. Chemical composition and in Sacco ruminal degradation of tropical trees rich in condensed tannins. *Czech J. Anim. Sci.* 58(4):176-192. <https://doi.org/10.17221/6712-CJAS>.
- Daniel, J. L. P.; Bernardes, T. F.; Jobim, C. C.; Schmidt, P. and Nussio, L. G. 2019. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass Forage Sci.* 74(2):188-200. <https://doi.org/10.1111/gfs.12417>.
- FIRA. 2010. Tendencias y oportunidades del desarrollo de la lechería en México. FIRA Banco de México, DF. Vol. 23. Boletín informativo Núm. 317.
- Fuentes, J.; Cruz, A.; Castro, L.; Gloria, G.; Rodríguez, S. y Ortiz de la Rosa, B. 2001. Evaluación de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para ensilado. *Agron. Mesoam.* 12(2):193-197. <https://doi.org/10.15517/am.v12i2.17233>.
- Garay-Martínez, J. R.; Joaquín-Cancino, S.; Estrada-Drouaillet, B.; Martínez-González, J. C.; Joaquín-Torres, B. M.; Limas-Martínez, A. G. y Hernández-Meléndez, J. 2018. Acumulación de forraje de pasto buffel e híbridos de *Urochloa* a diferente edad de rebrote. *Ecosist. Rec. Agropec.* 5(15):573-581. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1634>.
- Godina, J. E.; Garay, J. R.; Mendoza, S. I.; Joaquín, S.; Rocandio, M. y Lucio, F. 2020. Rendimiento de forraje y composición morfológica de maíces nativos en condiciones semiáridas. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 24(Esp):59-68. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2358>.
- González, M. E.; Palacios, N.; Espinoza, A. y Bedoya, C. A. 2013. Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. *Rev. Fitotec.* 36(Supl 3-A):329-338. <https://www.revista fitotecniamexicana.org/documentos/36-supl-3-A/6a.pdf>.
- González-Martínez, J.; Rocandio-Rodríguez, M.; Chacón-Hernández, J. C.; Vanoye-Eligio, V. y Moreno-Ramírez, Y. 2018. Distribución y diversidad de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el altiplano de Tamaulipas, México. *Agroproductividad* 11(1):124-130. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/163>.
- Hernández, J.; Rebollar, A.; Mondragón, J.; Guzmán, E. y Rebollar, S. 2016. Costos y competitividad en la producción de bovinos carne en corral en el sur del Estado de México. *Investigación y Ciencia.* 69:13-20. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2016691860>.
- Horwitz, W. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International. Association of Official Analytical Chemists. USA. 2 200 p.
- Lucio, F.; Garay, J. R.; Rocandio, M.; Ruiz, S. y Joaquín, S. 2018. Potencial forrajero de maíces nativos e híbridos en Tula, Tamaulipas. *Transversalidad Científica y Tecnológica* 2(1):89-93.

- Núñez, G.; Contreras, E. F. y Faz, R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Téc. Pec. Méx.* 41(1):37-48. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1288/1283>.
- Núñez, G.; Faz, R.; Tovar, M. R. y Zavala, A. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Téc. Pec. Méx.* 39(2):77-88. <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1332/1327>.
- Reyes, C. A. 2017. Maíz de riego para el norte y centro de Tamaulipas, ciclo P-V. *In: Agenda Técnica Agrícola Tamaulipas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). México, DF. 266-268 pp.
- SAS Institute. 2002. User's guide of Statistical Analysis System (SAS). SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 550 p.
- Segura, F.; Echeverri, R.; Patiño, A. C. y Mejía, A. I. 2007. Descripción y discusión acerca de los métodos de análisis de fibra y del valor nutricional de forrajes y alimentos para animales. *Vitae* 14(1):72-81. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/article/view/596>.
- SMN. 2020. Servicio Meteorológico Nacional. Normales climatológicas por estado-Tamaulipas. Servicio Meteorológico Nacional. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=tamps>.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2^a (Ed.). Cornell University Press, EUA. 476 p.
- Vargas, T. V.; Hernández, R. M. E.; Gutiérrez, L. J.; Plácido, D. C. J. y Jiménez, C. A. 2007. Clasificación climática del estado de Tamaulipas, México. *Ciencia UAT*. 2(2):15-19. <https://revistaciencia.uat.edu.mx/index.php/CienciaUAT/article/view/444/254>.
- Velázquez-Martínez, M.; Mendoza-Guzmán, S.; Hernández-Guzmán, F. J.; Landa-Salgado, P.; Nieto-Aquino, R. y Mata-Espinosa, M. A. 2018. Producción forrajera de mijo perla y maíz en el Altiplano potosino de México. *Rev. Fitotec.* 41(4):77-482. <https://www.revistafito tecniamexicana.org/documentos/41-4/14a.pdf>.
- Zaragoza-Esparza, J.; Tadeo-Robledo, M.; Espinosa-Calderón, A.; López-López, C; García-Espinosa, J. C.; Zamudio-González, B.; Turrent-Fernández, A. y Rosado-Núñez, F. 2019. Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 10(1):101-111. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1403>.