

Evaluación forrajera de maíces de diversos orígenes de México en la región semiárida

Marco Antonio Rivas Jacobo¹
Sergio Iban Mendoza Pedroza^{2§}
Dora Ma. Sangerman-Jarquín³
Miguel Ángel Sánchez Hernández⁴
Camelia Alejandra Herrera Corredor¹
Adelaido Rafael Rojas García⁵

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Carretera San Luis-Matehuala km 14.5, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí. CP. 78321. (marco.rivas@uaslp.mx). ²Colegio de Posgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. ³Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Los Reyes-Texcoco km 13.5, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. AP. 10. CP. 56250. Tel. 01800 0882222, ext. 85353 (sangerman.dora@inifap.gob.mx). ⁴Universidad del Papaloapan-Campus Loma Bonita, Oaxaca, México. (msanchez@unpa.edu.mx). ⁵Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia núm. 2-Universidad Autónoma de Guerrero. Cuajinicuilapa, Guerrero. CP. 41940. (rogarcia.05@hotmail.com).

§Autor para correspondencia: sergiomp@colpos.mx.

Resumen

Con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo de 21 genotipos de maíces forrajeros de diferente origen y ver su adaptación en zonas semiáridas en Soledad de Graciano Sánchez, SLP, a 22.22° latitud norte y a 100.85° longitud oeste a 1 835 msnm. En clima seco templado con temperatura media 17.1 °C y precipitación de 362 mm. En 21 genotipos de maíces de diferentes regiones se evaluó la altura de planta (AlturaP), número de hojas por planta (NHOjas), diámetro del tallo (diámetro), altura del primer elote (AlturaE), área foliar de la hoja del elote (AFE), número de elotes (NElotes), Rendimiento de materia seca de la planta (RMS), de hoja (RMSH), de tallo (RMST) y de elote RMSEL, relaciones hoja: planta (RHP), tallo: planta (RTP), elote: planta (REP), fibra detergente neutra (FDN) y ácida (FDA). El diseño experimental fue completamente al azar con seis repeticiones. El genotipo Tlaha2 mostró el mayor valor de AlturaP con 2.5 m y AlturaE con 1.4 m. Tampiqueño1 mostró mayor NHOjas con 13.6. Chalqueño mostró el mayor diámetro con 4.1 cm y mayor IAF con 775.97 cm². Papjalb/a, AS948-2 y Gdelfin mostraron el mayor número de elotes con 1.5 elotes pl⁻¹. Chalqueño y Tampiqueño1 mostraron los valores más altos de RMS con 46 246 y 42 947 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Se concluye que existen genotipos de otras regiones que se adaptan al clima seco de zonas semiáridas y producen mayores RMS y con mejores componentes morfológicos que otros criollos y que las variedades mejoradas recomendadas.

Palabras clave: *Zea mays* L., componentes morfológicos, criollos, forraje.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: abril de 2020

Introducción

La diversidad genética de maíces en México es amplia, ya que se reconocen 59 razas distribuidas en todo el país, de las cuales se derivan 1000 criollos o más en las diversas localidades del territorio nacional (CONABIO, 2012) material que se encuentra resguardado en diferentes Bancos de Germoplasmas en diversas partes de México por el Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), universidades de los estados y en mayor número por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT), con el objetivo de resguardar la diversidad genética de esta especie.

La variabilidad genética de maíz constituye una riqueza para la población mundial y puede ser la base para lograr la soberanía alimentaria de México, en especial ante los cambios climáticos (Preciado y Montes, 2011). La evaluación de dicha diversidad es importante para los programas de mejoramiento genético, por su potencial como fuente de características nuevas, exóticas y favorables (Vigouroux *et al.*, 2008). Se tiene poca información de la utilidad de estas razas y criollos para otras regiones, por ello el estudio de variedades locales es importante para definir su productividad y rentabilidad para forraje.

De tal manera, que se tenga un conocimiento amplio de su comportamiento productivo para poder definir un mejor desempeño (Muñoz-Tlahuiz *et al.*, 2013), además de considerar su calidad nutritiva y efecto en los animales; con lo que los productores y técnicos tendrán información y alternativas para abastecer de alimentos y suplementos en las unidades de producción para contrarrestar las deficiencias nutricionales en las épocas de mayor escasez de forraje.

Estudios realizados por Rivas *et al.* (2019) donde compararon un Criollo local de Santa Cruz Ajajalpan, Tecali, Puebla contra 12 híbridos experimentales y uno comercial; observaron que el criollo superó a más de la mitad de las variedades mejoradas y fue igual a la media nacional con 21.772 t MS ha⁻¹, valor mayor a los rendimientos de otras variedades mejoradas estudiadas por otros investigadores como Borroel *et al.* (2014) para los híbridos Caiman, Ocelote, AN-423 y Berentsen 302 con 23.83, 20.17, 19.39 y 19.11 t MS ha⁻¹; respectivamente, Núñez *et al.* (2005), con 20 t MS ha⁻¹, Núñez *et al.* (2007), observaron valores desde 21.64 a 16.21 t MS ha⁻¹ en genotipos comerciales, Yescas *et al.* (2015), en el híbrido AN-447 de maíz con 14.78 t MS ha⁻¹ y los de Gaytan-Bautista *et al.* (2009) para 22 híbridos de 89 a 11.8 t MS ha⁻¹.

Esto demuestra que algunos criollos responden mejor que algunas variedades mejoradas, ofreciendo alternativas para su producción, pero de muchos otros criollos se desconoce alguna información. En el caso particular de San Luis Potosí existe poca información sobre variedades de maíz locales o mejoradas específicamente para la producción de forraje para ensilar, utilizado por productores de bovinos para leche de la zona centro, media y huasteca del estado, que mejoren de los sistemas de producción y abaratar los costos de producción.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento productivo de 21 genotipos de maíces forrajeros de diferente origen y su adaptación a las zonas semiáridas con el fin de ofrecer alternativas a los productores de maíz forrajero para la alimentación de rumiantes, de tal forma que se tenga disponibilidad de material genético que garantice un mayor rendimiento de materia seca para abaratar los costos de producción.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP, ubicada en el Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, SLP, a 22° 13' 39.8" latitud norte y a 100° 50' 58.3" longitud oeste y a 1 835 msnm. El clima es seco templado con temperatura media anual de 17.1 °C y una precipitación pluvial es de 362 mm (García, 2004). Se utilizaron 21 genotipos de maíces de diferentes regiones y ambientes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación de genotipos de diferente origen y ambiente, utilizados como tratamientos.

Genotipo	Origen	Región
Forrajala	Maíz amarillo forrajero local de los valles de Jala, Nayarit	Semicálida
Tampiqueño1	Maíz blanco tampiqueño local de los valles de Jala, Nayarit	Semicálida
Stafejal	Maíz blanco local de las zonas serranas de Jala, Nayarit	Templada
AS948-1	Maíz blanco comercial con una generación con interregresión de la raza Jala	Cálida
Papjalb/a	Maíz blanco local de Papantla, Ver. Con interregresión de la raza Jala	Cálida
Ojitalct	Maíz blanco local de Castillo de Teallo, Ver.	Cálida
Feuze	Maíz blanco seleccionado introducido a Uzeta, Ahuacatlán, Nayarit	Semicálida
Gdelfin	Maíz amarillo comercial recomendado para zona centro de San Luis Potosí	Semiárida
Stiburon	Maíz amarillo comercial recomendado para zona centro de San Luis Potosí	Semiárida
H-311plus	Maíz amarillo comercial recomendado para zona centro de San Luis Potosí	Semiárida
AS948-2	Maíz blanco comercial de dos generaciones con interregresión de la raza Jala	Semiárida
Tlaha1	Maíz amarillo local de Tlanchinol, Hidalgo	Cálida
Tlaha2	Maíz amarillo local de Tlanchinol, Hidalgo	Cálida
Tlaha4	Maíz amarillo local de Tlanchinol, Hidalgo	Cálida
Tlaha6	Maíz amarillo local de Tlanchinol, Hidalgo	Cálida
Tlaha7	Maíz amarillo local de Tlanchinol, Hidalgo	Cálida
Rojo	Maíz rojo local de Paso de Mata, Querétaro	Templada
Chalqueño	Maíz blanco criollo tipo chalqueño, Texcoco, México	Templada
Cerritos	Maíz blanco local de Cerritos, San Luis Potosí	Semicálida
Mexqui	Maíz blanco local de Mexquitic, San Luis Potosí	Semicálida
Hueha2b/a	Maíz blanco con amarillo local de Huehuetla, Hidalgo	Templada

Trabajo de campo

La siembra se realizó en suelo húmedo arenoso en el mes de mayo, en surcos separados a 95 cm y se depositó una semilla cada 15 cm a 7 cm de profundidad (70 000 pl ha⁻¹). Se trazaron 126 parcelas de 3.8 m de ancho por 6 m de largo, en las cuales se distribuyeron los tratamientos al azar. La fertilización se realizó con fosfato diamónico (18-46-00) y urea (46-00-00) para cubrir la dosis de 115-46-00 (N-P-K), aplicando todo el fósforo y un tercio del nitrógeno a la siembra, el restante de N (60%) se dividió en dos aplicaciones, a los 45 y 60 DDS.

Se realizó control de las malezas a los 25 DDS con herbicida Gesaprin Cal. 90[®] a razón de 2 kg ha⁻¹, cuando las malezas tenían una altura de 5 a 10 cm, y una segunda a los 15 días después. Y en forma mecánica a los 60 y 85 DDS.

El riego se aplicó en promedio cada 21 días por gravedad. No se realizó control de plagas ni enfermedades. La cosecha se realizó cuando las plantas mostraron el elote en estado lechoso con un ½ de la línea de leche aproximadamente observando el estado de madurez del elote en forma visual para cada variedad, que correspondió entre 144 a 157 DDS. Para ello se seleccionaron y marcaron diez plantas al azar en competencia completa dentro de cada parcela experimental (Sánchez-Hernández *et al.* 2011), las cuales se cosecharon al ras del suelo, se pesaron con una balanza manual colgante de 20 kg marca Gamo[®]. Posteriormente, se separaron los componentes morfológicos, hoja, tallo y elote y se pesaron en forma individual en una báscula digital marca Torrey[®] modelo EQ-5/10 con capacidad para 5 kg y una aproximación a 1 g.

Cada componente morfológico fue picado en una desintegradora de forraje verde con cuchillas y martillos marca Noguera Dpm 2[®], con motor a gasolina de 2 Hp. Se tomó una submuestra del material picado de 100 g de la hoja y 300 g para tallo y elote, que se depositaron en bolsas de papel estraza del número 7, se llevaron a una estufa de aire forzado para secarlas durante 120 h a 55 °C.

Una vez secas, se pesaron en una balanza digital marca Ohaus CS200 con capacidad de 200 g y una aproximación a 0.1 g y se determinó el porcentaje de materia seca y el porcentaje de cada componente de la submuestra para después aplicarla a la materia verde obtenida por hectárea y calcular por conversión el rendimiento de materia seca total y de cada componente.

Las variables evaluadas fueron

Altura de planta (AlturaP): se midió con una cinta métrica desde la base del tallo al ras del suelo hasta el punto de inserción de la última hoja; número de hojas por planta (NHojas): se contaron las hojas de cada planta marcada, diámetro del tallo (Diámetro): se midió con un vernier manual en el centro del primer entrenudo, altura del primer elote (AlturaE): se midió con una cinta métrica desde la base del tallo a donde se inserta el elote, área foliar de la hoja del elote (AFE): se midió con una cinta métrica el ancho y largo de la hoja donde se inserta el elote superior y se multiplicó por el factor 0.75, número de elotes (NElotes): se contaron los elotes que presentaban granos formados de cada planta marcada; rendimiento de materia seca de la planta completa (RMS), se midió tomando en cuenta el peso de las 10 plantas en verde cosechadas al azar, de la cual se tomó una submuestra de 100 g para hoja y 300 g para tallo y elote y se le determinó el porcentaje de materia seca, dato que sirvió para calcular el total de materia seca de las diez plantas y posteriormente por hectárea, así como para cada componente morfológico; rendimiento de materia seca de hoja (RMSH), de tallo (RMST) y de elote RMSEL.

Relación hoja: planta (RHP): el rendimiento de materia seca de hoja se dividió entre el rendimiento de materia seca de la planta entera, relación tallo: planta (RTP): el rendimiento de materia seca del tallo se dividió entre el rendimiento de materia seca de la planta entera; relación elote: planta (REP): el rendimiento de materia seca de elote se dividió entre el rendimiento de materia seca de la planta entera, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA): se calcularon mediante la metodología modificada de fraccionamiento de fibras de Van Soest.

Diseño experimental

El diseño experimental fue un completamente al azar con seis repeticiones, donde la parcela experimental fue de 3 m de largo y 3 m de ancho y que estuvo compuesta por 4 surcos. Los datos obtenidos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS[®] versión 9.3. y se realizó la prueba de tukey al 0.05, para comparar las medias de los tratamientos.

Resultados y discusión

El Cuadro 2 muestra la comparación de medias en AlturaP, NHojas, Diámetro, AlturaE, AFE, NElotos de 21 genotipos de maíz de diferentes ambientes, las cuales mostraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Cuadro 2. Significancia estadística de medias para variables morfológicas de 21 genotipos de maíz de diferente ambiente.

Genotipo	AlturaP (m)	NHojas	Diámetro (cm)	AlturaE (m)	AFE (cm ²)	NElotos
AS948-1	1.9 defg	9.7 hij	2.3 hi	1.35 bcde	625 efg	1.2 abcde
AS948-2	1.8 gh	10.6 efgh	2.9 fg	1.26 defg	678.6 cde	1.5 ab
Cerritos	1.6 j	9.4 ij	3.9 ab	1.02 h	536.5 hi	1.2 abcde
Chalqueño	2.2 b	12.3 bc	4.1 a	1.39 abc	776 a	0.8 f
Feuze	1.6 ij	11.7 cd	2.8	1.2 g	527.2 i	1 def
Forrajal	1.9 def	13.1 ab	3.9 b	1.22 fg	723.7 abcd	1.4 abc
Gdelfin	1.2 k	11.6 cde	3 efg	0.53 i	543 hi	1.5 ab
H311plus	1.8 gh	10.9 defg	3.8 b	1.21 fg	579.8 ghi	1 ef
Mexqui	1.8 fgh	9.2 j	3.8 b	1.27 defg	556.6 ghi	1.3 abcde
Ojitalct	1.9 cde	10.9 defg	2.1 hi	1.31 cdef	698.1 bcd	1 cdef
Papjalb/a	2. c	10.7 defgh	3.5 c	1.45 a	763.5 ab	1.5 a
Rojo	1.7 h	10.3 ghi	2 i	1.3 cdefg	658.2 def	1 ef
Stafejal	1.9 efg	11.6 cde	3.2 cde	1.25 efg	734.3 abc	1.1 cde
Stiburon	1.2 k	10.7 defgh	2.3 h	0.48 i	518.7 i	1.1 cde
Tampiqueño1	1.9 efg	13.6 a	3.1 def	1.38 abcd	708 abcd	1.2 bcde
Tlaha1	1.7 hi	10.4 fgh	3.3 cd	1.19 g	567.6 ghi	1 ef
Tlaha2	2.5 a	11.2 defg	3.2 def	1.49 a	706.4 abcd	1.3 abcd
Hueha2b/a	1.9 def	10.6 efgh	3 efg	1.3 cdefg	603.9 fgh	1 cdef
Tlaha4	1.9 cdef	11.4 cdef	3.8 b	1.25 efg	757.4 ab	1.1 cde
Tlaha6	1.9 efg	9.1 j	3 efg	1.25 efg	663.6 cdef	1 cde
Tlaha7	2 cd	10 ghi	3.1 def	1.34 bcde	759.7 ab	1.4 abc
Media	1.8	10.9	3.2	1.2	651.7	1.2
DMS	0.1	1	0.3	0.1	72	0.3

a, b, c= letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes. Tukey al 0.05. AlturaP= altura de planta; NHojas= número de hojas; AlturaE= altura del primer elote; AFE= área foliar de la hoja donde se inserta el primer elote; NElotos= número de elotes por planta. DMS= diferencia mínima significativa.

En AlturaP el genotipo Tlaha2 mostró el mayor valor con 2.5 m, seguida por Chalqueño con 2.2 m. y las de menor altura fueron las variedades mejoradas Gdelfin y Stiburon con 1.2 m. Lo que demuestra que los criollos presentaron la mayor altura y los mejorados la menor. Resultados semejantes a los observados por Parra (1996) quien para 23 genotipos de maíz criollo observó un rango de altura de 2.45 a 1.69 m. en 1991 y 2.39 a 1.75 en 1992, al igual que a los observados por Sánchez-Hernández *et al.* (2011) para maíz criollo con 2.44 y 2.16 m de altura de una región cálida húmeda. Esta altura es semejante, ya que los criollos que mostraron una mayor altura en esta investigación provienen de regiones cálidas y semicálida.

En el NHojas Tampiqueño1 y Forrajal mostraron los mayores valores con 13.6 y 13.1, respectivamente, y las de menor valor fueron Mexqui y Tlaha6 con 9 hojas, promedio. Valores ligeramente menores a los observados por Rivas *et al.* (2011) para híbridos trilineales de maíz y semejante a híbridos y criollo que van de 14.9 a 12.3 hojas planta⁻¹. En el diámetro Chalqueño mostró el mayor valor con 4.1 cm y las de menor diámetro fueron Ojitalct con 2.1 y Rojo con 2.0. Valores mayores a los observados por Rivas *et al.* (2011) con 2.71 a 2.62 cm y a los de Montemayor, *et al.* (2006) con valores de 2.12 a 1.97 cm.

La mayor AlturaE fue para Tlaha2 y Papjalb/a con 1.4 m y los menores valores fueron para Gdelfin y Stiburon 0.5 y 0.4 m, respectivamente. Lo que demuestra la variabilidad en cuanto a la altura del elote en la planta, carácter que puede ser seleccionado en caso de requerir variedades con elotes situados a menor altura.

Para la variable AFE Chalqueño mostró la mayor área con 776 cm², y la de menor fue Stiburon con 519 cm². Carácter que se observa que es variable entre genotipos y que puede seleccionarse para mejorar en algunas variedades el AFE para una mejor y mayor intercepción de la luz solar, ya que algunos investigadores, han observado que el índice de área foliar (IAF) es un importante parámetro biofísico para analizar la cantidad de radiación fotosintéticamente activa. Un aumento en el IAF proporciona aumento de producción de biomasa; pero, debido al auto sombreado de la planta sobre las hojas basales, la tasa fotosintética media por unidad de área foliar decrece, por lo que se pone especial interés en las hojas superiores (Montemayor *et al.*, 2006)

En cuanto a NElotes por planta Papjalb/A, AS948-2, Gdelfin mostraron el mayor número de elotes por planta (1.5 elotes planta⁻¹), y los menores valores fueron para Chalqueño con 0.8 y Rojo y Tlaha1 con 1 elote, respectivamente. Valores mayores a los híbridos estudiados por Rivas *et al.* (2011) quienes observaron máximos valores de 1.33 elotes planta⁻¹. Característica que debe importar mucho en la selección o formación de un maíz forrajero, ya que al mostrar mayor número prometen mayor cantidad de grano (elote), lo que a su vez aseguraría una mayor cantidad de energía metabolizable para el desarrollo de un buen ensilado, ya que el contenido de grano es una de las características principales de los híbridos de maíz asociados con el valor energético del forraje (Allen *et al.*, 1991).

En el Cuadro 3, se muestra la significancia estadística de las variables rendimiento de materia seca total, tallo, hoja y elote. A excepción de este último componente (RMSEL), en el resto de observaron diferencias significativas entre fenotipos ($p < 0.05$), donde Chalqueño y Tampiqueño1 mostraron los valores más altos de RMS con 46 246 y 42 947 kg MS ha⁻¹, respectivamente en cambio Stiburon mostró el menor valor con 17 300 kg MS ha⁻¹.

Cuadro 3. Significancia estadística de medias para rendimientos de materia seca y de sus componentes morfológicos de 21 genotipos de maíz de diferente ambiente.

Genotipo	RMS	RMSH	RMST	RMSEL
AS948-1	35 032 abc	8 680 ab	19 242 abc	7 110 a
AS948-2	29 009 abc	7 787 ab	14 486 abcd	6 737 a
Cerritos	27 503 abc	5 736 ab	15 295 abcd	6 472 a
Chalqueño	46 246 a	9 781 a	25 951 a	10 51 a
Feuze	30 865 abc	8 031 ab	16 725 abcd	6 110 a
Forrajal	29 548 abc	6 999 ab	14 626 abcd	7 92 a
Gdelfin	20 493 bc	4 676 b	11 115 cd	4 702 a
H311 plus	25 890 abc	7 686 ab	11 121 cd	7 085 a
Mexqui	37 546 abc	7 300 ab	25 374 a	4 87 a
Ojitalct	31 459 abc	7 852 ab	16 098 abcd	7 510 a
Papjalb/a	39 354 ab	8 690 ab	23 279 ab	7 385 a
Rojo	34 625 abc	6 925 ab	21 764 abc	5 93 a
Stafejal	25 554 abc	6 682 ab	13 396 bcd	5 475 a
Stiburon	17 300 c	4 921 b	6 883 d	5 496 a
Tampiqueño1	42 947 a	9 528 a	24 312 ab	9 107 a
Tlaha1	32 238 abc	7 312 ab	16 610 abcd	8 317 a
Tlaha2	29 593 abc	6 947 ab	16 765 abcd	7 840 a
Hueha2b/a	31 429 abc	6 870 ab	20 101 abc	4 459 a
Tlaha4	29 450 abc	7 568 ab	15 187 abcd	6 696 a
Tlaha6	30 775 abc	7 892 ab	15 354 abcd	7 528 a
Tlaha7	35 043 abc	7 336 ab	20 364 abc	7 343 a
Media	31 519	7 390	17 336	6 886
DMS	21 140	4 569	11 937	8 312

a,b,c= letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes. Tukey al 0.05. RMS= rendimiento de materia seca; RMSH= rendimiento de materia seca en hoja; RMST= rendimiento de materia seca en tallo; RMSE= rendimiento de materia seca en elote. DMS= diferencia mínima significativa.

Resultados mayores a los reportados por Parra (1996) con 33 900 a 18 130 kg MS ha⁻¹, Rivas *et al.* (2019) reporta de 32 800 a 25 000 kg MS ha⁻¹ para híbridos trilineales, los de Elizondo-Salazar (2011) con 11 000 kg de MS ha⁻¹ para maíz mejorado y 15 300 kg de MS ha⁻¹ para maíz criollo, Amador y Boschini (2000) 15 200 kg de MS ha⁻¹ y a los de Núñez *et al.* (2005), quienes obtuvieron resultados de rendimiento promedio de materia seca de tres estados de madurez de 20 000 kg MS ha⁻¹.

No obstante, valores similares a los de Rivas *et al.* (2011), quienes evaluaron 12 híbridos experimentales, uno comercial liberado y un criollo en San Salvador El Seco, Puebla con mayor fertilizante de 206-69-60 (N-P-K) y a una densidad de 100 000 pl ha⁻¹, bajo labranza mínima y observaron RMS desde 47 215 hasta 34 250 kg MS ha⁻¹, a los de Sánchez-Hernández, *et al.* (2011) con 44 300 kg de MS ha⁻¹, para un primer ciclo y en el segundo ciclo 36 600 kg MS ha⁻¹ y a los de Elizondo y Boschini (2011) con valores de 49 203 y hasta 38 408 kg MS ha⁻¹.

En cambio, menores a los de Parra (1996) para 23 genotipos de maíz criollo y dos variedades comerciales, quienes observaron valores en el año 1992 de evaluación en un rango de 54 100 a 23 000 kg MS ha⁻¹, con una densidad de 62 mil pl ha⁻¹. Aspecto que demuestra que los rendimientos que se puedan obtener varían según la variedad, la fertilidad del suelo, la edad de corte y la densidad de siembra entre otros factores (Aldrich y Leng 1974). Si se considera la variedad, se puede decir que cualquier tipo de maíz puede cultivarse para forraje, pero las que producen mayores rendimientos de biomasa son aquellas variedades de porte alto. Los híbridos por su parte, al ser de porte pequeño generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área.

Para el RMSH los datos mostraron para Chalqueño y Tampiqueño los mayores valores con 9 781 y 9 528 kg MS ha⁻¹, respectivamente, en cambio Gdelfin y Stiburón mostraron los menores valores con 4 676 y 4 921 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Para RMST los datos mostraron que Chalqueño y Mexqui Tuvieron los mayores valores con 25 951 y 25 374 kg MST ha⁻¹; respectivamente, en cambio Stiburón mostró el menor valor con 6 883 kg MST ha⁻¹, respectivamente.

Si consideramos los componentes de hojas y tallos en conjunto se puede observar que los resultados de esta investigación son mucho mayores a los obtenidos por Rivas, *et al.* (2018) con 5 700 a 4 800 kg MSTH ha⁻¹ y 19 000 a 13 600 kg MST ha⁻¹ y Elizondo y Boschini (2001) con 2 594 a 1 709 kg MS ha⁻¹ y 3 327 a 2 802 kg MSTH ha⁻¹. Aunque en el RMSE no hubo diferencias significativas, la media de 6 886 kg MSE ha⁻¹ fue mayor a los de Elizondo y Boschini (2001) quienes observaron valores de 432 a 667 kg MS de elote ha⁻¹ y menores a los de Rivas *et al.* (2018) con 8 900 a 8 500 kg MSE ha⁻¹.

Las diferencias estadísticas en la RHP, RTP y REP se muestran en el Cuadro 4, donde H311plus mostró el mayor valor con 0.29, seguido de Stiburón con 0.28 para RHP. Las de menor valor fueron Tlaha7 y Mexqui con 0.21 y 0.19, respectivamente. La mayor RTP se presentaron en Mexqui con 0.67, y las de menor relación fueron H311plus con 0.42 y Stiburón con 0.4. Por otro lado, en la REP las mayores relaciones se obtuvieron en Stiburón y H311plus con 0.31 y 0.28, y las de menor relación fueron Hueha2b/a con 0.14 y Mexqui con 0.13.

Los resultados obtenidos son menores a los observados por Rivas *et al.* (2006), quienes reportan valores entre 0.28 y 0.53 al igual que los obtenidos por Reta *et al.* (2000), de 0.45 a 0.5 y a los de Peña *et al.* (2002), que arrojaron valores de 0.32 a 0.4.

Cuadro 4. Significancia estadística de medias para las relaciones hoja, tallo y elote contra la planta entera de 21 genotipos de maíz de diferente ambiente.

Genotipo	RHP	RTP	REP
AS948-1	0.25 abcd	0.55 i	0.19 n
AS948-2	0.27 abc	0.49 s	0.23 f
Cerritos	0.21 cd	0.55 j	0.23 f
Chalqueño	0.21 cd	0.56 h	0.22 h
Feuze	0.26 abcd	0.53 m	0.2 m
Forrajal	0.23 abcd	0.49 r	0.26 c
Gdelfin	0.22 bcd	0.53 l	0.24 e

Genotipo	RHP	RTP	REP
H311 plus	0.29 a	0.42 t	0.28 b
Mexqui	0.19 d	0.67 a	0.13 s
Ojitalct	0.25 abcd	0.51 q	0.23 f
Papjalb/a	0.22 bcd	0.59 d	0.18 o
Rojo	0.2 cd	0.63 c	0.16 p
Stafejal	0.26 abcd	0.52 n	0.21 k
Stiburon	0.28 ab	0.4 u	0.31 a
Tampiqueño1	0.22 bcd	0.56 g	0.21 i
Tlaha1	0.23 abcd	0.51 o	0.24 d
Tlaha2	0.25 abcd	0.59 e	0.16 q
Hueha2b/a	0.22 bcd	0.63 b	0.14 r
Tlaha4	0.25 abcd	0.53 k	0.2 l
Tlaha6	0.26 abcd	0.51 p	0.23 g
Tlaha7	0.21 cd	0.58 f	0.21 j
Media	0.24	0.54	0.21
DMS	0.06	0	0

a, b, c= letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes. Tukey al 0.05 RHP= relación hoja planta; RTP= relación tallo planta; REP= relación elote planta. DMS= diferencia mínima significativa.

La FDN en hojas, tallo y elote no mostró diferencias estadísticas ($p > 0.05$; Cuadro 5), donde la media fue de 62.7, 74.9 y 66.7% de FDN para hojas, tallo y elote, respectivamente. Valores similares a los observados por Elizondo y Bochini (2001), quienes observaron valores de FDN para hoja de 71.6 a 69.2%, para tallo de 68.0 a 65.4% y para elote de 64.9 a 64.1%.

Cuadro 5. Significancia estadística de medias para FDN y FDA de 21 genotipos de maíz de diferente ambiente.

Genotipo	Fibra detergente neutra			Fibra detergente ácida		
	Hojas	Tallos	Elotes	Hojas	Tallos	Elotes
AS948-1	59.1 a	69.7 a	70.3 a	81.7 a	97.8 ab	98.5 a
AS948-2	59.8 a	69.5 a	63.1 a	84.9 a	98.5 ab	96.4 a
Cerritos	62.3 a	76.8 a	62.5 a	89.4 a	96.7 ab	96.5 a
Chalqueño	65.6 a	74.3 a	56.4 a	77.2 a	97.2 ab	95.4 a
Feuze	59.5 a	73.4 a	62.1 a	77 a	97.4 ab	91.4 a
Forrajal	62 a	75.9 a	75.5 a	74.7 a	98.1 ab	98.1 a
Gdelfin	62 a	72.8 a	71.8 a	64.8 a	97.9 ab	98.6 a
H311plus	62.6 a	74.8 a	67.4 a	85.5 a	95.4 b	96.4 a
Mexqui	61.4 a	74.1 a	68.5 a	78.3 a	97.8 ab	97.4 a
Ojitalct	66.7 a	72.8 a	62.2 a	84.2 a	97.4 ab	95 a
Papjalb/a	64.3 a	72 a	65.4 a	72.9 a	97.6 ab	95.9 a

Genotipo	Fibra detergente neutra			Fibra detergente ácida		
	Hojas	Tallos	Elotes	Hojas	Tallos	Elotes
Rojo	65.9 a	73.4 a	58.6 a	70.1 a	97.8 ab	96.1 a
Stafejal	64.7 a	75.5 a	75.3 a	64.6 a	96.5 ab	82.1 a
Stiburon	60.7 a	78.7 a	71.9 a	80.2 a	97.5 ab	99.5 a
Tampiqueño1	65.5 a	76.4 a	70.6 a	63.4 a	96.7 ab	95.6 a
Tlaha1	63.7 a	77.1 a	69.6 a	69.5 a	96.5 ab	96.9 a
Tlaha2	65.4 a	79.5 a	81.2 a	79.8 a	97.7 ab	92.4 a
Hueha2b/a	60.2 a	76.1 a	59.1 a	72.2 a	97.8 ab	97.2 a
Tlaha4	61 a	76.1 a	65.2 a	64.8 a	97.7 ab	96.8 a
Tlaha6	61.3 a	71.8 a	69.5 a	61.8 a	99.4 a	97.7 a
Tlaha7	62.6 a	81.8 a	54.5 a	63.2 a	97.2 ab	86.5 a
Media	62.7	74.9	66.7	74.3	97.5	95.3
DMS	13.8	13.4	33.1	33.4	3.9	27.8

a, b, c...= letras diferentes en la misma columna son estadísticamente diferentes. Tukey al 0.05. FDN= fibra detergente neutra; FDA= fibra detergente ácida. DMS= diferencia mínima significativa.

Aunque los valores de FDN fueron por componente morfológico se puede observar que los valores fueron menores a los observados por Rivas *et al.* (2006), para materia seca del ensilado que consideró a la planta completa para el estado lechoso del elote con 73.4% contra 81.4% de FDN en estado masoso. En cambio, Núñez *et al.* (2005) observó valores menores con 47 a 60.9% FDN en grano en 1/3 de avance de línea de leche para la planta completa, mientras que con 1/4 de línea de leche del grano, obtuvieron en promedio 57.6 a 60.7% de FDN para la planta completa.

La FDA mostró diferencias significativas solamente para tallo ($p < 0.05$; Cuadro 5), donde Tlaha6 mostró el mayor valor de FDA con 99.6%, mientras que H311plus mostró el menor valor con 95.4%. La media de FDA para hojas fue de 74.3 y para elote fue de 95.3%. Los resultados obtenidos son mayores a los obtenidos por Rivas *et al.* (2006) en seis genotipos de maíz cosechados en dos estados de madurez del elote bajo labranza mínima, observaron que la menor FDA de 39.1% en la cosecha del elote en estado lechoso. En cambio, en el estado masoso, los valores promedio de FDA fueron de 46.42%. Por otro lado, Peña *et al.* (2004) observaron valores de 26.4 FDA. En cambio, Elizondo y Boschini (2001) obtuvieron valores mucho menores con 39.7 a 37.4% para hoja, 44.9 a 42.6% para tallo y 34.7 a 25.2% para elote.

Conclusiones

Los genotipos sobresalientes en rendimiento de materia seca total fueron dos criollos, Chalqueño y Tampiqueño1 que corresponde al ambiente templado y semicálida. Se concluye que existen genotipos criollos de otras regiones que se adaptan al clima seco de las zonas semiáridas y producen mayores RMS y con mejores componentes morfológicos que otros criollos de la región y que las variedades mejoradas recomendadas. Los resultados mostraron que existen genotipos de las diferentes regiones y ambientes, con potencial productivo para las zonas semiáridas, por lo que pueden emplearse para producción y programas de mejoramiento genético para forraje.

Literatura citada

- Aldrich, S. y Leng, E. 1974. Producción moderna de maíz. Editorial Hemisferio Sur. Argentina. 308 p.
- Amador, A. y Boschini, C. 2000. Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. *Agronomía Mesoamericana* 11(1):171-177.
- Borroel, G. V. J.; Álvarez, R. V. P.; Rodríguez, H. S. A.; Jiménez, D. F.; Preciado, R. P.; Ogaz, A. y Zermeño, G. H. 2014. Rendimiento de maíz forrajero bajo la adición de ácido húmico y algaenzima. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1(2):233-244.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2012. El maíz, sus razas y parientes silvestres. Boletín de prensa. Proyecto global de maíces nativos. Verificada en enero de 2013. www.biodiversidad.gob.mx.
- Elizondo, J. y Boschini, C. 2001. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y la calidad del forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*. 12(2):181-187.
- Elizondo-Salazar. 2011. Influencia de la variedad y altura de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. *Agron. Costarricense* 35(2):105-111.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Quinta Edición. Instituto Nacional de Geografía. UNAM. México, D. F. 246 p.
- Gaytan-Bautista, R.; Martínez-Gómez, M. I. y Mayek-Pérez, N. 2009. Rendimiento de grano y forraje en híbridos de maíz y su generación avanzada F2. *Agricultura Técnica en México*. 35(3): 295-304.
- Montemayor, J.; Zermeño, A.; Olague, J.; Aldaco, R.; Fortis, M.; Salazar, E.; Cruz, J. y Vázquez-Vázquez, C. 2006. Efecto de la densidad y estructura del dosel de maíz en la penetración de la radiación solar. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. 55 (75): 47-53.
- Muñoz-Tlahuiz, F.; Guerrero-Rodríguez, J. D.; López, P. A.; Muñoz-Gil, A.; López-Sánchez, H.; Ortiz-Torres, E.; Hernández-Guzmán, J. A.; Taboada-Gaytán, O.; Vargas-López, S. y Valadez-Ramírez, M. 2013. Producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en condiciones de temporal en los valles altos de Libres-Serdán, Puebla, México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 4(4):515-530.
- Núñez, H. G.; Faz, C. R.; González, C. F. y Peña, R. A. 2005. Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje. *Técnica Pecuaria en México* 43(1):69-78.
- Núñez, H. G.; Faz, C. R. y Sánchez, G. R. 2007. Evaluación de híbridos de maíz para forraje en la región Lagunera. INIFAP. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental La Laguna. Informe. 25 p.
- Parra, A. 1996. Evaluación de cultivares criollos e híbridos de maíz (*Zea mays* L.) para uso forrajero bajo condiciones de bosque seco tropical. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 13(4): 251-260.
- Peña, R. A.; Núñez, G. y González, F. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Téc. Pec. enMéx.* 40(3): 215-228.
- Peña, R. A.; González, C. F.; Núñez, H. G. y Jiménez, C. 2004. Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera. *Rev. Fitotec. Mex.* 27(Núm. Especial 1):1-6.
- Preciado, O. R. E. y Montes, S. 2011. Reseña del libro "Amplitud, Mejoramiento, Usos y Riesgos de la Diversidad Genética de Maíz en México". *Rev. Fitotec. Mex.* 34, Núm. 4. 2 p.
- Reta, S. D. G.; Gaytán, A. M. A. y Carrillo, A. J. 2000. Respuesta del maíz para ensilaje a métodos de siembra y densidades de poblaciones. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 23(1):37-48.

- Rivas, J. M. A.; Carballo, C. A.; Quero, C. A. R.; Mendoza, P. S. I.; Vaquera, H. H.; Rivas, Z. M. A. y Sánchez, H. M. A. 2019. Productividad y caracteres morfológicos de híbridos de maíz forrajero. *Agroproductividad*, 12(8):59-65.
- Rivas, J. M. A.; Carballo, C. A.; Quero, C. A. R.; Hernández, G. A.; Vaquera, H. H.; Rivas, Z. E, C.; Rivas, Z. M. A. y Rivas, Z. E. J. 2018. Comportamiento productivo de doce híbridos trilineales de maíz para forraje en una región tropical seca. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 21(3):579-586.
- Rivas, J. M. A.; Carballo, C. A.; Quero, C. A. R.; Hernández, G. A.; García, de los S. G. y Vaquera, H. H. 2011. Evaluación productiva y forrajera de doce híbridos de maíz bajo labranza mínima en valles altos. En: *Desarrollo de la Agricultura Sostenible. Alternativas Tecnológicas y Enfoques Sociales*. Eds: Ramón Díaz-Ruiz, Jesús Felipe Álvarez-Gaxiola y Arturo Huerta-de la Peña. Editorial Altres Costa-Amic Editores, S. A. de C. V. Puebla, Pue., México. 129-141 pp.
- Rivas, J. M. A.; Carballo, C. A.; Pérez, P. J.; González, J. G. y García, Z. A. 2006. Rendimiento y calidad de ensilado de seis genotipos de maíz cosechados en dos estados de madurez. En: *INIFAP, UV, CP, UACH, ITUG, ITBOCA y UNAM. Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria Forestal y Acuícola en el Trópico Mexicano. Libro Científico No. 3*. Veracruz, México. Primera Edición. Editorial Atlántida Casa de Ciencia y Cultura, SA de CV. Xalapa, Ver. 313-320 pp.
- Sánchez-Hernández, M. A.; Aguilar-Martínez, C. U.; Valenzuela-Jiménez, N.; Sánchez-Hernández, C.; Jiménez-Rojas, M.C. y Villanueva-Verduzco, C. 2011. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*. 22(2):281-295.
- Vigouroux, Y. J.; Glaubitz, C.; Matsuoka, Y.; Goodman, M. M.; Sánchez, J. and Doebley, J. 2008. Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *Amer. J. Bot.* 95(10):1240-1253
- Yescas, C. P.; Segura, C. M. A.; Martínez, C. L.; Álvarez, R. V. P.; Montemayor, T. J. A; Orozco, V. J. A. y Frías, R. J. E. 2015. Rendimiento y calidad de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con diferentes niveles de riego por goteo subsuperficial y densidad de plantas. *Phyton*. 84(2):272-279.