

Reducción del rendimiento de grano y rastrojo de variedades criollas de maíz de Zacatecas por efecto de sequía edáfica

Reduction of the grain yield and stubble yield of landrace corn varieties to effect of edafic drought

Maximino Luna Flores
Gilberto Loera Martínez
José Hernández Martínez
Alfredo Lara Herrera
J. Jesús Avelar Mejía
Roberto Ruiz de la Riva
Unidad Académica de Agronomía
Universidad Autónoma de Zacatecas
Maximino Gerardo Luna Estrada
Unidad Académica de Estudios del Desarrollo
Universidad Autónoma de Zacatecas

Resumen

En los años 2005 y 2006 se evaluaron, bajo condiciones de sequía (s) y sin sequía (ss), seis variedades criollas de maíz de temporal del estado de Zacatecas, una variedad mejorada y una experimental, con el fin de observar si algunas mostraban mayor peso de grano y rastrojo que otras bajo condiciones de cultivo con sequía; y además verificar si reducían poco por efecto de éste tratamiento, respecto al de sin sequía. Los experimentos se desarrollaron en la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Se usó un diseño experimental en parcelas divididas con cuatro repeticiones; las parcelas grandes fueron ocupadas por los tratamientos: sequía y sin sequía, en las que se distribuyeron al azar las variedades.

La unidad experimental constó de tres surcos de 5 x 0.75 m con 16 plantas cada uno; en el surco central se tomaron datos de: peso de grano, peso de rastrojo y días a floración masculina media. Las variedades de 72 días a floración masculina media (DFM): C-5 y VS-201, tuvieron mayor peso de grano y fueron menos afectadas por la sequía que la variedad C-4, de la misma precocidad. Las variedades: C-7 y C-23, de 78 DFM, superaron a la variedad Exp, también de 78 DFM. En el peso de rastrojo

sobresalió la variedad C–5, seguida de C–11 de 72 DFM, y la variedad C–23, también seguida de C–10, de 78 DFM.

En el 2005, las variedades más afectadas por la sequía redujeron en promedio el peso de grano en un 35.5%, el de rastrojo en un 36.5%, y las variedades sobresalientes en 14 y 21.5 %, respectivamente. En el 2006 la reducción fue, en el mismo orden anterior, de: 69.0%, 52.5%, 46.5% y 32.0 %. El mayor efecto de la sequía, observado en el año 2006, se debe a que se dieron 14 días de sequía en la etapa de floración, contra cuatro del 2005. Los días a floración masculina sólo fueron afectados por la sequía en 2005 y 2006, en la variedad C–11.

Palabras clave: *zea mays* L., variedades criollas, Zacatecas, sequía, peso de grano, peso de rastrojo.

Abstract

In the years 2005 and 2006 were evaluated, under drought conditions and without drought conditions, six temporary landrace corn varieties of Zacatecas State, one better and one experimental variety, were observed and check if they showed more weight of grain and more stubble under drought conditions, moreover check if decrease this varieties in comparison without drought conditions. The experiments were developed in the Agronomic Academic of Zacatecas University. The experimental design was plots divided into four repetitions. The great plots was taken for whit and without treatments drought, in these plots were distribute of chance the varieties.

The experimental unit was of three furrows of 5 x 0.75 m with sixteen plants each furrows, in the central furrows was taken dates of: weight grain, weight stubble a masculine half florescence's days. The varieties of 72 days a masculine half florescence's days (DFM) C–5 and VS–201, were more weight grain and were less affected by drought than C–4 variety of same precocity. The varieties C–7 and C–23 of 78 DFM, gain to Exp. Variety, of 78 DFM, too. In the weight stubble stand out the variety C–5 is followed by C–11 of 72 DFM, and the variety C–25 is followed by C–10, of 78 DFM, too. In the year 2005 the varieties more affected by drought reduced in average

the weight grain in one 35.5%, the weight stubble in 36.5% and out standing varieties in 14 and 21.5% too. In the year 2006 the reduction was, in the same last order, of: 69.0%, 52.5%, 46.5% and 32.0%. The most effected of drought was observed in the year 2006, and this was caused by 14 days of drought in the floescence stage again four days of 2005. The masculine half floescence's days only were affected by the drought in 2005 and 2006 in the variety C-11.

Keywords: *zea mays* L., creoles varieties, Zacatecas, drought, weight of grain and weight of stubble.

Introducción

El maíz se ha cultivado en México desde hace más de diez mil años (Turrent y Serratos, 2004; Miranda, 2000) en diversas condiciones ecológicas (Luna, 2003; Muñoz, 2003). Se trata de la especie con el mayor número de usos (Muñoz, 2003; Warman, 1988; Benz, 1977), adaptabilidad y diversidad genética (Muñoz, 2003; Benz, 1977).

En México el maíz ha sido el cultivo más importante, tanto agrícola como social y económico, desde que se conocen escritos sobre él. (Luna, 2003; Muñoz, 2003; Ángeles, 2000). En el estado de Zacatecas se cultiva desde el año 1200 (Rodríguez, 1977; Velasco, 1894; Bonilla, 1889) bajo condiciones de temporal deficiente (150–450 mm; Luna y Gutiérrez, 2000). Esta precipitación es significativamente inferior a la que el cultivo de maíz requiere para obtener un alto rendimiento (600–800 mm; Pulsegrove, 1985; Shaw, 1977);

La distribución de la lluvia durante el ciclo de cultivo en Zacatecas es además irregular, en promedio se registra un 65%–70% antes de que la planta llegue al 50% de la floración masculina y solamente un 30–35% después de ella (Luna y Gutiérrez, 2000). En esta última etapa es cuando el maíz necesita más agua para lograr el mejor rendimiento (Boyer y Westgate, 2004; Cakir, 2004). Si la profundidad del suelo de cultivo del estado de Zacatecas fuera superior a un metro y tuviera 4% de materia orgánica, podría almacenar y conservar agua de lluvia que las plantas utilizarían cuando no lloviera. No obstante, el 52% de ellos tienen menos de 50cm de profundidad, 25%

entre 50cm y 75cm a la vez que el contenido de materia orgánica es inferior a 1% (Luna y Gutiérrez, 2000), por lo que la capacidad de retención de humedad es menor.

Bajo estas condiciones se ha cultivado el maíz de temporal por más de 800 ciclos en el altiplano del estado de Zacatecas (Rodríguez, 1977), ciclos en los que los productores han hecho selección vertical (Pedroza y Muñoz, 1993) de las variedades que siembran, formando patrones varietales que hacen frente a las variaciones ecológicas (Muñoz, 2003), principalmente a la sequía. Situación que hace suponer que esas variedades pueden tener en su acervo genético genes para tolerancia a sequía, de tipo filogenético y ontogénico (Pedroza y Muñoz, 1993). Si se considera como sequía a la falta de agua en alguna etapa de desarrollo de la planta, se afecta la expresión de algún tejido, de algún órgano o de toda la planta (Campos *et al.*, 2004; Pedroza y Muñoz, 1993).

El propósito del presente trabajo fue observar si algunas variedades criollas de maíz de temporal del estado de Zacatecas producían mayor peso de grano y de rastrojo que otras en las mismas condiciones de estrés por sequía. Además se verificó si reducían en menor medida esos pesos debido a la sequía. Las variedades con tales características podrían utilizarse como base de programas de mejoramiento genético de maíz de temporal en Zacatecas.

Materiales y Métodos

En los años 2005 y 2006, con base en el modelo de Muñoz y Rodríguez (1988), se probaron con sequía y sin sequía seis variedades criollas de maíz de temporal colectadas en el estado de Zacatecas, una variedad experimental y un testigo tolerante a sequía (VS-201), según lo indican Luna y Gutiérrez (1998) y Gutiérrez *et al.* (1988) (Cuadro 1). Las condiciones ecológicas de los lugares donde se colectaron las variedades criollas son diversas: 250–450mm de precipitación en un ciclo de cultivo de 100–120 días, a 15–17 °C de temperatura media y 1900–2250 msnm (Medina *et al.*, 1998).

Se usó un diseño experimental en parcelas divididas con cuatro repeticiones, las parcelas grandes correspondieron a los tratamientos con y sin sequía, en cada una se

distribuyeron al azar las nueve variedades. Las parcelas chicas se formaron de tres surcos de 5 x 0.75m para tomar datos en el surco central. Los experimentos se realizaron en la Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas,¹ durante el periodo que va del mes de junio a septiembre (ciclo de cultivo de temporal), en el que llueven en promedio 314mm y la temperatura media es de 17°C (Medina *et al.*, 1998).

Las labores de cultivo recomendadas para la región que se llevaron a cabo fueron: barbecho, rastreo, siembra, fertilización y dos escardas. En el año 2005 no hubo problemas de plagas ni enfermedades, pero en el 2006 se tuvo que aplicar insecticida luego de los primeros veinticinco días de siembra debido a diversas plagas. Se sembró en una fecha temprana (26 de abril del 2005 y 5 de abril del 2006) en suelo húmedo, buscando evitar que las precipitaciones de la temporada de lluvias afectaran el tratamiento de sequía.

Cada 0.33m se enterraron dos semillas con la intención de que creciera una planta veintiún días después. La población obtenida fue de 39,900 plantas por hectárea, como se recomienda para siembras comerciales de temporal en el altiplano del estado de Zacatecas (Luna y Gutiérrez, 2000). Al sembrar se fertilizó con la dosis 80–40–00, cantidad mayor a la recomendada para maíz de temporal en el altiplano de Zacatecas. Esta dosis se aplicó con el propósito de asegurar el máximo rendimiento de las variedades con el tratamiento sin sequía.

Tabla 1. Variedades criollas mejoradas de maíz de temporal probadas en el presente trabajo, lugar de colecta, productor donante y ciclo vegetativo indicado por el productor.

Variedad	Comunidad y municipio	Productor	Ciclo (días)
C-4	Col. G. Ortega, Sombrerete	J. Manuel Martínez J.	100
C-5	Col. G. Ortega, Sombrerete	Humberto Salazar	105
C-7	Zaragoza, Sombrerete	Martín Salazar	110
C-10	Félix U. Gómez, E. Estrada	Rafael Murillo	110

¹ Ubicada a 22° 31' 28" de latitud norte, 102° 41' 10" longitud oeste y 2280msn.

C-11	Enrique Estrada	Gabino Ramírez T.	120
C-23	La Florida, Valparaíso	J. Guadalupe Alba C.	110
Exp.	Cieneguillas, Zacatecas	INIFAP y UAA-UAZ	110
VS-201 (T)	Cieneguillas, Zacatecas	INIFAP y UAAUAZ	110

C = colecta, T = testigo resistente a sequía.

En el año 2005 el tratamiento sin sequía consistió en siete riegos de auxilio de 3 cm de lámina cada uno, aplicados con cintilla. Hasta antes del inicio de la temporada de lluvias (24 de julio) (Figura 1), no hubo necesidad de más riegos, debido a que en la tercera decena de julio y en la primera de agosto se registraron 95 mm de precipitación (Figura 3), con los que el cultivo terminó su ciclo biológico. El tratamiento con sequía consistió sólo en dos riegos de auxilio similares al de sin sequía, aplicados antes de la temporada de lluvias (Figura 1); aunque no se tuvo la sequía suficiente, sobre todo en las etapas fenológicas de floración y llenado de grano, tal como indican algunos autores (Boyer y Westgate, 2004; Cakir, 2004; Saini y Westgate, 2000; Bolaños *et al.*, 1993).

La falta de agua ocurrió aproximadamente entre los veintiún y treinta y cinco días antes del inicio de la floración en las variedades de ciclo vegetativo intermedio, de ocho a veintidós días antes en las de ciclo vegetativo corto, así como cuatro días durante la etapa de floración. En el año 2006 el tratamiento de sequía fue más severo que en el 2005, coincidió con la etapa fenológica de crecimiento vegetativo (cerca de trece días, Figura 2) y la de floración e inicio de llenado de grano (catorce días), pero no fue afectado por la precipitación natural (Figura 3).

En cada parcela experimental se midieron las variables: días de la siembra al 50% de la floración masculina, peso de rastrojo seco al aire por dos meses (parte aérea de la planta y mazorca) y peso de mazorca (PM) seca al aire por dos semanas. De cada parcela experimental se tomaron 120g de grano para determinar la humedad (HG), así como tres mazorcas para medir el peso de grano por mazorca (PGM). Con ello se obtuvo el peso de grano por parcela al 14% de humedad (PG) mediante la fórmula:

$(PM*HG/0.86)*PGM$. Cada variable se sometió a análisis de varianza como lo indican Cochran y Cox (1984), con el modelo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + \varepsilon_{ij} + V_k + AV_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, r; j = 1, 2, \dots, a; k = 1, 2, \dots, v;$$

Y_{ijk} = observación de la variedad k en el tratamiento de agua j en el bloque i

μ = media verdadera general

β_i = efecto del bloque

A_j = efecto del agua

ε_{ij} = error experimental de las parcelas grandes

V_k = efecto de la variedad

AV_{jk} = efecto de la interacción de la variedad k en el tratamiento agua j

ε_{ijk} = error experimental de las parcelas chicas.

En las variables y factores que tuvieron diferencias estadísticas, en el análisis de varianza, se aplicó la prueba de medias mediante Tukey ($p \leq 0.05$).

Figura 1

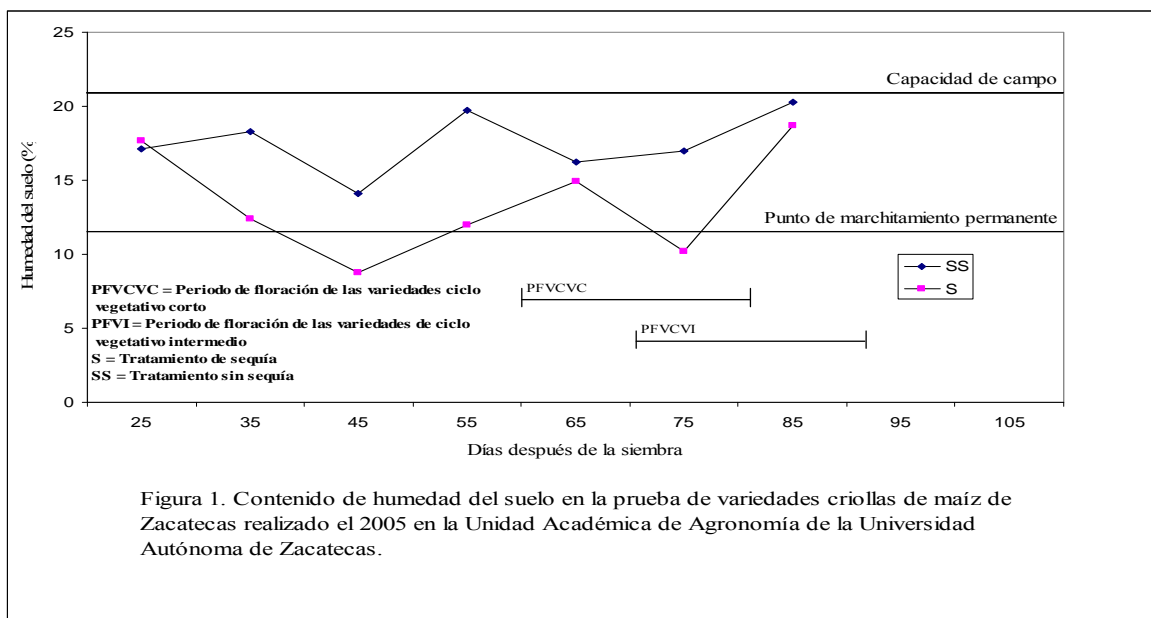


Figura 2

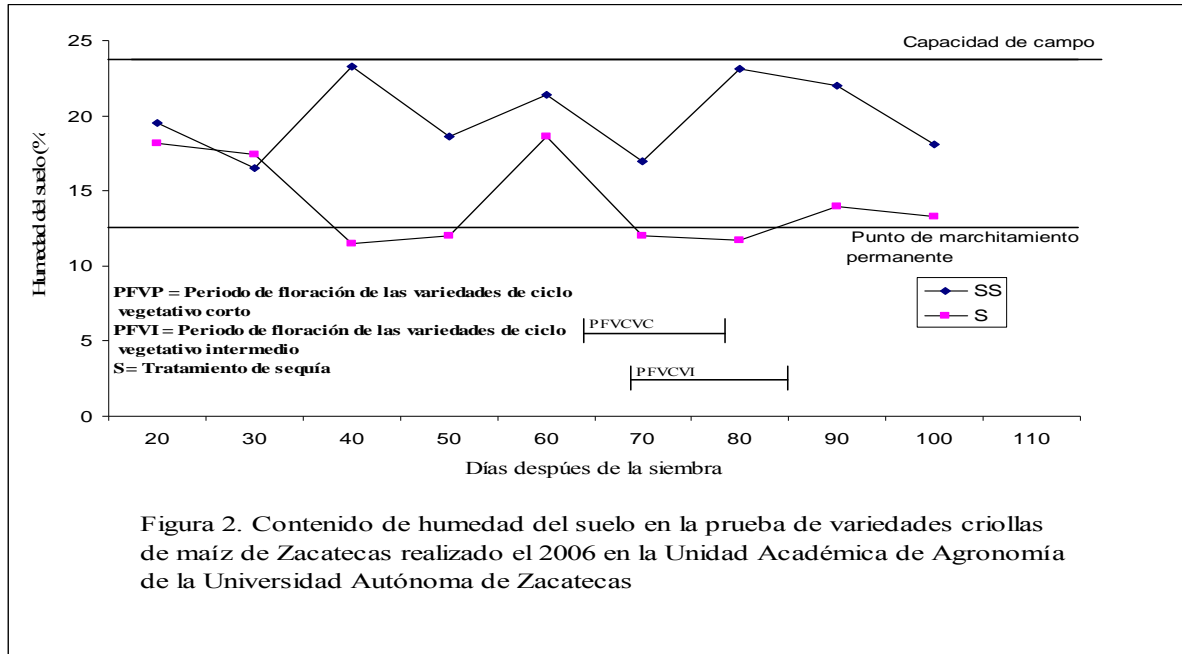
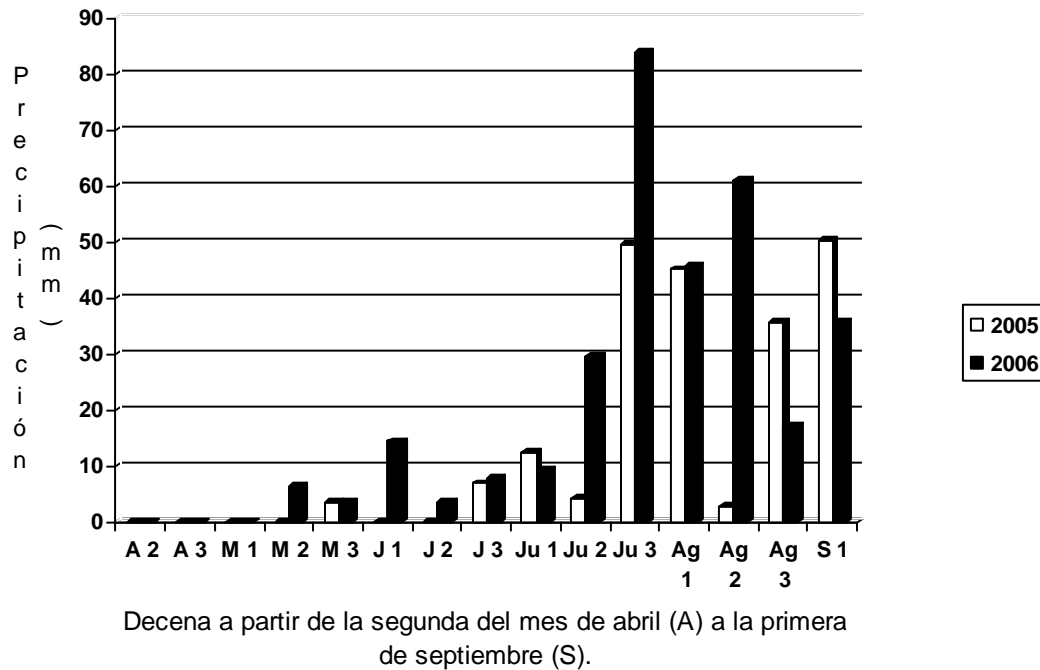


Figura 3. Precipitación decenal en el periodo de cultivo de los experimentos



Resultados y discusión

Análisis de varianza

Los análisis de varianza detectaron diferencias ($p < 0.01$) en los factores de agua (sequía vs. sin sequía) y en las diversidades de los dos años de prueba (Cuadro 2), excepto, en el 2005, en las alteraciones de la variable peso de grano. La interacción variedades por agua sólo fue significativa para días a floración en el 2005, y en el 2006 en peso de grano y rastrojo. Esto quiere decir que la falta de agua afectó a las variables medidas, que hubo diferencia entre las variedades y que algunas de ellas mostraron contrastes por efecto del agua en la precocidad del 2005, y en el 2006 en las variables peso de rastrojo y grano.

Debido al mayor tiempo s , ocurrido en la etapa de floración durante el 2006, (figuras 1 y 2), existió una pequeña diferencia estadística en más factores de diversificación y variables que en el 2005. Los valores de los coeficientes de variación son aceptables, de acuerdo con los obtenidos en trabajos similares por otros investigadores (Luna y Gutiérrez, 1998; Lechuga, 2007; Loera, 2008).

Resultados obtenidos con y sin sequía

El interés del trabajo fue verificar si la sequía afectaba más a unas variedades que a otras, por tanto se hizo la comparación de la respuesta de cada una de ellas a los tratamientos s y ss , sobre las variables medidas (cuadro 3 a 5).

Observaciones generales

En 2005 la reducción de los pesos de grano (21% en promedio) y de rastrojo (20%) al pasar del tratamiento sin sequía (ss) al de sequía (s) no fue tan grande como el obtenido por otros investigadores (Bolaños y Edmeades, 1993; Eyherabide *et al.*, 1996; Narro *et al.*, 1996; Edmeades *et al.*, 1999; Boyer y Westgate, 2004; Cakir, 2004), la etapa de floración fue sólo de cuatro días (Figura 1). Se verificó mayor tiempo de sequía en la etapa de floración en el año 2006, respecto al 2005 (figuras 1 y 2). La

diferencia entre los valores obtenidos con el tratamiento ss, en comparación al s, son mayores en el 2006 (cuadros 3 a 5).

Por lo que respecta al 2006 el peso de grano se redujo en promedio 63% al pasar de ss a s, y el de rastrojo bajó 45%, contra 21% y 24% en el 2005, respectivamente. También se observó que los pesos de grano y de rastrojo de 2006 fueron menores que los de 2005 (cuadros 3 y 5). Lo anterior quizá se deba a las diferencias en las condiciones ecológicas entre los ciclos de cultivo de los años de prueba, entre otras razones. Se sembró a partir del 26 de abril de 2005 al 5 de abril de 2006, por lo que la calidad y cantidad de luz solar fue diferente. La temperatura media en la etapa de crecimiento vegetativo en el 2005 fue de 21.6°C y la media mínima de 12.4°C, mientras que en el 2006 osciló entre los 19.4°C y 11.1°C.

Es posible que también afectara, en el año 2006, el daño ocasionado por plagas en los primeros treinta días del crecimiento de las plantas, a pesar de que se hizo una aplicación de plaguicida que controló sus poblaciones. De cualquier manera hubo cambios significativos en las variables medidas entre los tratamientos de s y ss.

El peso del grano fue más afectado por la sequía que el de rastrojo, mientras que los días a la floración masculina media prácticamente no fueron perjudicados, lo cual coincide con lo señalado por algunos autores (Bolaños *et al.*, 1993; Eyherabide *et al.*, 1996; Cakir, 2004; Lechuga, 2007). El peso de grano y de rastrojo también sufrió menoscabos en variedades de 72 días, a floración masculina media y en las de 78 días (cuadros 3 a 5).

Peso de grano

Las variedades criolla C-5 y mejorada VS-201 de 72 días a floración media (DFM), fueron estadísticamente iguales en peso de grano y superiores a la variedad criolla C-4, de la misma precocidad, también se redujeron menos el peso de grano al pasar del tratamiento ss al s, que C-4 (Cuadro 3). La respuesta de las variedades criollas de 78 DFM: C-23 y C-7 fue similar con relación a la variedad Exp, de la misma precocidad, aunque C-23 tuvo mayor disminución relativa que la variedad Exp al pasar de ss a s, ya que gozó del más alto peso de grano también en SS.

La variedad C-4 redujo el peso un 34% en 2005 y 65% en 2006, contra un porcentaje de 16.5% en promedio de C-5 y VS-201 en 2005, y de 47% en el 2006. La variedad Exp, por su parte disminuyó el peso un 25% en 2005 y 53% en el 2006. La C-23 y C-7 lo aminoraron en promedio un 22% y 54.5 %, pero el peso sin sequía de estas variedades es significativamente mayor que el de la variedad Exp.

Peso de rastrojo

En esta variable sobresalieron, tanto por el alto peso de rastrojo con el tratamiento de sequía como por la menor reducción del peso al pasar de ss a s, las diversidades criollas de 72 DFM: C-5 y C-11 en contraste con C-4, de la misma precocidad. Entre las 78 DFM se distinguieron: C-10 y C-23, comparadas con la variedad Exp, también de la misma precocidad. El peso de rastrojo de C-4 rebajó un 48% en el 2005 y 52% en 2006. La reducción promedio de C-5 y C-11 fue de 23% y 41.5%, la variedad Exp se moderó 24% en 2005 y 43% en 2006, contra 21% en promedio de C-10 y C-23 en 2005 y 45% en 2006.

Días a floración masculina media

No fue afectada por la sequía, salvo la variedad criolla C-11 en los dos años de prueba y la C-5 en 2006. Algunas variedades no han sido perturbadas por la selección que los productores han hecho a través de cientos de años en siembras de escasa humedad, si bien varios autores indican que la sequía afecta significativamente tal variable (Bolaños *et al.*, 1993; Edmeades *et al.*, 1993; Boyer y Westgate, 2004; Cakir, 2004).

Los resultados señalan que existen variedades criollas en el estado de Zacatecas con alto rendimiento de grano y rastrojo cuando se cultivan bajo condiciones de sequía, relativamente precoces, como el ciclo vegetativo intermedio. Ello ocurre por la selección que los productores han hecho, durante siglos, de la errática y poca precipitación que se presenta durante el ciclo de cultivo de temporal en Zacatecas.

Algunas de las variedades reducen poco el rendimiento al pasar de un cultivo sin problema de agua a otro con estrés por falta de ella, esto debido a que tal vez

cuenten con genes para producir de forma relativa en ambas condiciones de cultivo. Existen variedades criollas productivas adaptadas a las condiciones de cultivo, de baja humedad, del estado de Zacatecas, que pueden ser usadas en programas de mejoramiento genético, con el objetivo de perfeccionarse.

Conclusiones

Se observa desacuerdo en la respuesta de las variedades criollas de maíz a lo largo de la sequía: en peso de grano, de rastrojo, y sólo en una variedad (C-11) en días a floración masculina los dos años de prueba. Las variedades C-5; la optimizada VS-201, de 72 días a floración masculina media; y las: C-7 y C-23, de 78 días a floración masculina media, fueron las de mayor peso de grano en el tratamiento de sequía durante los dos años de prueba. No obstante, las C-7 y C-23 redujeron significativamente el peso, al pasar del tratamiento ss al de s debido al alto valor de la variable en el tratamiento ss.

En el peso de rastrojo sobresalió la variedad C-23, seguida de C-10, C-11 y C-5. Las variedades C-4, de 72 días a floración, y la variedad Exp, de 78 días, fueron las de menor peso de grano y de rastrojo en el tratamiento ss. C-4 se redujo más su peso debido a la sequía, lo que no ocurrió con Exp, debido a su pequeño peso en el tratamiento ss. Algunas variedades sobresalientes muestran potencial para usarse en programas de mejoramiento genético, de maíz de temporal en el estado de Zacatecas y regiones con características ecológicas similares.

Tabla 2. Cuadrados medios del peso de grano, peso de rastrojo y días a floración masculina de variedades criollas de maíz de temporal de Zacatecas probadas con y sin sequía en los años 2005 y 2006.

Factor de variación	GL	2005			2006		
		Peso de grano	Peso de rastrojo	Días de floración	Peso de grano	Peso de rastrojo	Días de floración
Agua	1	2.526**	26.09**	24.08**	5.76**	47.43**	72.2**
Error a	3	0.011	0.17	0.24	0.04	0.53	3.8
Variedades	7	0.101	4.15**	98.94**	0.22**	5.60**	98.3**
V x A	7	0.058	0.34	5.32**	0.12**	0.99*	2.0
Error b	42	0.060	0.46	1.18	0.30	0.31	1.9
CV (%)		18.2	13.5	1.41	22.8	19.3	1.88

GL = grados de libertad

CV = coeficiente de variación

Tabla 3. Peso de grano de variedades criollas de maíz de temporal en Zacatecas probadas con y sin sequía los años 2005 y 2006

Variedad	2005			2006		
	Con sequía (S)	Sin sequía (SS)	S/SS	Con sequía (S)	Sin sequía (SS)	S/SS
C-4	0.85 B d	1.29 A bc	0.66	0.26 B b	0.75 A c	0.35
C-5	1.13 A a	1.34 A abc	0.84	0.34 B ab	0.87 A acd	0.39
VS-201	1.05 A abc	1.26 A bc	0.83	0.47 B a	1.01 A bc	0.47
Exp.	0.87 B d	1.16 A c	0.75	0.28 B b	0.60 A d	0.47
C-7	1.15 A a	1.29 A bc	0.89	0.41 B ab	1.50 A a	0.27
C-23	1.06 B ab	1.37 A abc	0.77	0.52 B a	1.23 A ab	0.30
Promedio	1.02	1.28	0.80	0.38	0.99	0.37

Según Tukey los valores con la misma letra mayúscula entre hileras son iguales ($p \leq 0.05$) y los valores con la misma letra minúscula en la misma columna también son iguales ($p \leq 0.05$).

Tabla 4. Peso de rastrojo de variedades criollas de maíz de temporal de Zacatecas probadas con y sin sequía el año 2005

Variedad	2005			2006		
	Con sequía (S)	Sin sequía (SS)	S/SS	Con sequía (S)	Sin sequía (SS)	S/SS
C-4	3.25 B d	5.22 A b	0.62	1.07 B d	2.22 A e	0.48
C-5	4.24 B b	5.55 A b	0.76	1.90 B bc	3.25 A d	0.58
C-11	4.56 B b	5.86 A b	0.78	1.97 B bc	3.35 A cd	0.59
Exp.	3.87 B c	5.12 A b	0.76	1.60 B cd	2.82 A de	0.57
C-10	4.85 B b	5.86 A ab	0.83	2.52 B ab	4.25 A bc	0.59
C-23	5.66 B a	7.19 A a	0.79	2.87 B a	5.87 A a	0.49
Promedio	4.40	5.80	0.76	1.99	3.64	0.55

De acuerdo a Tukey valores con la misma letra mayúscula entre hileras son iguales ($p \leq 0.05$) y valores con la misma letra minúscula en la misma columna son iguales ($p \leq 0.05$)

Tabla 5. Días a floración masculina de variedades criollas de maíz de temporal de Zacatecas probadas con y sin sequía el año 2005

Variedad	2005			2006		
	Con sequía (S)	Sin sequía (SS)	S/SS	Con sequía (S)	Sin sequía (SS)	S/SS
C-4	72.7 A e	71.7 A d	101	65.7 A d	65.2 A d	101
C-5	73.0 A e	72.7 A cd	100	73.2 A b	69.2 B c	106
VS-201	75.0 A d	74.0 A c	101	70.0 A c	69.5 A c	101
C-11	77.5 A c	70.0 B e	111	75.7 A b	68.2 B e	111
Exp.	79.5 A b	78.7 A b	101	75.5 A b	72.7 A b	104
C-7	80.7 A ab	80.7 A ba	100	77.2 A a	76.2 A a	101
C-10	80.0 A ab	80.0 A ab	100	76.0 A a	76.0 A a	100
C-23	81.5 A a	80.5 A a	101	75.5 A ab	74.2 A a	102
Promedio	77.9	76.6	102	73.6	71.4	103

Conforme a Tukey valores con la misma letra mayúscula entre hileras son iguales ($p \leq 0.05$) y valores con la misma letra minúscula en la misma columna son iguales ($p \leq 0.05$).

Bibliografía

- ÁNGELES A., H.H. 2000. *Mejoramiento genético de maíz en México: el INIA, sus antecesores y un vistazo a su sucesor, el INIFAP*. *Agric. Téc. Méx.* 26(1), pp. 31–48.
- BENZ, B.F. 1977. *Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano*. *Antropología Mexicana* 25, pp. 16–25.
- BOLAÑOS, J., Edmeades, G.O., and Martinez L. 1993. *Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize, III, Responses in drought-adaptative physiological and morphological traits*. *Field Crops Res.* 31, pp. 269–286.
- BONILLA, J.A. 1889. *La agricultura y sus productos en el estado de Zacatecas*. Imprenta del Hospicio de Niños de Guadalupe, Gobierno del Estado de Zacatecas, México, 168 p.
- BOYER, J.S.; Westgate, M.E. 2004. *Grain yields with limited water*. *J. Exp. Bot.* 55, pp. 2386–2394.
- CAKIR, R. 2004. *Effect of water stress of different development stages on vegetative and reproductive growth of corn*. *Field Crops Res.* 89, pp.1–16.
- CAMPOS, H.; Cooper, M.J.; Habben, E.; Edmeades, G.O. and Schussler, J.R. 2004. *Improving drought tolerance in maize*. *Field Crops Res.* 90, pp. 19–24.
- EDMEADES, G.O.; Bolaños, J.; Hernandez, M. and Bello, S. 1993. *Causes for silk delay in a lowland tropical maize population*. *Crop Sci.* 33, pp. 1029–1035.
- _____, J., S.C. Chapman, H.R. Lafitte, and M. Banziger. 1999. *Selection improves drought tolerance in tropical maize populations. I. Gains in biomass, grain yield, and harvest index*, *Crop Sci.* 39, pp. 1306–1315.
- EYHERABIDE, G.H., E. Guevara y L. Totis de Zeljkovich. 1996. «Efecto del estrés hídrico en el rendimiento de maíz en Argentina». *In: Developing Drought and Low N-Tolerant Maize*. G.O. Edmeades, M. Banzinger, H.R. Michelson, C.V. Peña-Valdivia (eds). *Proceedings of Symposium, march 25–29, 1996*. CIMMYT, El Batán, México, pp. 24–28.

- GUTIÉRREZ S., J.R.; Muñoz O., A.; Rodríguez O.J.L. y González C., F.V. 1988. *Evaluación de compuestos de maíz seleccionados en sequía y en riego*, *Agrociencia* 4(1), pp. 65–79.
- LECHUGA A., M. 2007. *Comportamiento de variedades de maíz de temporal probadas durante varios años en dos localidades del estado de Zacatecas*. Tesis de Maestría en Ciencias, UAA–UAZ, Zacatecas, 59 p.
- LOERA M., G. 2008. *Variedades criollas de maíz de temporal tolerantes a sequía de Zacatecas*. Tesis de Maestría en Ciencias, UAA/UAZ, Zacatecas, 57 p.
- LUNA F., M. y Gutiérrez S., J.R. 1993. *Efectos de la selección familiar sobre la floración y componentes de rendimiento en maíz*, *Fitotecnia Mexicana* 16, pp. 151–160.
- LUNA F., M. y Gutiérrez S., J.R. 1998. *Mejoramiento genético de maíz de temporal en la región Centro–Norte de México*. *Rev. Fitotec, México*, 21, pp. 147–158.
- LUNA F., M. y Gutiérrez S., J.R. 2000. *Investigación fisiotécnica de maíz de temporal en la región alta del norte de México*. *Rev. Fitotec, México*, 23, pp. 195–210.
- LUNA F., M. 2003. *¿Por qué no se deja de sembrar maíz en México? El tiempo no aguanta más*, Schwentesius, R.; Gómez, M.A. y Calva J.L. (coordinadores). Universidad Autónoma de Chapingo, México, pp. 115–132.
- MEDINA G., G., Ruiz C., A. y Martínez P., R.A. 1998. *Los climas de México*, Libro Técnico núm. A. INIFAP–SARH, México, 87 p.
- MIRANDA C., S. 2000. *Mejoramiento genético del maíz en la época prehispánica*. *Agric. Tec. Méx.* 26 (1):3–15.
- MUÑOZ O., A. y Rodríguez O., J.L. 1988. *Models to evaluate drought resistance*, Proc. Intern, Conference on drayland farming. Amarillo/Bushland, Texas, U.S.A. pp 741–743.
- MUÑOZ O., A. 2003. *Centli maíz Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México*, 211 p.
- NARRO, L.A., S. Pandey y J.C. Pérez. 1996. «Incidencia de la sequía en la producción de maíz en Sudamérica y la necesidad de un trabajo

- colaborativo»; in *Developing Drought and Low N-Tolerant Maize*, G.O. Edmeades, M. Banzinger, H.R. Michelson, C.V. Peña-Valdivia (eds). Proceedings of Symposium, march 25–29, 1996, CIMMYT, El Batán, México, pp. 7–19.
- PEDROZA F., J.A. y Muñoz O., A. 1993. *Resistencia ontogénica y filogenética a sequía en Phaseolus vulgaris L.* I Caracteres vegetativos, *Agrociencia* 4(1), pp. 19–33.
- PULSEGROVE, J.W. 1985. *Tropical crops: Monocotyledons*. Longman Scientific and Technical, New York, 607 p.
- RODRÍGUEZ F., E. 1977. *Compendio histórico de Zacatecas*. 2da. Edición. Editorial Magisterio Benito Juárez, SNTA, Zacatecas, pp. 57–64.
- SAINI, H.S. and Westgate, M.E. 2000. *Reproductive development in grain crops during drought*. *Advances in Agron.* 68, pp. 59–96.
- SHAW, R.H. 1977. «Climatic requirements»; in *Corn and corn improvement*. Sprague, G. E. (ed). Am. Soc. Agron. Madison, Wis. U.S.A., pp. 591–623.
- TURRENT, F. A. y Serratos, J. A. 2004. *Contexto y antecedentes del maíz silvestre y el cultivado en México*, Capítulo I, Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA). Simposio sobre Maíz y Biodiversidad, Memorias, Oaxaca, México, 11 de marzo de 2004.
- VELASCO A., L. 1894. *Geografía y estadística del estado de Zacatecas*, Zacatecas, pp. 95–103.
- WARMAN, A. 1988. *La historia de un bastardo: maíz y capitalismo*, Instituto de Investigaciones sociales de la UNAM y FCE, México, 381 p.
- WESTGATE, M.E. 1994. *Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought*. *Crop Sci.* 34:76–83.