

# Características agronómicas y forrajeras de variedades nativas de maíz en Las Montañas, Veracruz, México

Agronomic and forage characteristics of native corn varieties in Las Montañas, Veracruz, Mexico

José Luis del Rosario-Arellano<sup>1</sup> , Juan Salazar-Ortiz<sup>\*2</sup> , Pablo Andrés-Meza<sup>1</sup> ,  
Ricardo Serna-Lagunes<sup>1</sup> , Viridiana Borbonio-Fernández<sup>1</sup> , Carlos Jesús Real-Garrido<sup>1</sup> ,  
Norma Ana Belí Coria-Gil<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana, carretera Peñuela-Amatlán, km 177, 94945, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, carretera Federal Córdoba-Veracruz, km 348, 94946, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México.

\*Autor para correspondencia: salazar@colpos.mx

## Fecha de recepción:

30 de mayo de 2023

## Fecha de aceptación:

20 de junio de 2023

## Disponible en línea:

2 de julio de 2024

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



Reconocimiento-

NoComercial-

CompartirIgual 4.0

Internacional

(CC BY-NC-SA 4.0)

## RESUMEN

Existe una demanda creciente de forraje en el sector ganadero. El objetivo de esta investigación fue caracterizar el comportamiento agronómico y forrajero de variedades de maíz nativo. Para ello, en 2022 se evaluaron las variedades Criollo y Crema, del municipio de Carrillo Puerto, y Criollo, de Amatlán, Veracruz, México, bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Se registraron las variables: floración masculina y femenina; altura de la planta y mazorca; número y dimensiones de la hoja; diámetro del tallo; acame de raíz y rendimiento de forraje verde y fresco. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey ( $p < 0.05$ ). La variedad Crema de Carrillo Puerto presentó mejor comportamiento agronómico, así como en los componentes de forraje. Se alcanzaron 29.14 y 33.91 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde con los materiales Criollo de Amatlán y Criollo de Carrillo Puerto, respectivamente ( $p > 0.05$ ), rendimientos similares al promedio nacional y estatal. Las variedades nativas de maíz presentan un potencial desconocido que pueden atender a la demanda de recursos fitogenéticos para la ganadería regional.

## PALABRAS CLAVE

*Zea mays*, forraje verde, forraje seco, caracteres agronómicos, conservación

## ABSTRACT

There is a growing demand for forage in the livestock sector. The objective of this research was to characterize the agronomic and forage behavior of native corn varieties. To this end, in 2022 the varieties Criollo and Crema, from the municipality of Carrillo Puerto, and Criollo, from Amatlán, Veracruz, Mexico, were evaluated under a completely randomized block design with four repetitions. The following variables were registered: male and female flowering; height of the plant and cob; number and dimensions of the sheet; stem diameter; root lodging and fresh green forage yield. The data were subjected to an analysis of variance and comparison of means by Tukey ( $p < 0.05$ ). The Crema de Carrillo Puerto variety presented better agronomic performance, as well as in forage components. 29.14 and 33.91 t ha<sup>-1</sup> of green forage were achieved with the Criollo de Amatlán and Criollo de Carrillo Puerto materials, respectively ( $p > 0.05$ ), yields similar to the national and state average. Native varieties of corn have an unknown potential that can meet the demand for plant genetic resources for regional livestock farming.

## KEYWORDS

*Zea mays*, green forage, dry forage, agronomic characters, conservation

## INTRODUCCIÓN

El maíz es una de las especies domesticadas por el ser humano hace aproximadamente 10,000 años. Se usa para suplir las necesidades alimentarias, aunque también se orienta al sector industrial, energético y mayormente en el ámbito pecuario (OECD/FAO 2020). En la actualidad, el cultivo de maíz se cataloga como líder en la producción global de cereales al registrar 1,423 millones de toneladas (FAOSTAT 2022), con expectativas de convertirse en el de mayor extensión y comercialización en la próxima década (Erenstein et al. 2022).

En México, el maíz representa la principal fuente de energía para la población (Cuevas 2014); sin embargo, hasta 16 por ciento de la producción de grano se destina al sector pecuario, ya sea como grano entero, quebrado o molido, sin olvidar que la biomasa de la planta se ofrece como rastrojo, forraje o ensilado para el ganado (Guevara-Hernández et al. 2019). Con base en las estadísticas, en 2021 la producción pecuaria alcanzó 24.14 millones de toneladas, con una predominancia en la producción de carne y leche de bovino, cifras lideradas por los estados de Jalisco (22.8%), Durango (8.1%), Coahuila (7.4%), Veracruz (7.1%) y Guanajuato (5.6%) (SADER-SIAP 2022). Esto repercutió en los cambios de los patrones de cultivo, ya que la superficie de pastos y forrajes ocupó hasta una cuarta parte del área cosechada (FAO 2019) para satisfacer la alimentación del hato ganadero (SIAP 2018).

El forraje de maíz es muy apreciado para las dietas de animales debido a su aporte energético y nutricional (Njoka et al. 2004; Zaragoza-Esparza et al. 2019), pues contiene un elevado porcentaje de materia seca y nutrientes digestibles, además de buena palatabilidad, facilidad de preparación y altos rendimientos por hectárea (Amat 2019). Por ello, variedades de maíz con alto rendimiento y más de 35 por ciento de materia seca son preferidas por el sector pecuario (Robles et al. 2021).

Es importante mencionar que México es centro de origen y diversificación continua del maíz (Kato et al. 2009), lo que da lugar a una amplia variedad genética (Caballero-García et al. 2020) intra e interespecífica de maíces nativos, con características y propiedades desconocidas, e, incluso, con adaptaciones a ambientes restrictivos. Al respecto, un alto porcentaje del germoplasma de maíz nativo se ha orientado a la producción

de grano (Castro et al. 2013); sin embargo, es posible que presenten características forrajeras de importancia, que, de usarse, podrían estimular el cultivo, consumo y conservación (González-Cortés et al. 2016). De lo anterior, Pecina et al. (2011) señalaron que los genotipos de maíz tropical con características como porte alto, mayor número de hojas, tallos gruesos y fuertes son prometedores para la producción de forraje; esto trae ventajas, ya que Franco et al. (2015) reportaron que las variedades nativas sobresalientes del Valle Toluca-Atlaquemulco, México, alcanzaron 113.29 y 22.10 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde y seco, respectivamente. Así, la alta cantidad de biomasa presente en los maíces nativos los hace promisorios para emplearse en los sistemas de producción ganadera, sector que en los últimos años ha sido afectado por el alza de insumos alimenticios (Ruiz et al. 2018).

Por último, cabe resaltar que la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, en su artículo 179, considera al maíz como uno de los siete cultivos básicos y estratégicos, por su uso como alimento humano, pero también para la producción de forraje (FAO 2019). Esto, aunado a las acciones integrales a corto, mediano y largo plazo, enfocadas a la contribución del conocimiento, la conservación, la caracterización y el aprovechamiento sostenible de la diversidad de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura, en el marco del Subcomité de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2020), además de la alta riqueza genética del maíz en el estado de Veracruz (Caballero-García et al. 2020), contribuye al establecimiento de estrategias para explorar el comportamiento de materiales genéticos de maíz. De esta manera, el objetivo de la investigación fue caracterizar el comportamiento agronómico y forrajero de las variedades de maíz nativo Criollo y Crema, del municipio de Carrillo Puerto, y también Criollo, de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, bajo condiciones de temporal para su valoración como recurso fitogenético para la alimentación pecuaria local.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción del área de estudio

El establecimiento de las variedades de maíz nativo se llevó a cabo en franjas intermedias de un huerto de

limón de tres años, localizado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana, en la localidad de Peñuela, municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México (18° 51' N y 96° 54' O, 731 msnm). El área presenta un clima semicálido húmedo (A)C(m)(f) (García 2004; INEGI 2023). La precipitación es de 2,230.9 mm, y la temperatura media anual máxima y mínima, de 28.8 y 17.2 °C, respectivamente (Díaz et al. 2006), con un tipo de suelo vertisol (INEGI 2022).

### Variedades de maíz evaluadas

En el estudio se utilizaron tres variedades nativas: maíz Criollo y Crema del municipio de Carrillo Puerto, y Criollo de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. Las características del lugar de origen de los materiales genéticos se muestran a continuación (Cuadro 1).

### Condiciones climáticas

El estudio de las condiciones climáticas es de relevancia, por ser uno de los factores que determinan la productividad (Macedo et al. 2019; Santiago et al. 2018). Para ello, se descargó, analizó y aplicó estadística descriptiva a los datos de las variables temperatura y precipitación durante el periodo de crecimiento del cultivo (NASA 2022).

### Establecimiento y manejo experimental

El suelo se preparó por medio de un chapeo en conjunto con la aplicación de herbicida orgánico (SecBios®, Biosustenta, Michoacán, México); luego, se realizó un subsuelo a 20 cm de profundidad, seguido del surcado con una distancia de 80 cm entre surco y surco. La

unidad experimental constó de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m), para lo cual se empleó un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, donde se evaluaron las variedades de maíz nativo Criollo y Crema, del municipio de Carrillo Puerto, y Criollo, del municipio de Amatlán. La siembra se llevó a cabo el 9 de junio de 2022, colocando tres semillas por golpe cada 80 cm (distancia de siembra local). A los 15 días después de la siembra (dds) se realizó un aclareo, con el objetivo de dejar sólo una planta por hoyo para alcanzar una densidad de 15,625 plantas ha<sup>-1</sup>. La parcela útil correspondió a los dos surcos centrales para evitar el efecto orilla.

Durante el mantenimiento del cultivo, las malezas se manejaron manualmente. Se aplicó el ingrediente activo cipermetrina a 20.36 por ciento de concentración ((±)-Alfa-Ciano-3-Fenoxibencil (±)-cis, trans-3-(2,2-diclorovinil)-2,2-dimetilciclopropanocarboxilato) a razón de 2 ml L<sup>-1</sup> de agua para el control de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) y *Diabrotica balteata* (LeConte). A los 30 dds se presentaron signos de tizón o quemazón (*Helminthosporium turcicum* (Pass) Leonard and Suggs); su control fue con los ingredientes Azoxystrobin + cyproconazole a una dosis de 0.72 ml L<sup>-1</sup> de agua. La nutrición se realizó en dos etapas: 1) fórmula 64-46-00, que consistió en la aplicación de 100.44 kg ha<sup>-1</sup> de fosfato diamónico + 55.8 kg ha<sup>-1</sup> de urea a los 20 dds, y 2) 156.25 kg ha<sup>-1</sup> de la fórmula 12-8-16 + 3 Mg O + 10 S (0.06 Fe, 0.02 B y 0.01 Zn), a los 50 dds, aterrando inmediatamente.

### Variables agronómicas y forrajeras evaluadas

Se evaluaron las siguientes variables agronómicas y forrajeras; floración masculina (FM): se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta que 50

**Cuadro 1. Características geográficas y edafoclimáticas de los lugares de procedencia de las variedades nativas de maíz en Veracruz, México.**

Variedad	Municipio	Localización geográfica			Clima	Tipo de suelo
		LN	LO	Altitud (msnm)		
Criollo	Carrillo Puerto	18.783472	-96.6342	248	Cálido subhúmedo	Leptosol
Crema	Carrillo Puerto	18.783340	-96.6342	248	Cálido subhúmedo	Leptosol
Criollo	Amatlán	18.857615	-96.9129	731	Semicálido húmedo	Vertisol

por ciento de las plantas se encontraban en antesis; floración femenina (FF): se contaron los días transcurridos desde la siembra hasta que 50 por ciento de las plantas mostraron estigmas receptivos con una longitud visible de al menos tres centímetros; altura de la planta (ALPTA): se registró la altura en cm desde la superficie del suelo hasta el nudo de inserción de la espiga; altura de la mazorca (ALMZ): se midió en cm desde la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca principal; número de hojas (NHOJ): se contabilizó desde la base de la planta hasta la hoja bandera; largo y ancho de la hoja (LH, AH): se registró la dimensión en cm de la hoja insertada en la mazorca principal; índice de área foliar (AF): se estimó el área foliar de la hoja más grande y madura, para ello se consideró el largo (cm)  $\times$  ancho (cm)  $\times$  0.75, donde 0.75 es el factor de corrección (Elings 2000); diámetro del tallo (DTALL): se midió en cm; acame de raíz (ACRZ): se contabilizó el total de plantas con una inclinación  $>45^\circ$ ; el rendimiento de forraje en toneladas por hectárea se determinó en estado de corte grano masoso (González et al. 2006). Al respecto, el forraje verde (RFV) se registró a los 104 dds, mientras que para el rendimiento de forraje seco (RFS) se dividió la planta por órgano vegetativo, secándolos en una estufa de aire forzado a  $72^\circ\text{C}$  durante 72 horas (3471<sup>®</sup>, Lab-Line Instruments Inc, Illinois, Estados Unidos), para registrar el valor hasta peso constante. Por último, la relación H/T se obtuvo a través de los pesos secos de la hoja y el tallo (LEQ5-CAP<sup>®</sup>, Torrey, Monterrey, México).

### Análisis estadístico

Una vez registrados los datos de las variables agronómicas y forrajeras de las tres variedades de maíz nativo, se verificaron los supuestos de normalidad de los errores y homogeneidad de la varianza mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Leven respectivamente ( $p > 0.05$ ). Los datos en porcentaje de acame de raíz se transformaron mediante la fórmula  $\text{ArcSen } \sqrt{p}$ . Posteriormente, se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias por Tukey ( $p < 0.05$ ), con el *software* estadístico R (R Core Team 2020).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de las condiciones climáticas durante el experimento

Durante el periodo de crecimiento (del 9 de junio al 24 de septiembre de 2022) de las tres variedades de maíz evaluadas, la temperatura media, máxima y mínima promedio fueron de  $21.47$ ,  $27.19$  y  $17.04^\circ\text{C}$ , respectivamente, con altas temperaturas durante las primeras fases del desarrollo de las plantas ( $> 30^\circ\text{C}$ ) (Figura 1). El cultivo de maíz presenta temperaturas óptimas de desarrollo entre  $21$  y  $27^\circ\text{C}$  (Reyes 1990), mientras que la temperatura umbral máxima se encuentra entre los  $27$  y  $30^\circ\text{C}$ ; por otra parte, la tasa fotosintética disminuye a temperaturas superiores a los  $32^\circ\text{C}$  y cesa a los  $38^\circ\text{C}$ , condiciones que afectan la etapa de floración-madurez del grano (Zarazúa-Villaseñor et al. 2011).

Por otro lado, la disponibilidad de agua es uno de los principales factores que limitan la producción (Montemayor-Trejo et al. 2012; Silva 2019). De lo anterior, la precipitación mensual acumulada fue de  $724.19$  mm, la cual se distribuyó de la siguiente manera:  $188.78$ ,  $59.01$ ,  $97.46$  y  $378.94$  mm en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, respectivamente (NASA 2022). Al respecto, el maíz requiere en promedio  $512$  mm de agua para cubrir sus necesidades hídricas (Zarazúa-Villaseñor et al. 2011); por lo anterior, las condiciones sobre temperatura y precipitación fueron satisfechas adecuadamente durante las fases fenológicas críticas del cultivo, es decir, durante la emergencia-germinación y etapa reproductiva (Ramírez-Díaz et al. 2020; Rodríguez-Montalvo et al. 2021; Tarazona-Meza et al. 2022). Cabe mencionar que, cuando ocurre la antesis y llenado de grano, la falta de humedad puede reducir de  $66$  a  $93$  por ciento el rendimiento del grano de maíz (Çakir 2004).

Es de suma importancia considerar las fechas de siembra propuestas por los productores para alcanzar el éxito del cultivo, ya que puede afectar significativamente la productividad (Cañadas et al. 2016; Santiago et al. 2018; Tadeo-Robledo et al. 2012), e incluso la calidad nutritiva para el caso del forraje (Montgomery 2020); sin embargo, no se deben dejar de lado las variaciones en la temperatura y la precipitación (Mutsamba et al. 2020) como causa de los posibles efectos del cambio

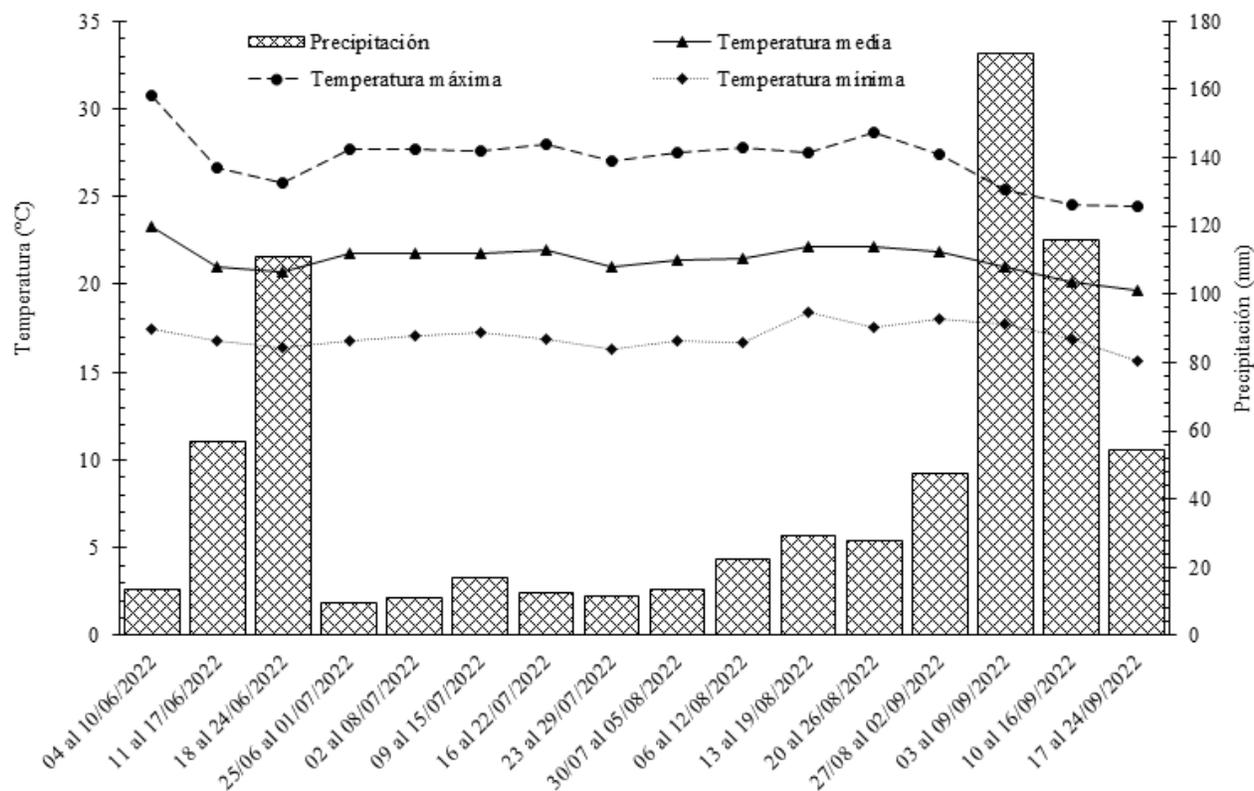


Figura 1. Condiciones climáticas durante el periodo de estudio (junio a septiembre de 2022).

climático, ya que pueden someter a estrés, y con ello incidir en su respuesta al crecimiento, rendimiento y calidad (Chávez-Arias et al. 2022; Esperbent 2017; Osorio-Antonia et al. 2020). Por tanto, es preciso elegir materiales nativos o híbridos que toleren condiciones extremas (Conceição dos Santos et al. 2019; Santiago et al. 2018).

### Variables agronómicas y forrajeras

Se encontraron diferencias significativas en las variables días a floración masculina ( $p < 0.05$ ), área foliar y dimensión de largo y ancho de la hoja ( $p < 0.01$ ), con coeficientes de variación entre 1 y 30.54 por ciento (Cuadro 2). Dichas diferencias varietales pueden atribuirse a la amplia diversidad genética entre las poblaciones nativas (Espinosa et al. 2019) y otros factores como el proceso dinámico de la selección (Flores-Pérez et al. 2015), el intercambio del germoplasma y la deriva genética (Yousuf et al. 2021). En este

sentido, es posible que las variedades difieran en su composición y valor nutricional (González-Cortés et al. 2016; Marcos et al. 2016).

La floración masculina fluctuó entre los 67 y los 69.25 días (Figura 2a), valores característicos del trópico (SNICS 2014). Se reporta que la variedad Criollo de Amatlán presentó mayor precocidad, seguida del Crema del municipio de Carrillo Puerto. Los resultados fueron similares a los de las poblaciones nativas del sureste de México CM (raza Vandeano) y CCB (raza Tuxpeño) con 65.5 y 65.8 días a FM (Conceição dos Santos et al. 2019), así como con los híbridos comerciales Genex778, Advance2203, Narro 2010 y Arrayan, adaptados a la zona de la Laguna, en el estado de Coahuila, México. Al respecto, la FM varía conforme al genotipo y la estación de crecimiento, puesto que existen reportes de floración a los 76 y 68 días en primavera y verano, respectivamente, diferencias debidas a las variaciones climáticas (Santiago et al. 2018); en tanto, Godina et al. (2020) registraron fluctuaciones de 71.5 a 91.5 días al evaluar 10 genotipos nativos, un híbrido y una variedad

**Cuadro 2. Análisis de varianza de las variables agronómicas y forrajeras de tres variedades de maíz nativo.**

Fuente de variación	GL	FM días	FF días	ALPLA cm	ALMZ cm	NHOJ	LH cm	AH cm	AF cm <sup>2</sup>	DTALL cm	ACRZ %	H/T	FV t ha <sup>-1</sup>	FS t ha <sup>-1</sup>
V. nativas	2	3.50*	NS	NS	NS	NS	0.09**	4.43**	191071.21**	NS	NS	NS	NS	NS
Bloque	3	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Error	30	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.		1	1.06	10.74	12.66	16.6	9.8	8.04	13.35	11.43	29.21	30.54	13.48	11.43

\* \*\* Significativo al 0.05; NS = no significativo; V = variedades; FM = floración masculina; FF = floración femenina; ALPLA = altura de planta; ALMZ = altura de mazorca; NHOJ = número de hojas; LH = largo de la hoja; AH = ancho de la hoja; AF = índice de área foliar; DTALL = diámetro del tallo; ACRZ = acame de raíz; H/T = relación H/T; FV = forraje verde; FS = forraje seco.

sinéctica de maíz, diferencias que se atribuyeron a que los genotipos se sometieron a condiciones ambientales contrastantes a su lugar de origen. Por su parte, Tadeo-Robledo et al. (2012) hallaron valores de 78 a 80 días en híbridos comerciales y trilineales experimentales en Valles Altos, del Estado de México, México. De esta manera, es relevante encontrar variedades precoces, pues permite al productor elegir el material que va a sembrar con base en sus necesidades y la época del año (Ángeles-Gaspar et al. 2010).

La dimensión y superficie foliar son características que deben considerarse al momento de seleccionar materiales nativos con potencial forrajero (Joaquín et al. 2022; Sánchez-Hernández et al. 2021). Así, la variedad Crema de Carrillo Puerto alcanzó mayores dimensiones en el largo y ancho de la hoja, con 129 y

11.44 cm, respectivamente (Figura 2b, Figura 3a), lo cual incidió en una mayor área foliar, con 1,111.02 cm<sup>2</sup> (Figura 3b).

Ahora bien, el AF fue superior a lo encontrado por Amole et al. (2022), al estimar áreas de 505 a 644 cm<sup>2</sup> para híbridos comerciales, pero de 449 a 584 para híbridos tolerantes a la sequía y 375 para una variedad local. Por lo anterior, el área foliar depende de factores como el genotipo, aunque también inciden las condiciones ambientales, tal como lo reportó Elings (2000), al detectar valores de 153 hasta 940 cm<sup>2</sup> en seis genotipos evaluados en diversos ambientes relacionados con diferencias en el periodo de crecimiento, altitud, tipos y fertilidad de suelo, fechas de siembra y disponibilidad de agua.

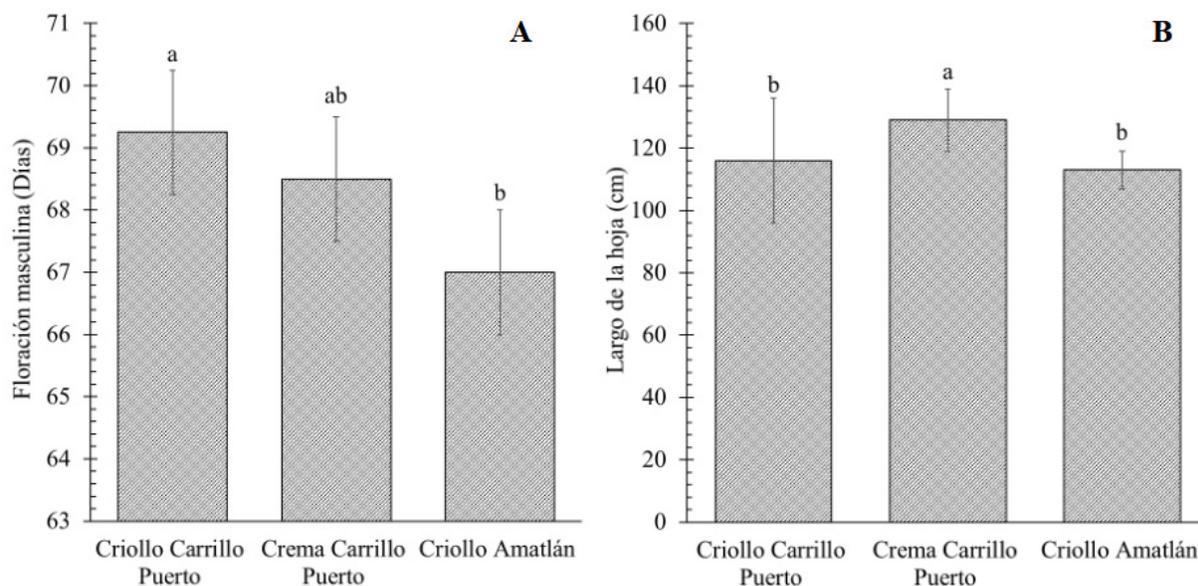


Figura 2. Comportamiento de las variables agronómicas de las variedades nativas Criollo y Crema de Carrillo Puerto, y Criollo Amatlán: a) floración masculina y b) largo de la hoja.

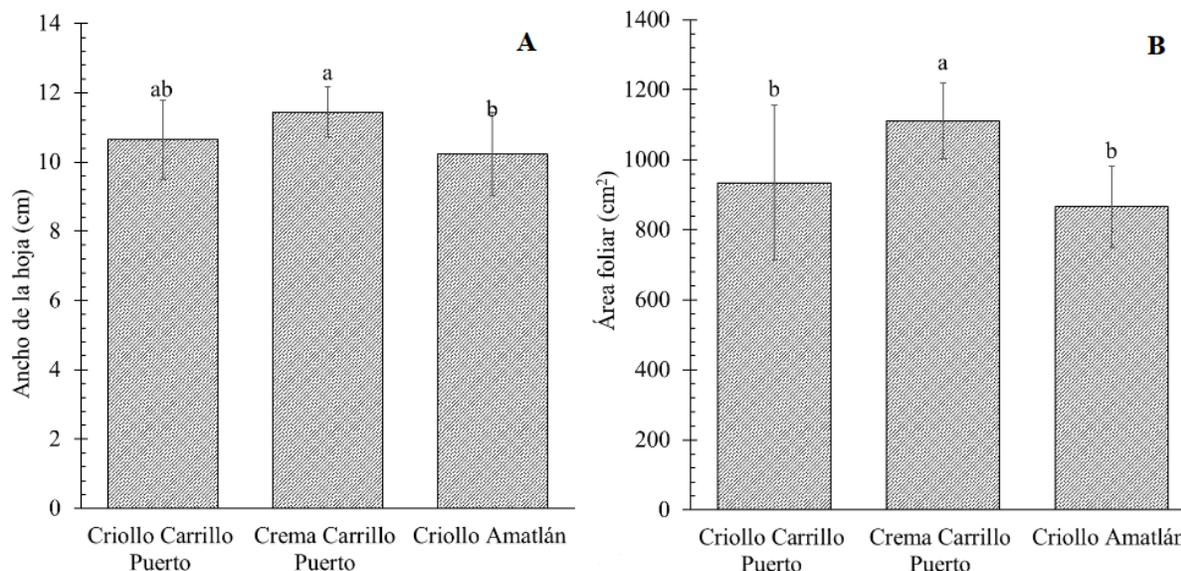


Figura 3. Comportamiento de las variables agronómicas de las variedades nativas Criollo y Crema de Carrillo Puerto, y Criollo Amatlán: a) ancho de la hoja y b) área foliar.

Aunque no se mostraron diferencias significativas para las variables de rendimiento de forraje (Cuadro 2), las variedades alcanzaron entre 29.14 y 33.91 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde (Cuadro 3), similar al rendimiento promedio nacional y estatal, al reportarse 28.92 y 29.82 t ha<sup>-1</sup> respectivamente (SIAP 2022); sin embargo, fueron menores a las variedades nativas de porte alto con potencial forrajero del estado de Oaxaca (México), denominados Nativo Pinto San Benito (52.0 t ha<sup>-1</sup>), Nativo Loma Bonita (50.2 t ha<sup>-1</sup>) y Nativo Blanco San Benito (48.3 t ha<sup>-1</sup>) (Sánchez-Hernández et al. 2021).

En cuanto a forraje seco, se obtuvo de 8.86 a 9.58 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3), es decir, de 65 a 75 por ciento de humedad. Uno de los criterios con mayor importancia para producir ensilaje de maíz de calidad y alto rendimiento es cosechar con la humedad adecuada, la cual debe ubicarse entre 60 y 70 por ciento (USDA-NRCS 2001), toda vez que la buena calidad nutricional del forraje y ensilaje de maíz, y altas producciones de materia seca por unidad de superficie siempre son deseables por los productores pecuarios (Morand y Balbi 2020). Los valores de 9.25 y 9.58 toneladas de forraje seco para los materiales Crema y Criollo de Carrillo Puerto fueron similares a los híbridos de maíz costarricenses BATAN2007-2173-9x10,10x9, BATAN2007-2174-13x14 y BATAN 2177-19x20, con producciones de 9.1 y 10.1 t ha<sup>-1</sup> (Sánchez e Hidalgo-Ardón 2018). Varios son los factores que modifican el rendimiento de forraje

seco, como el estado de madurez del grano, porte de la planta, densidad de población y el material genético, entre otros. En efecto, González et al. (2006) reportaron 16.6 y 21.3 t ha<sup>-1</sup> de forraje seco al cortar en las etapas de grano masoso y 2/3 de línea de leche, respectivamente. Por su parte, Montemayor-Trejo et al. (2012), al evaluar el híbrido AS-900, hallaron rendimientos de 10.83 a 18.35 t ha<sup>-1</sup>, resultados superiores a los encontrados en esta investigación; no obstante, el material se cultivó a una densidad de 90,000 plantas por hectárea con irrigación. También se reportaron valores de 18.75 a 28.25 t ha<sup>-1</sup> en ocho híbridos manejados con densidades de 65,550 a 125,000 plantas por hectárea (Cañadas et al. 2016), mientras que, a una densidad de 80,000 p ha<sup>-1</sup>, los híbridos A-7573 y ABT-1017 lograron 21.32 y 22.08 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Núñez et al. 2003). Se ha señalado que las variedades de maíz nativo permiten mayor producción de forraje verde y seco, lo que se relaciona con mayores dimensiones morfológicas, como la altura de la planta, la cual suele superar a las variedades híbridas, esta última con valores que oscilan entre 140 y 250 cm (Amole et al. 2022; Godina et al. 2020; Kim et al. 2018; Marcos et al. 2016; Rodríguez-Montalvo et al. 2021; Sánchez et al. 2013; Sánchez e Hidalgo-Ardón 2018), además de otras variables, como las dimensiones y el número de hojas; peso y diámetro del tallo; peso de brácteas, panícula, entre otros (Ayvar-Serna et al. 2020; Franco et al. 2015; Jiménez et al. 2019; Joaquín et al.

2022; Sánchez-Hernández et al. 2021). Así, Morand y Balbi (2020) reportaron que el híbrido de maíz SYN 126 alcanzó mayor rendimiento de materia seca (32.38%), debido a su porte bajo, que soportó mayor densidad de población. En general, se observó mejor comportamiento de las variedades provenientes del municipio de Carrillo Puerto en las variables agronómicas número de hojas, diámetro del tallo y rendimiento de forraje, comparadas con la variedad Criollo Amatlán (Cuadro 3), esta última sembrada en su lugar de origen, fenómeno similar a lo reportado por Conceição dos Santos et al. (2019). Ahora bien, el forraje de la variedad Criollo Amatlán probablemente pueda alcanzar un alto valor energético, al registrar 49.46 en porcentaje de mazorca (Núñez et al. 2003).

Es preciso mencionar que el ACRZ tan elevado (29.12 a 63.30%) se debe a fuertes ráfagas de viento de entre 60 y 80 km h<sup>-1</sup> presentes el 18 de agosto de 2022 (SMN 2022), del que se observó mayor resistencia en la variedad Crema de Carrillo Puerto (Cuadro 3). Referente a ello, la resistencia al acame es una variable agronómica de importancia en los programas de mejoramiento genético (Delmotte 2010; Franco et al. 2015; Peña et al. 2012; Velázquez-Cardelas et al. 2018). Por consiguiente, Ramírez-Díaz et al. (2020) reportaron que, dentro de un grupo de 20 por ciento sobresaliente, seleccionaron nueve mestizos de maíz, cuyo diferencial de selección fue de 37 y 43 por ciento de acame de raíz y tallo respecto a la población original. Por tanto, los resultados del presente trabajo abren la posibilidad de

valorar la variedad nativa como material promisorio en futuros programas de fitomejoramiento.

Por último, la conservación de la diversidad de maíz presente en México significa una gran responsabilidad, debido al acelerado proceso de erosión genética que se ha experimentado a nivel global, ocasionado por el desarrollo de nuevas variedades de semillas híbridas y transgénicas, el abandono de las variedades locales por su supuesta baja productividad y competitividad, así como la pérdida de muchos productores tradicionales que cultivaban variedades de maíz nativo (Caballero-García et al. 2020). Esta diversidad puede aprovecharse y conservarse de manera integral en programas de mejoramiento genético (Sierra-Macías et al. 2014).

## CONCLUSIONES

La variedad nativa de maíz Crema del municipio de Carrillo Puerto presentó mejor comportamiento agronómico y forrajero, características que pueden orientar su uso para el consumo en ganado bovino en la zona de adaptación. Por otro lado, es posible encontrar materiales genéticos con caracteres varietales promisorios para futuros programas de mejoramiento. Por ello, es preciso implementar estrategias que permitan la conservación de germoplasma nativo de maíz, con la finalidad de atender la demanda de recursos fitogenéticos para la ganadería regional.

**Cuadro 3. Comparación estadística de las variables agronómicas y forrajeras de tres variedades de maíz nativo.**

Fuente de variación	Criollo Carrillo Puerto	Crema Carrillo Puerto	Criollo Amatlán	Media
FF (días)	69.63 ± 0.71a	68.75 ± 1.26a	68 ± 1.15a	68.79
ALPLA (cm)	305 ± 22a	309 ± 37a	311 ± 37a	308
ALMZ (cm)	185 ± 22a	191 ± 19a	181 ± 37a	186
NHOJ	16.83 ± 1.40a	15.67 ± 1.61a	15.47 ± 1.56a	16.08
DTALL (cm)	3.36 ± 0.26a	3.09 ± 0.33a	3.09 ± 0.47a	3.18
ACRZ (%)	63.30 ± 3.21a	29.12 ± 3.57a	44.47 ± 4.76a	45.63
H/T	2.39 ± 0.71a	2.71 ± 0.73a	2.51 ± 0.79a	2.53
FV (t ha <sup>-1</sup> )	33.91 ± 2.90a	30.71 ± 2.94a	29.14 ± 5.07a	31.25
FS (t ha <sup>-1</sup> )	9.58 ± 1.62a	9.25 ± 1.03a	8.86 ± 1.64a	9.23

Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ); ± desviación estándar. FF = floración femenina; ALPLA = altura de planta; ALMZ = altura de mazorca; NHOJ = número de hojas; DTALL = diámetro del tallo; ACRZ = acame de raíz; H/T = relación H/T; FV = forraje verde; FS = forraje seco.

## AGRADECIMIENTOS

La investigación formó parte del proyecto “Árboles frutales intercalados con cultivos básicos e industriales, como estrategia de aprovechamiento sostenible”, con número de registro DGI: 543132022123. Se agradece su aprobación y las facilidades efectuadas por la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Córdoba-Orizaba de la Universidad Veracruzana. Asimismo, se agradece la colaboración del Colegio de Posgraduados Campus Córdoba, y en especial, la de los estudiantes que apoyaron arduamente en el desarrollo experimental.

## LITERATURA CITADA

- Amat CGE. 2019. Comportamiento agronómico de un híbrido promisorio de maíz forrajero (*Zea mays* L.), durante la época lluviosa en las zonas ganaderas del Ecuador. Tesis de Licenciatura en Ingeniería. Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador.
- Amole T, Adekeye A, Bakare B, Meseka S, Mengesha W, Menkir A. 2022. Assessing the fodder potentials of drought-tolerant maize (*Zea mays* L.) hybrids in West Africa. *International Journal of Agronomy* 2022: 1348711. <https://doi.org/10.1155/2022/1348711>
- Ángeles-Gaspar E, Ortiz-Torres E, López PA, López-Romero G. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33: 287-296.
- Ayvar-Serna S, Díaz-Nájera JF, Vargas-Hernández M, Mena-Bahena A, Tejeda-Reyes MA, Cuevas-Apresa Z. 2020. Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana* 38: 9-16. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>
- Caballero-García MA, Córdoba-Téllez L, López-Herrera AJ. 2020. Validación empírica de la teoría multicéntrica del origen y diversidad del maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42: 357-366.
- Çakir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.005>
- Cañadas Á, Molina C, Rade D, Fernández F. 2016. Interacción época/densidad de siembra sobre la producción de ocho híbridos de maíz forrajeros, Ecuador. *Revista MVZ Córdoba* 21: 5112-5123.
- Castro S, López JA, Pecina JA, Mendoza MC, Reyes CA. 2013. Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4: 645-653. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i4.1196>
- Chávez-Arias CC, Ramírez-Godoy A, Restrepo-Días H. 2022. Influence of drought, high temperatures, and/or defense against arthropod herbivory on the production of secondary metabolites in maize plants. A review. *Current Plant Biology* 32: 100268. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2022.100268>
- Conceição dos Santos LF, Garruña R, Andueza-Noh RH, Latournerie-Moreno L, Mijangos-Cortés JO, Pineda-Doporto A. 2019. Comportamiento agronómico y fisiológico de maíces nativos del sureste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10: 1247-1258. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i6.908>
- Cuevas JdJ. 2014. Maíz: alimento fundamental en las tradiciones y costumbres mexicanas. PASOS. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural* 12: 425-432.
- Delmotte A. 2010. Bien choisir sa variété de maïs ensilage. *L'Abreuvoir* 219: 31-35.
- Díaz PG, Ruíz CJU, Cano GMA, Serrano AV, Medina GG. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del Estado de Veracruz (Período 1961-2003). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Medellín de Bravo, México.
- Elings A. 2000. Estimation of leaf area in tropical maize. *Agronomy Journal* 92: 436-444. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.923436x>
- Erenstein O, Jaleta M, Sonder K, Khondoker M, Prasanna BM. 2022. Global maize production, consumption and trade: Trends and R&D implications. *Food Security* 14: 1295-1319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>
- Esperbent C. 2017. El cambio del clima deja su huella en la agricultura. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 43: 108-112.
- Espinosa LC, Rincón F, Ruiz NA, Martínez JM, Benavides A. 2019. Environmental response of native maize populations of the southeast of Coahuila, Mexico. *Nova Scientia* 11: 108-125. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1931>
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. El sistema alimentario en México-Oportunidades para el campo mexicano en la Agenda

- 2030 de Desarrollo Sostenible. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Ciudad de México, México.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. [internet]. 2020. Acuerdo por el que se crea el Comité Sectorial de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. [citado 2022 mayo 03]. Disponible en: <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC196675/>
- [FAOSTAT] Food and Agriculture Organization of the United Nations. [internet]. 2022. Crops and livestock products. [citado 2022 mayo 02]. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Flores-Pérez L, López PA, Gil-Muñoz A, Santacruz-Varela A, Chávez-Servia JL. 2015. Variación intra-racial de maíces nativos del altiplano de Puebla, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo* 47: 1-17.
- Franco MJRP, González HA, Pérez LDJ, González RM. 2015. Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajero en Valles Altos del Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1915-1927.
- García de ME. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. México.
- Godina RJE, Garay MJR, Mendoza PSI, Joaquín CS, Rocandio RM, Lucio RF. 2020. Rendimiento de forraje y composición morfológica de maíces nativos en condiciones semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 11: 58-68. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2358>
- González CF, Peña RA, Núñez HG. 2006. Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(Núm. Esp. 2): 103-107. [https://doi.org/10.35196/rfm.2006.Especial\\_2.103](https://doi.org/10.35196/rfm.2006.Especial_2.103)
- González-Cortés N, Silos-Espino H, Estrada CJC, Chávez-Muñoz JA, Tejero JL. 2016. Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7: 669-680.
- Guevara-Hernández F, Hernández-Ramos MA, Basterrechea-Bermejo JL, Pinto-Ruiz R, Venegas-Venegas JA, Rodríguez-Larramendi LA, Cadena-Iñiguez P. 2019. Maíces locales; una contextualización de identidad tradicional. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 51: 369-381.
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [internet]. 2022. Temas. [citado 2023 nov 18]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/>
- [INEGI] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [internet]. 2023. Climatología. [citado 2023 agosto 18]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>
- Jiménez OMM, Gómez AR, Oliva HJ, Granados ZL, Pat FJM, Aranda IEM. 2019. Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova Scientia* 11: 1-36. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957>
- Joaquín CS, Rocandio RM, Álvarez VP, Hernández GFJ, Limas MAG, Garay MJR. 2022. Rendimiento y valor nutritivo del forraje y ensilado de maíces nativos en condiciones subtropicales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13: 873-881.
- Kato YTA, Mapes SC, Serratos HJA, Mera OLM, Bye BRA. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, DF.
- Kim J, Song Y, Kim DW, Fiaz M, Kwon CH. 2018. Evaluating different interrow distance between corn and soybean for optimum growth, production and nutritive value of intercropped forages. *Journal of Animal Science and Technology* 60: 2-6. DOI 10.1186/S40781-017-0158-0
- Macedo PJR, Campos BAC, Bosi C, Anchoa OPP, Henrique MM, De Faria PA, Novita ES. 2019. Forage productivity and nutritive value during pasture renovation in integrated systems. *Agroforestry Systems* 93: 39-49. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0149-7>
- Marcos SB, Martínez CÁR, López UGA, López OCA, Arteaga Reyes TT. 2016. La biomasa de los sistemas productivos de maíz nativo (*Zea mays*) como alternativa a la captura de carbono. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 32: 361-367. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.10>
- Montemayor-Trejo JA, Lara-Míreles JL, Woo-Reza JL, Munguía-López J, Rivera-González M, Trucíos-Caciano R. 2012. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. *Agrociencia* 46(3): 267-278.

- Montgomery D. 2020. Analysis of Seasonal Effects on Nutritive Value of Native Forages in the Southern Great Plains and Its Relationship to Sampling Method. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Kentucky. Lexington, Kentucky.
- Morand V, Balbi CE. 2020. Maíz para silo de planta entera: efecto de genotipo y altura de corte en la producción y calidad para alimentación animal. *Información Tecnológica* 31: 231-240. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000300231>
- Mutsamba EF, Nyagumbo I, Mupangwa W. 2020. Forage and maize yields in mixed crop-livestock farming systems. Enhancing forage and maize yields in mixed crop-livestock systems under conservation agriculture in sub-humid Zimbabwe. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 92: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100317>
- [NASA] National Aeronautics and Space Administration. [internet]. 2022. Prediction of Worldwide Energy Resource. [citado 2022 sept 30]. Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- Njoka EM, Muraguri GR, Ndirangu CM. 2004. Estimation of maize fodder/grain yield before flowering in the Kenya Highlands. *East African Journal Life Science* 5: 59-65.
- Núñez G, Contreras EF, Faz R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Técnica Pecuaria Mexicana* 41: 37-48.
- [OECD/FAO] Organization for Economic Cooperation and Development/Food and Agriculture Organization of the United Nations. [internet]. 2020. "OECD-FAO Agricultural Outlook (Edition 2020)", OECD Agriculture Statistics (database). [citado 2023 feb 22]. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/agr-data-en>
- Osorio-Antonia J, Bada-Carbajal LM, Lámbary-Vilchis F. 2020. Agro productivity of native corn in the indigenous zone of Chicontepec, Veracruz, México. *Revista de Geografía Agrícola* 68: 97-111.
- Pecina MJA, Mendoza CMC, López SJA, Castillo GF, Mendoza RM, Ortiz CJ. 2011. Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34: 85-92.
- Peña RA, González CF, Núñez HG, Tovar GMR, Vidal MVA, Ramírez DJL. 2012. Heterosis y aptitud combinatoria para producción y calidad de forraje en seis poblaciones de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 3: 389-406.
- R Core Team. [internet]. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [citado 2022 sept 30]. Disponible en: <https://www.R-project.org/>
- Ramírez-Díaz JL, Vidal-Martínez VA, Alemán de la Torre I, Ledesma-Miramontes A, Gómez-Montie NO, Salinas-Moreno Y, Ruiz-Corral A. 2020. Selección de líneas y cruza de maíz combinando las pruebas de mestizos y cruza dialélicas. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42: 335-346.
- Reyes CP. 1990. El maíz y su cultivo. AGT-EDITOR S.A. México, D.F.
- Robles JLE, González RM, Rosas DM, Osorio AJ, Palacios RC, Castelán OOA, Chay-Canul A, Vargas-Bello-Pérez E, Plata RDA. 2021. Predicted milk production per hectare based on yield and chemical composition of native and hybrid maize silage varieties on temperate and tropical regions. *Acta Agronómica* 70: 148-154. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n2.79654>
- Rodríguez-Montalvo FA, Sierra-Macías M, Espinosa-Calderón A, Vázquez-Hernández MV, Barrón-Freyre S, Andrés-Meza P, Del Rosario-Arellano JL. 2021. Productividad de forraje en maíces híbridos bajo diferentes densidades de población y dosis de fertilización. *Terra Latinoamericana* 39: 1-12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.676>
- Ruiz LF, Garay MJR, Rocandio RM, Ruíz GS, Joaquín CS. 2018. Potencial forrajero de maíces nativos e híbridos en Tula, Tamaulipas. *Transversalidad Científica y Tecnológica* 2: 89-93.
- [SADER-SIAP] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [internet]. 2022. Expectativas agroalimentarias septiembre 2022. [citado 2023 ene 20]. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/783421/Expectativas\\_Septiembre\\_2022.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/783421/Expectativas_Septiembre_2022.pdf)
- Sánchez HMA, Aguilar MCU, Valenzuela JN, Bertín MJT, Sánchez H, Jiménez RMA, Villanueva VC. 2013. Rendimiento en forraje de maíces del trópico húmedo de México en respuesta a densidades de siembra. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4(3): 271-288.
- Sánchez LW, Hidalgo-Ardón C. 2018. Forage production and nutritive value of maize hybrids and local oats in Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 29: 153-164. [doi:10.15517/ma.v29i1.27732](https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27732)

- Sánchez-Hernández MA, Morales-Terán G, Mendoza-Pedroza SI, Hernández-Bautista J, Fraire-Cordero S, Rivas-Jacobo MA. 2021. Productive characterization of landrace maize for forage use in the lower Papaloapan basin. *Revista Fitotecnia Mexicana* 44: 755-764.
- Santiago LU, Rosales NCA, Santiago LE, Santiago LN, Preciado RP, Palmo GA, Real D. 2018. Yield of forage, grain and biomass in eight hybrids of maize with different sowing dates and environmental conditions. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 9: 86-104. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4403>
- [SIAP] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Alfalfa verde, producción y comercio exterior. [citado 2022 nov 11]. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/alfalfa-verde-produccion-y-comercio-exterior>
- [SIAP] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. [internet]. 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. [citado 2022 nov 25]. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sierra-Macías M, Andrés-Meza P, Palafox-Caballero A, Meneses-Márquez I, Francisco-Nicolás N, Zambada-Martínez A, Tadeo-Robledo M. 2014. Variación morfológica de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el estado de Veracruz, México. *Agroproductividad* 7: 58-66.
- Silva J. 2019. Cultivo de maíz. Agrotendencia. [citado 2022 dic 26]. Disponible en: <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-del-maiz/>
- [SMN] Servicio Meteorológico Nacional. [internet]. 2022. Reporte meteorológico para la agricultura. [citado 2022 dic 19]. Disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/pronosticos/pronosticossubmenu/reportes-meteorologicos-para-la-agricultura>
- [SNICS] Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. [internet]. 2014. Guía técnica para la descripción varietal. [citado 2022 dic 12]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120832/Maiz.pdf>
- Tadeo-Robledo M, Espinosa-Calderón A, Zaragoza-Esparza J, Turrent-Fernández A, Sierra-Macías M, Gómez-Montiel N. 2012. Forage and grain of yellow maize hybrids for Mexico high valleys. *Agronomía Mesoamericana* 23: 281-288.
- Tarazona-Meza NL, Chavarría-Párraga JE, Moreira-Saltos JR. 2022. El cultivo de maíz y sus necesidades hídricas en Manabí, Ecuador. *Revista de Ciencias Agropecuarias ALLPA* 5: 2-11.
- [USDA-NRCS] United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service. [internet]. 2001. Harvesting Corn for Silage. [citado 2022 oct 21]. Disponible en: [https://efotg.sc.egov.usda.gov/referencas/public/va/VA\\_TN6\\_Agronomy.pdf](https://efotg.sc.egov.usda.gov/referencas/public/va/VA_TN6_Agronomy.pdf)
- Velázquez-Cardelas GA, González-Huerta A, Pérez-López DDJ y Castillo-González F. 2018. Análisis de híbridos comerciales y mestizos de maíz formados con germoplasma del INIFAP y del CIMMYT. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9: 615-627. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1220>
- Yousuf N, Dar SA, Shikari AB, Dar ZA, Lone AA, Sofi PA, Gulzar S. 2021. Assessment of genetic diversity at molecular and morphological levels of temperate maize landraces collected from diverse ecological niches in Kashmir. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 81: 63-71. <https://doi.org/10.31742/IJGPB.81.4.8>
- Zaragoza-Esparza J, Tadeo-Robledo M, Espinosa-Calderón A, López-López C, García-Espinosa JC, Zamudio-González B, Turrent-Fernández A, Rosado-Núñez F. 2019. Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10: 101-111. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1403>
- Zarazúa-Villaseñor P, Ruiz-Corral JA, González-Eguiarte DR, Flores-López HE, Ron-Parra J. 2011. Impactos del cambio climático sobre la agroclimatología del maíz en Ciénega de Chapala, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2: 351-363.