

## **Variedades mejoradas de maíz de secano derivadas de variedades nativas tolerantes a sequía\***

### **Rainfed improved maize varieties derived from native varieties drought tolerant**

**Maximino Luna Flores<sup>1§</sup>, Serafín García Hernández<sup>1</sup>, Javier Martínez Gómez<sup>2</sup>, Maximino Gerardo Luna Estrada<sup>3</sup>, Alfredo Lara Herrera<sup>1</sup>, Fidel Villagrana Soto<sup>2</sup>, Félix del Jesús Cedeño Barceló<sup>1</sup>, J. Jesús Llamas Llamas<sup>1</sup> y J. Jesús Avelar Mejía<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas-Unidad Académica de Agronomía. Carretera Zacatecas-Jerez, km 15.5 Cieneguillas, Zacatecas, Zacatecas. (sgarciah@hotmail.com; alara204@hotmail.com; felce26barcelo@hotmail.com; llamasj50@hotmail.com; javelarm@terra.com.mx). <sup>2</sup>CEBTA Núm. 167, Valparaíso, Zacatecas. (martinez937@yahoo.com.mx; fidelvis@hotmail.com). <sup>3</sup>Unidad Académica de Estudios del Desarrollo-Universidad Autónoma de Zacatecas, calle Preparatoria s/n, Zacatecas, Zac. (max@estudiosdeldesarrollo.net). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: maximinolunaflores@yahoo.com.mx.

## **Resumen**

En el año 2005 se comenzó un proceso de investigación en 27 colectas de maíz de secano nativas del estado de Zacatecas, con el objetivo de generar variedades mejoradas. En 2005 y 2006, las colectas se probaron en campo bajo condiciones de sequía y sin sequía, para seleccionar las más tolerantes al estrés por sequía; se escogieron las colectas número: 5, 7 y 23. De 2007 a 2009, se determinaron las características morfológicas de estas colectas, se hicieron estudios de tipo fisiológico, se cuantificó la densidad estomática y se sometieron a selección individual de plantas autofecundadas con competencia completa; se formaron seis compuestos de diferente precocidad. En 2010 y 2011, los compuestos se sometieron a recombinación genética para lograr su estabilidad y en 2012 y 2013 se probaron bajo condiciones de sequía en Zacatecas, Zacatecas y bajo condiciones de secano en Valparaíso, Zacatecas. Dos compuestos precoces superaron en promedio de las tres pruebas a las variedades originales entre 9.6% y 12.9% en rendimiento de grano y entre 7.6% y 9.6% en rendimiento de rastrojo; así como al testigo precoz entre 9.6% y 16.5% en rendimiento de grano y entre 9.6% y 18.8% en rendimiento de rastrojo. Un compuesto semiprecoz superó a la variedad original 6.8% en

## **Abstract**

In 2005 a research process began in 27 collections of native rainfed corn from Zacatecas, in order to generate improved varieties. In 2005 and 2006, the collections were tested in field under drought and non-drought conditions to select the most tolerant to drought; chosen collection numbers were: 5, 7 and 23. In 2007-2009, morphological characteristics from these collections were identified, physiological studies were made, stomatal density was quantified and subjected to individual selection of inbred plants with full competition; six compounds with different precocity were formed. In 2010 and 2011, the compounds underwent genetic recombination to achieve stability and in 2012 and 2013 were tested under drought conditions in Zacatecas, Zacatecas and under rainfed conditions in Valparaíso, Zacatecas. Two early compounds exceeded on average the three tests to the original varieties between 9.6% and 12.9% in grain yield and between 7.6% and 9.6% in stubble yield; as well as early check between 9.6% and 16.5% in grain yield and between 9.6% and 18.8% yield stubble. A semi-early compound exceeded the original variety 6.8% in grain yield, although it did not outperform stubble yield; semi-early check outperformed those 5.5% in grain yield and 8.8% in stubble yield.

\* Recibido: marzo de 2015  
Aceptado: junio de 2015

rendimiento de grano, aunque no lo superó en rendimiento de rastrojo; al testigo semiprecoz los superó 5.5% en rendimiento de grano y 8.8% en rendimiento de rastrojo.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., resistencia a sequía, selección individual, variedades criollas.

## Introducción

Desde hace más de 80 años se ha realizado investigación sobre resistencia a sequía en maíz (Jenkins y Richey, 1931, 1932; Sayre, 1932; Moreno *et al.*, 2001). En México, Moncada (1957) determinó la tolerancia a sequía de un grupo de variedades de maíz del noreste del país y Palacios (1959) había seleccionado una línea de maíz tolerante a sequía por su comportamiento de "latencia". Desde aquellos años se ha trabajado para obtener variedades mejoradas de maíz tolerantes a sequía; algunos autores mencionan haberlas obtenido para regiones con precipitación superior a 500 mm durante el ciclo de cultivo y temperatura media mayor a 21 °C (Reyes-Méndez *et al.*, 2007; Dávila, 2011; CIMMYT, 2012), pero no se ha hecho este mismo esfuerzo para la región árida y semiárida del centro norte del país (RASCN), donde se registran en general entre 250 y 400 mm de precipitación durante un ciclo de cultivo corto (90 a 110 días), con una temperatura media entre 17.5 y 20.5 °C; en esta región se siembran en promedio 750 000 ha bajo estas condiciones (SAGARPA, 2014).

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) liberó las variedades de polinización libre (PL) Cafime y VS-201 en 1957 y 1963, respectivamente (Gómez-Vázquez *et al.*, 1996), para siembras de secano en la RASCN; varios años más tarde se determinó que estas variedades mostraban características de tolerancia a sequía (Gutiérrez *et al.*, 1986; Avendaño *et al.*, 2005). Otras variedades PL fueron liberadas por el INIFAP para siembras de secano en la RASCN en 1975 y en 1991 (Gómez-Vázquez *et al.*, 1996); desde entonces no se ha hecho mejoramiento genético para generar variedades mejoradas de maíz para estas condiciones ecológicas de cultivo.

Kakani *et al.* (2003) indican que plantas bajo estrés a través de generaciones pueden dar lugar a variedades tolerantes a ese estrés a través de cambios morfológicos y anatómicos, incrementando la absorción y conservación de agua y otros recursos; por su parte, Avendaño *et al.* (2005) determinaron que compuestos derivados de variedades tolerantes a sequía

**Keywords:** *Zea mays* L., drought resistance, individual selection, landraces.

## Introduction

For over 80 years has been conducted research on drought resistance in corn (Jenkins and Richey, 1931, 1932; Sayre, 1932; Moreno *et al.*, 2001). In Mexico, Moncada (1957) determined the drought tolerance of a group of maize varieties in the northeast of the country and Palacios (1959) had selected maize line drought tolerant for its "latency" behavior. Since that time it has been worked to obtain enhanced drought tolerant maize varieties; some authors mention having obtained them for regions with more than 500 mm of rainfall during the growing season and higher average temperature of 21 °C (Reyes-Mendez *et al.*, 2007; Davila, 2011; CIMMYT, 2012), but it has not been made the same effort for arid and semi-arid region of north central Mexico (RASCN), where overall are recorded precipitations between 250 and 400 mm during a short growing cycle (90-110 days), with an average temperature between 17.5 and 20.5 °C; in this region are grown on average 750 000 ha under these conditions (SAGARPA, 2014).

The National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) released open-pollinated varieties (PL) Cafime and VS-201 in 1957 and 1963, respectively (Gamez-Vazquez *et al.*, 1996), for rainfed crops in RASCN; Several years later it was determined that these varieties showed drought tolerance characteristics (Gutiérrez *et al.*, 1986; Avendaño *et al.*, 2005). Other PL varieties were released by INIFAP for rainfed crops for RASCN in 1975 and 1991 (Gamez-Vazquez *et al.*, 1996); since then it has not been made any genetic breeding to generate improved corn varieties for these ecological conditions of cultivation.

Kakani *et al.* (2003) indicate that plants under stress over generations can lead to varieties tolerant to that stress through morphological and anatomical changes, increasing the absorption and retention of water and other resources; on his behalf, Avendaño *et al.* (2005) determined that compounds derived from drought-tolerant varieties (Zac. 58 and Cafime) subjected to extreme drought conditions, rebooted their normal metabolism once there was available moisture in the soil. In RASCN, has been grown rainfed

(Zac. 58 y Cafime) sometidas a condiciones extremas de sequía, reiniciaron su metabolismo normal una vez que hubo humedad aprovechable en el suelo. En la RASCN, se ha cultivado maíz de secano durante más de 800 años (Luna *et al.*, 2014); con base en ello, en la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ) se inició un proyecto en el mes de enero de 2005, con la colecta de 27 muestras de variedades nativas de maíz de secano en la región de altiplano del estado de Zacatecas (1 800 a 2 300 msnm), en localidades representativas de las características ecológicas de la RASCN.

Las variedades fueron probadas con y sin sequía durante 2005 y 2006 en la Unidad Académica de Agronomía (UAA) de la Universidad Autónoma de Zacatecas (22° 31' 28" latitud norte, 102° 41' 1" longitud oeste, 2 280 msnm, 15.8 °C de temperatura media anual, 448 mm de precipitación media anual- Medina *et al.* (1998) mediante el esquema propuesto por Muñoz y Rodríguez (1988); con base a los resultados se seleccionaron las colectas número: 5, 7 y 23 que mostraron mayor tolerancia a sequía que las otras variedades (Loera, 2008); además, en promedio de dos años de prueba bajo condiciones de sequía, estas colectas superaron al promedio de las otras en: 14, 29 y 0% en rendimiento de rastrojo, respectivamente, y en 26, 20 y 20% en rendimiento de grano.

En los años 2008 y 2009, se hizo selección individual de plantas auto fecundadas con competencia completa en las tres colectas en la misma localidad indicada renglones antes. Se derivaron seis compuestos de diferente precocidad que fueron recombinados mediante cruzamientos fraternales durante 2010 y 2011 para su estabilización genética; en 2012 y 2013 se probaron en siembras de campo bajo condiciones de sequía inducida y secano; el objetivo de este trabajo es ver si alguno de los compuestos supera en alguna característica de interés económico o agronómico a las variedades de donde se derivaron, y a testigos mejorados regionales.

## Materiales y métodos

### Área de trabajo

Las pruebas con sequía inducida se llevaron a cabo en terrenos de la UAA y la de secano en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario número 167 de Valparaíso, Zacatecas (22° 46' 57" latitud norte, 103° 34' 17" longitud oeste y 1 900 msnm); en esta segunda localidad,

maize for over 800 years (Moon *et al.*, 2014); on that basis, at the Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ) was launched a project in January 2005, with the collection of 27 samples of native varieties of rainfed maize in the region of highlands of the state of Zacatecas (1 800 - 2 300 masl) in representative locations from the ecological characteristics of RASCN.

The varieties were tested with and without drought during 2005 and 2006 in the Unidad Académica de Agronomía (UAA) from the Universidad Autónoma de Zacatecas (22° 31' 28" north latitude, 102° 41' 1" west longitude, 2280 masl, 15 annual mean temperature, 448 mm annual mean rainfall - Medina *et al.* (1998) through a scheme proposed by Muñoz and Rodríguez (1988); based on the results collections selected the collections number: 5, 7 and 23 which showed increased drought tolerance than other varieties (Loera, 2008); moreover, an average of two years of testing under drought conditions, these collections exceeded the average of the other in: 14, 29 and 0% in stubble yield, respectively, and at 26, 20 and 20% in grain yield.

In 2008 and 2009, individual selection of inbred plants with full competition was made in the three collections in the same locality indicated previously. Six compounds of different precocity were derived which were recombined through sib crossing during 2010 and 2011 for genetic stabilization; in 2012 and 2013 these were tested in field under induced drought and rainfed conditions; The aim of this study is to see if any of the compounds exceeds in any economic or agronomic characteristic of interest the varieties from where they derived and to regional improved checks.

## Materials and methods

### Study area

Induced drought tests took place in field from UAA and rainfed at the Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 167 from Valparaíso, Zacatecas (22° 46' 57" north latitude, 103° 34' 17" west longitude, 1 900 masl); in the second locality, annual rainfall ranges between 400 and 500 mm and average temperature is 21 °C (Medina *et al.*, 1998); The soil has a sandy-loam texture, 18.4% moisture at field capacity, 10.1% moisture at permanent wilting point, 50-70 cm deep, less than 0.8% slope, pH 7 and 1.6% organic matter.

la precipitación media anual oscila entre 400 y 500 mm y la temperatura media es de 21 °C (Medina *et al.*, 1998); el suelo es de textura franco-arenosa, 18.4% de humedad a capacidad de campo, 10.1% de humedad a punto de marchitamiento permanente, 50 a 70 cm de profundidad, menos de 0.8% de pendiente, pH de 7 y 1.6% de materia orgánica.

### Material genético

Se probaron las variedades: C-5, C-7 y C-23; los seis compuestos derivados de ellas y las variedades mejoradas de polinización libre: V-209 y Cafime usadas como testigos, liberadas por el INIFAP hace varios años (Gámez-Vázquez *et al.*, 1996) (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Material genético usado en el presente estudio, lugar de origen, donador y ciclo vegetativo según Verísimo-Correa (2008).**

**Table 1. Genetic material used in the present study, place of origin, donor and vegetative cycle according to Verísimo-Correa (2008).**

Varietal	Comunidad y municipio	Donador	Ciclo
C-5 <sup>1</sup>	Col. G. Ortega, Sombrerete	Humberto Salazar	Precoz
C-5 65 gbm <sup>2</sup>	Cieneguillas, Zacatecas	UAA-UAZ	Precoz
C-5 65 gb <sup>2</sup>	Cieneguillas, Zacatecas	UAA-UAZ	Precoz
C-7 68 gc <sup>2</sup>	Cieneguillas, Zacatecas	UAA-UAZ	Precoz
C-7 70 gb	Cieneguillas, Zacatecas	UAA-UAZ	Precoz
V-209 <sup>3</sup>	Cieneguillas, Zacatecas	INIFAP y UAA-UAZ	Precoz
C-23 <sup>1</sup>	La Florida, Valparaíso	J. Guadalupr Alba	Semiprecoz
C-23 <sup>1</sup> 73 gbm <sup>2</sup>	Cieneguillas, Zacatecas	UAA-UAZ	Semiprecoz
C-23 74 gbm <sup>2</sup>	Cieneguillas, Zacatecas	UAA-UAZ	Semiprecoz
C-23 74 gba <sup>2</sup>	Cieneguillas, Zacatecas	UAA-UAZ	Semiprecoz
C-7 <sup>1</sup>	Zaragoza, Sombrerete	Martín Salazar	Semiprecoz
C-7 70 gc <sup>2</sup>	Cieneguillas, Zacatecas	UAA-UAZ	Semiprecoz
Cafime <sup>3</sup>	Cieneguillas, Zacatecas	INIFAP y UAA-UAZ	Semiprecoz

Precoz=90-100 d a madurez fisiológica; Semiprecoz=100-120 d a madurez fisiológica. <sup>1</sup>variedades originales; <sup>2</sup>variedades mejoradas en este estudio; <sup>3</sup>variedades testigo. gbm= grano de color blanco y morado; gb= grano de color blanco; gc= grano blanco cristalino; gba= grano de color blanco y amarillo.

### Diseño y parcela experimental

Tanto en las pruebas realizadas en la UAA, como en la de Valparaíso, se usó un diseño experimental en bloques completos al azar; en la UAA con tres repeticiones y en Valparaíso con cuatro. La parcela experimental constó de cuatro surcos de 5 x 0.75 m con plantas cada 33 cm; las mediciones se hicieron en los dos surcos centrales.

### Manejo de los experimentos

Las fechas de siembra de las pruebas realizadas con sequía inducida en la UAA fueron el 20 de abril en 2012 y 12 de abril en 2013, con el propósito de evitar la influencia de las lluvias de verano; la de secano en Valparaíso, el 14 de

### Genetic material

Varieties tested: C-5, C-7 and C-23; six compounds derived from them and improved open-pollinated varieties: V-209 and Cafime used as checks, released by the INIFAP several years (Gamez-Vazquez *et al.*, 1996) (Table 1).

### Design and experimental plot

Test made in UAA and in Valparaíso, used a randomized complete block, in UAA three replications and four in Valparaíso. The experimental plot consisted of four rows of 5 x 0.75 m with plants every 33 cm; measurements were made on the two central rows.

### Field management

Planting dates of the tests performed with induced drought in UAA were on April 20<sup>th</sup> 2012 and April 12<sup>th</sup> 2013, in order to avoid the influence of summer rains; rainfed test in Valparaíso on June 14<sup>th</sup> 2013. According to the recommendation from the Campo Agrícola Experimental Zacatecas (CAEZAC) (Luna, 2008), the experimental field was fallow and plowed, followed by planting in moist soil; fertilized with 80-40-00 dose and two weeding and hand weeding were made; there were no problems with pests and diseases.

In the experiments from UAA it was irrigated by drip; Soil moisture was monitored with a Watermark at 20 and 40 cm deep in four points of the experimental field, in order

junio de 2013. De acuerdo a la recomendación del Campo Agrícola Experimental Zacatecas (CAEZAC) (Luna, 2008), el terreno experimental se barbechó y rastreó, para enseguida sembrar en suelo húmedo; se fertilizó con la dosis 80-40-00 y se dieron dos escardas y un deshierbe manual; no hubo problemas de plagas y enfermedades.

En los experimentos de la UAA se regó mediante goteo superficial con cintilla; la humedad del suelo se monitoreo con un determinador Watermark a 20 y 40 cm de profundidad en cuatro lugares del lote experimental, con el fin de dar sequía durante las etapas de floración y llenado de grano; sin embargo, debido a que en 2012 se registraron precipitaciones de 23 mm a los 75 días de la siembra y 58 mm entre los 80 y 86 días de la siembra, la sequía (suelo a PMP o menos humedad) en este año solo duró cuatro días a 20 y 40 cm de profundidad en las etapas fenológica de antesis y 26 días más a 40 cm en las etapas de floración y llenado de grano, pero no a 20 cm de profundidad (Figura 1). En 2013 se registraron 58 mm de precipitación a los 65 días de la siembra y 98 entre los 81 y 86 días de la siembra; por lo que en el experimento hubo 17 días de sequía a 20 y 40 cm de profundidad durante la etapa fenológica de espigamiento y casi hasta 50% de la etapa de floración (Figura 2).

En el experimento de Valparaíso se registraron 173 mm de precipitación desde la siembra hasta el inicio de la floración, 120 mm durante el periodo de floración y 83 mm desde la terminación de la floración hasta la madurez fisiológica.

### Variables medidas

En los experimentos realizados en la UAA, en cada parcela experimental se midieron las siguientes variables: Días de la siembra al 50% de la floración masculina (DFM), altura de planta de la superficie del suelo al extremo superior de la espiga (AP), altura de la primera mazorca (de la superficie del suelo a la inserción con el tallo) (AM), peso del rastrojo seco al sol por dos meses (PR), peso de la mazorca (PM), humedad del grano de una muestra de 100 g de cinco mazorcas tomadas al azar en un determinador de humedad del grano marca Burrows modelo DMC 750 (HG). En cinco mazorcas tomadas al azar se midió la longitud (LM), el número de hileras por mazorca (NHM), el número de granos por hilera (NGH), el peso del olote (PO); al hacer la operación:  $PR/DFM/32$  se obtuvo el peso de rastrojo por día a floración masculina y por planta PRDP (32 es el número de plantas que hubo por parcela útil); al hacer la operación:  $(PM-PO)/DFM/32$  se obtuvo el peso de grano por día a floración masculina y por planta (PGDP); al hacer la división  $PGDP/PRDP$  se obtuvo el índice de cosecha (IC).

to induce drought during the stages of flowering and grain filling; however, due to a rainfall of 23 mm at 75 days after sowing and 58 mm between 80 and 86 days after planting in 2012, drought (soil at PMP or less moisture) in this year only lasted four days at 20 and 40 cm depth in the phenological stage of anthesis and 26 days more at 40 cm at flowering and grain filling, but not at 20 cm depth (Figure 1). In 2013, 58 mm of rainfall were recorded at 65 days after sowing and 98 mm between 81 and 86 days after planting; so in the experiment were 17 days of drought at 20 and 40 cm depth during the phenological stage of booting and almost to 50% of the flowering stage (Figure 2).

In the experiment of Valparaíso 173 mm of rainfall were recorded from planting until the beginning of flowering, 120 mm during flowering period and 83 mm from the end of flowering to physiological maturity.

### Measured variables

In experiments conducted in UAA, in each experimental plot the following variables were measured: days after planting at 50% of male flowering (DFM), plant height from ground surface to the upper end of the spike (AP), first ear height (from the ground surface to the insertion with stem) (AM), dry weight of stubble in the sun for two months (PR), cob weight (PM), grain moisture of 100 g sample from five cobs taken at random in a grain moisture analyzer Burrows model DMC 750 (HG). At five cobs taken at random length (LM), number of rows per cob (NHM), number of kernels per row (NGH) and cob weight (PO) were measured; by making the calculus:  $PR / DFM / 32$  the stubble weight per day to male flowering and per plant PRDP were obtained (32 is the number of plants that were per useful plot); by doing the calculus:  $(PM-PO) / DFM / 32$  grain weight per day to male flowering and per plant (PGDP) was obtained; by making the division  $PGDP / PRDP$  harvest index (IC) was obtained.

In Valparaíso test the measured variables were: DFM, AP, AM, PR and PM. The PRDP and PGDP variables were obtained in the same manner described in the previous paragraph.

### Statistical analysis

Analysis of variance of the measured variables as well as mean test by Tukey (0.05) was made. Correlation coefficients between variables were also obtained. The Statistical Analysis System version 2002 was used.



En la prueba de Valparaíso se midieron las variables: DFM, AP, AM, PR y PM. Las variables PRDP y PGDP se obtuvieron de la misma forma señalada en el párrafo anterior.

### Análisis estadísticos

Se hicieron análisis de varianza de las variables medidas, así como prueba de medias mediante el criterio de Tukey (0.05). También se obtuvieron los coeficientes de correlación entre las variables. Se usó el programa Statistical Analysis System versión 2002.

## Resultados y discusión

### Pruebas en la UAA

#### Análisis de varianza

Hubo significancia estadística entre años (0.01 y 0.05) en ocho de las 10 variables analizadas (Cuadro 2); no hubo significancia en las variables: Altura de planta (AP) y número de hileras por mazorca (NHM), las cuales registraron en promedio 188 cm y 12.7 hileras, respectivamente; esto significa que las diferencias ambientales registradas entre los años de prueba no afectaron a estas dos variables y si a las otras ocho (Márquez, 1985). En el factor de variación variedades, hubo significancia estadística (0.01) en las 10 variables; esto quiere decir que al menos una de las variedades probadas difiere del resto en las variables medidas (Martínez, 1994). El factor de variación años por variedades mostró significancia estadística en ocho variables; sin embargo, en este artículo se expondrá lo relativo a años y variedades.

### Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado de 10 variables medidas en la prueba de variedades de maíz de secano bajo condiciones de sequía en 2012 y 2013. UAA-UAZ.

**Table 2. Mean squares from the combined analysis of variance of 10 measured variables in the test of rainfed maize varieties under drought conditions in 2012 and 2013. UAA-UAZ.**

Factor de variación	GL	PGDP	PRDP	IC	DFM	AP	AM	LM	NHM	NGH
Repeticiones	2	0.1ns	0.1ns	0.02ns	1.3ns	302**	10ns	0.01ns	0.27ns	2.09ns
Años (A)	1	48.6**	3.0**	79.4**	146.8**	86ns	3752**	0.95*	5.13ns	5.13**
Variedades (V)	12	1.5**	12.3**	16.0**	80.0**	1062**	398**	4.67**	27.07**	27.07**
A x V	12	0.8**s	2.8**	2.61**	9.2**	94ns	68ns	0.76**	6.91**	6.91**
Error experimental	50	0.1	0.3	0.6	1.4	95	59	0.13	1.60	1.60
R <sup>2</sup>		0.86	0.92	0.91	0.94	0.75	0.76	0.91	0.93	0.84
CV (%)		1.67	7.50	4.96	1.67	2.22	11.4	2.26	3.72	4.18

GL= grados de libertad; PGDP= peso de grano por día y por planta; PRDP= peso de rastrojo por día y por planta; IC= índice de cosecha; DFM= días a floración masculina; AP= altura de planta; R<sup>2</sup>= coeficiente de determinación; CV= coeficiente de variación. \*Significativo (0.05); \*\*altamente significativo (0.01); ns= no significativo. AM= altura de planta; LM= longitud de la mazorca; NHM= número de hileras por mazorca, NGH= número de granos por hilera.

## Results and discussion

### Tests in UAA

#### ANOVA

There was statistical significance between years (0.01 and 0.05) in eight of the 10 variables (Table 2); there was no significance in: plant height (AP) and number of rows per cob (NHM), which recorded an average of 188 cm and 12.7 rows, respectively; this means that environmental differences recorded between test years did not affect these two variables but did affect the other eight (Márquez, 1985). In the variation factor varieties, there was statistical significance (0.01) in the 10 variables; this means that at least one of the tested varieties differs from the rest in measured variables (Martínez, 1994). The variation factor year by varieties showed statistical significance in eight variables; however, this article will discuss that concerning to years and varieties.

#### Years

In 2012, variables: PRDP, AM, LM, and NHM showed higher values than in 2013 (Table 3); in 2013, variables: PGDP, IC and DFM were higher than in 2012. In 2012 there were less days with drought than in 2013 at 20 and 40 cm soil depth (Figures 1 and 2); most of them in anthesis. In 2012 there were four days of drought at 20 and 40 cm depth at anthesis and 28 days at 40 cm depth (from day 62 to 90 after planting), which it seems adversely affected grain yield (Table 3) (Bolaños and Edmeades, 1996; Edmeades *et al.*, 1999). Although in 2013 there were 17 days with drought

### Años

En el año 2012, las variables: PRDP, AM, LM, y NHM tuvieron valores mayores que en el año 2013 (Cuadro 3); en 2013 las variables: PGDP, IC y DFM fueron mayores que en 2012. En 2012 hubo menos días con sequía que en 2013 a 20 y 40 cm de profundidad del suelo (Figuras 1 y 2); la mayoría en antesis. En 2012 hubo cuatro días de sequía a 20 y 40 cm de profundidad en la antesis y 28 días después a 40 cm de profundidad (del día 62 al 90 después de la siembra), lo cual al parecer afectó negativamente el rendimiento de grano (Cuadro 3) (Bolaños y Edmeades, 1996; Edmeades *et al.*, 1999). Aunque en 2013 hubo 17 días con sequía desde la antesis hasta casi 50% de la floración, no la hubo después de este periodo, lo que seguramente contribuyó a que el rendimiento de grano fuera mayor que en 2012, pero el rendimiento de rastrojo fuera menor; esto se reflejó en el índice de cosecha; en 2013 también se alargó unos días el ciclo de cultivo, aunque la altura de la planta, el crecimiento de la mazorca y el número de hileras por mazorca fueron menores que en 2012; probablemente en ello afectaron otras causas, como la luminosidad.

Es de hacer notar que cuando el periodo de sequía fue largo (28 días) a 40 cm de profundidad en el año 2012 y 17 días a 20 y 40 cm en 2013, tanto el rendimiento de grano, como el de rastrojo, fueron relativamente altos; como se anotó en el apartado: Introducción, las variedades de las que se derivaron los compuestos, habían sido seleccionadas previamente por resistencia a sequía dentro de un grupo de variedades nativas de secano desarrolladas probablemente por decenas de generaciones bajo condiciones de escasez de agua; seguramente eso tiene que ver en la alta productividad bajo las condiciones de sequía en que se cultivaron en 2012 y 2013 (Edmeades *et al.*, 1999; Muñoz, 2003; Luna-Flores *et al.*, 2014).

### Variedades

La prueba de medias de las variedades se dividió en dos grupos con base a su precocidad (Cuadros 4 y 5). Las variedades semiprecoces: C-23 73 bm y C-7 74 c (Cuadro 4), tuvieron mayor rendimiento de grano (PGDP) que las variedades de las que se derivaron (C-23 y C-7), a las que superaron en 23% y 12%, respectivamente; sin embargo, esos rendimientos fueron estadísticamente iguales al de la variedad mejorada testigo (Cafime), pero tuvieron mayor rendimiento de rastrojo que ésta. El mayor rendimiento de rastrojo lo tuvo la variedad nativa C-23, pero su rendimiento de grano fue bajo; esto se refleja en el bajo valor del índice de cosecha.

from anthesis to nearly 50% flowering, there was no more drought after this period, which surely contributed to grain yield be greater than in 2012, but stubble yield was lower; this was reflected in the harvest index; in 2013 the crop cycle was a few days longer, although plant height, cob growth and the number of rows per cob were lower than in 2012; it probably affected other causes, such as brightness.

**Cuadro 3. Prueba de medias entre años de las variables que tuvieron significancia estadística en el análisis de varianza. UAA-UAZ.**

**Table 3. Mean test between years of the variables that were statistically significant in the analysis of variance. UAA-UAZ.**

Variable	2012	2013	DSH (0.05)
PGDP (g)	1.67b	1.82a	5.0
PRDP (g)	3.75a	3.63b	10.0
Índice de cosecha	0.447b	0.511a	0.011
Días a floración masculina	70.3b	73.1a	0.6
Altura de mazorca (cm)	78.3a	60.0b	3.0
Longitud de mazorca (cm)	16.2a	16.0b	0.17
Número de hileras por mazorca	13.3a	12.5b	0.2

Promedios con la misma letra en la misma hilera son iguales según Tukey (0.05).

It should be noted that when the drought period was long (28 days) at 40 cm depth in 2012 and 17 days at 20 and 40 cm in 2013, both grain yield and stubble, were relatively high; as noted in paragraph: Introduction, varieties of which the compounds were derived had been previously selected for drought resistance within a group of rainfed native varieties probably developed by dozens of generations under conditions of water scarcity; surely that has to do with high productivity under drought conditions in which were grown in 2012 and 2013 (Edmeades *et al.*, 1999; Muñoz, 2003; Luna-Flores *et al.*, 2014).

### Varieties

Mean test from the varieties was divided into two groups based on their precocity (Tables 4 and 5). Semi-early varieties: C-23 73 bm and C-7 74c (Table 4), had higher grain yield (PGDP) than varieties from which were derived (C-23 and C-7), which exceeded in 23% and 12% respectively; however, these yields were statistically equal to improved checks (Cafime), but had higher stubble yield than this. The highest stubble yield was for native variety C-23, but its grain yield was low; this is reflected in the low value of the harvest index.

**Cuadro 4. Prueba de medias de las variables medidas en las variedades con 73 a 77 DFM probadas bajo condiciones de sequía en 2012 y 2013. UAA-UAZ.**

**Table 4. Mean test of measured variables in the varieties with 73 to 77 DFM tested under drought conditions in 2012 and 2013. UAA-UAZ.**

Variedad	PGDP	PRDP	IC	DFM	AP	AM	LM	NHM	NGH
C-23 73 bm§	1.65a	4.21ab	0.392ab	73.7bc	201ab	68.0ab	16.71b	12.2c	31.3ab
C-7 74 c§	1.56ab	3.88b	0.402ab	74.7abc	196ab	74.5ab	16.5abc	14.2a	29.3b
Cafime t	1.49abc	3.41c	0.437a	73.0c	186ab	64.7b	15.8c	13.5ab	29.7b
C-23 74 ba§	1.43bc	3.47c	0.412ab	74.8abc	203a	66.2b	17.2a	11.7cd	30.7b
C-23 74 bm§	1.40bc	3.66c	0.383ab	75.5ab	203a	69.0ab	16.6ab	11.5cd	33.5a
C-7 vno	1.39bc	3.65bc	0.381b	74.2bc	192ab	77.3ab	15.8c	11.0cd	30.8b
C-23 vno	1.34c	4.47a	0.300c	77.0a	203a	81.7a	17.2a	14.2a	29.3b
DSH (0.05)	0.17	0.40	0.062	2.4	20	15.0	0.7	1.0	2.5

PGDP= peso de grano por día y por planta en g; PRDP= peso de rastrojo por día y por planta en g; IC= índice de cosecha; DFM= días al 50% de la floración masculina; AP= altura de planta en cm; AM= altura de mazorca en cm. §= variedad mejorada en esta investigación; vno= variedad nativa original; t= variedad mejorada testigo; DSH= diferencia significativa honesta (Tukey). Promedios con la misma letra en la misma columna son iguales según Tukey (0.05); LM= longitud de mazorca en cm; NHM= número de hileras por mazorca; NGH= número de granos por hilera.

**Cuadro 5. Prueba de medias de las variables medidas entre las variedades con 66.7 a 70.8 DFM. UAA-UAZ.**

**Table 5. Mean test of measured variables between varieties with 66.7 to 70.8 DFM. UAA-UAZ.**

Variedad	PGDP	PRDP	IC	DFM	AP	AM	LM	NHM	NGH
C-5 65 bm§	1.70a	4.05a	0.420ab	68.0bc	179a	56.7a	14.3c	15.0a	28.7bc
C-7 68 c	1.63a	3.93a	0.415a	69.2ab	179a	63.5a	15.7b	12.2c	30.5abc
V-209 t	1.54a	3.41bc	0.451a	66.7c	179a	61.2a	16.9a	11.7c	30.7ab
C-5 vno	1.46b	3.90a	0.374b	68.0bc	182a	65.2a	16.6a	13.3b	32.3a
C-5 65 b§	1.35b	3.05bc	0.443a	67.7bc	162	54.2a	15.1b	13.5b	28.0cd
C-7 70 b§	1.29b	2.86c	0.451a	70.8a	177a	57.2a	15.4b	13.7b	25.5d
DSH (0.05)	0.17	0.40	0.062	2.4	20	15.0	0.7	1.0	2.5

PGDP= peso de grano por día y por planta en g; PRDP= peso de rastrojo por día y por planta en g; DFM= días al 50% de la floración masculina; IC= índice de cosecha; AP= altura de planta en cm; AM= altura de la mazorca en cm. §= variedad mejorada en esta investigación; vno= variedad nativa original, t= variedad mejorada testigo; DSH= diferencia significativa honesta (Tukey). Promedios con la misma letra en la misma columna son iguales según Tukey (0.05); LM= longitud de mazorca en cm; NHM= número de hileras por mazorca; NGH= número de granos por hilera.

En apariencia, no se observa una relación directa entre los valores de PGDP y PRDP (Cuadro 4), con los valores de las otras variables, como lo han determinado varios investigadores (Guei y Wasson, 1992; Bolaños y Edmeades, 1996; Guimaraes *et al.*, 2002; Arellano *et al.*, 2003; Núñez *et al.*, 2003) ya que hay valores bajos y altos que coinciden con valores bajos y altos de PGDP y PRDP.

En la prueba de medias de las variedades precoces (Cuadro 5), las variedades mejoradas: C-5 65d bm y C-7 68d c tuvieron un alto rendimiento de grano y rastrojo, aunque en PGDP fueron estadísticamente iguales al testigo V-209; C-5 65d bm superó a C-5; 16% en PGDP y 4% en PRDP; C-7 68d c superó a C-7; 17% tanto en PGDP, como en PRDP.

Apparently, there is no direct relationship between PGDP and PRDP values (Table 4), with values from the other variables, as several researchers have determine it (Guei and Wasson, 1992; Bolaños and Edmeades, 1996; Guimaraes *et al.*, 2002; Arellano *et al.*, 2003; Nunez *et al.*, 2003) as there are low and high values that coincide with low and high values of PGDP and PRDP.

In the mean test from early varieties (Table 5), improved varieties: C-5 65d bm and C-7 68d c had higher grain yield and stubble yield, although in PGDP were statistically equal to checks V-209; C-5 65d bm exceeded C-5; 16% in PGDP and 4% in PRDP; C-7 68d c exceeded C-7; 17% in both PGDP and PRDP.



**Pruebas en Valparaíso**

**Análisis de varianza**

Hubo significancia estadística (0.01) entre variedades en las siete variables medidas (Cuadro 6), por lo que se procedió a realizar la prueba de medias.

**Tests in Valparaiso**

**ANOVA**

There was statistical significance (0.01) between varieties in seven measured variables (Table 6), so it was proceeded to perform a mean test.

**Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de varianza de la prueba de variedades de maíz realizada bajo condiciones de secano en Valparaíso, Zacatecas en 2013.**

**Table 6. Mean square from analysis of variance of corn varieties test conducted under rainfed conditions in Valparaiso, Zacatecas 2013.**

Factor de variación	GL	PGDP	PRDP	IC	DFM	AP	AM
Repeticiones	3	0.695*	0.52*	0.63ns	0.58ns	176**	43*
Varietades (V)	12	2.824**	0.96**	3.67**	7.70**	997**	446**
Error experimental	36	0.216	0.13	0.57	1.07	22	13
R <sup>2</sup>		0.82	0.74	0.69	0.71	0.94	0.92
CV (%)		7.34	7.14	6.03	1.72	2.53	3.56

GL= grados de libertad; PGDP= peso de grano por día y por planta; PRDP= peso de rastrojo por día y por planta; IC= índice de cosecha; DFM= días a floración masculina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca. R<sup>2</sup>= coeficiente de determinación; CV= coeficiente de variación. \*Significativo (0.05); \*\*altamente significativo (0.01); ns= no significativo.

Entre las variedades semiprecoces (Cuadro 7), la variedad C-23 74d ba superó en 6% el PGDP de la variedad original C-23, aunque fueron estadísticamente iguales; en PRDP tuvieron el mismo valor. Seis de las variedades tuvieron un PGDP estadísticamente igual y todas fueron iguales en PRDP. Las variedades que mostraron mayor eficiencia en producción de grano (IC) fueron las mejoradas C7 74d c y C-23 74d ba, el testigo (Cafime) y la variedad original C-7. Entre las variedades precoces (Cuadro 8), C-7 68d c y C-7 71d b superaron estadísticamente al resto de las variedades en PGDP y PRDP; registraron un PGDP similar al de la variedad original C-7 (Cuadro 7), pero superaron a esta en PDRP en 7.1 y 10.7%, respectivamente.

Among semi-early varieties (Table 7), variety C-23 74d ba exceeded in 6% PGDP from the original variety C-23, although were statistically equal; in PRDP they had the same value. Six of the varieties had a statistically equal PGDP and all were equal in PRDP. Varieties that showed higher efficiency in grain production (IC) were the improved C7 74d c and C-23 74d ba, the check (Cafime) and the original variety C-7. Among the early varieties (Table 8), C-7 68d c and C-7 71d b statistically outperformed the rest of the varieties in PGDP and PRDP; recording a similar PGDP to the original variety C-7 (Table 7), but outperformed this on PDRP in 7.1 and 10.7%, respectively.

**Cuadro 7. Prueba de medias de las variables medidas entre las variedades con 61.5 a 63.5 DFM. Valparaíso, Zacatecas, 2013.**

**Table 7. Mean test of measured variables between varieties with 61.5 to 63.5 DFM. Valparaiso, Zacatecas, 2013.**

Varietad	PGDP	PRDP	IC	DFM	AP	AM
C-23 74 ba§	2.32a	5.48a	0.423a	63.0a	190b	66.0e
Cafime t	2.24ab	5.40a	0.419a	62.0a	195ab	83.5abc
C-23 vno	2.19ab	5.52a	0.398ab	63.5a	206a	92.0a
C-7 74 c§	2.18ab	5.05a	0.431a	63.0a	189b	77.5c
C-7 vno	2.17ab	5.05a	0.429a	62.0a	187b	86.5ab
C-23 74 bm§	1.96ab	5.49a	0.357ab	63.0a	196ab	66.5de
C-23 73 bm§	1.90b	4.81a	0.396ab	61.5a	173c	75.0cd
DSH (0.05)	0.40	0.90	0.060	2.6	12	8.9

PGDP= peso de grano por día y por planta en g; PRDP= peso de rastrojo por día y por planta en g; IC= índice de cosecha; DFM= días al 50% de la floración masculina; AP= altura de planta en cm; AM= altura de mazorca en cm. §= variedad mejorada en esta investigación; vno= variedad nativa original; t= variedad mejorada testigo; DSH= diferencia significativa honesta (Tukey). Promedios con la misma letra en la misma columna son iguales según Tukey (0.05).

**Cuadro 8. Prueba de medias de las variables medidas entre las variedades con 57.7 a 61.0 DFM. Valparaíso, Zacatecas, 2013.**  
**Table 8. Mean test of measured variables between varieties with 57.7 to 61.0 DFM. Valparaiso, Zacatecas, 2013.**

Variedad	PGDP	PRDP	IC	DFM	AP	AM
C-7 68 c	2.25ab	5.41a	0.416ab	59.0b-e	174c	71.7d-g
C-7 70 b§	2.13abc	5.59a	0.381abc	61.0ab	206a	78.5bcd
C-5 65 bm§	1.76de	4.49c	0.392aab	58.5cde	162cd	53.2h
C-5 vno	1.78cde	4.32c	0.413ab	59.0bc	174c	69.2efg
V-209 t	1.65de	4.33c	0.381abc	58.2de	173ac	65.7g
C-5 65 b§	1.48c	4.50bc	0.327c	57.7e	156d	64.0g
DSH (0.05)	0.40	0.90	0.060	2.6	12	8.9

PGDP= peso de grano por día y por planta en g; PRDP= peso de rastrojo por día y por planta en g; IC= índice de cosecha; DFM= días al 50% de la floración masculina; AP= altura de planta en cm; AM= altura de mazorca en cm. §= variedad mejorada en esta investigación; vno= variedad nativa original; t= variedad mejorada testigo; DSH= diferencia significativa honesta (Tukey). Promedios con la misma letra en la misma columna son iguales según Tukey (0.05).

Al igual que en las pruebas de la UAA, no se aprecia una relación directa entre los valores de PGDP y PRDP con los valores de las otras variables medidas (Cuadros 7 y 8).

Haciendo un resumen con base en los resultados de las tres pruebas realizadas, la variedad C-7 68d c sobresalió en las tres; en promedio superó a la variedad original (C-7) en 12.9% en PGDP y 7.8% en PRDG, y 16.5% en PGDP y 18.8% en PRDP a la variedad testigo precoz (V-209). La variedad C-5 65d bm superó a la variedad original (C-5) en 9.6% tanto en PGDP, como en PRDP, y a la variedad testigo precoz en 8.9% en PGDP y 129% en PRDP. La variedad C-7 74d c superó en promedio a C-7 en 8.6% en PGDP y 7.9% al testigo semiprecoz (Cafime); pero produjo el mismo PRDP. En una recopilación de información de varios autores que Luna y Gutiérrez (1998) hicieron sobre avances genéticos debido a selección en maíz, encontraron que a veces hubo retrocesos y también hubo avances de 3, 5, y hasta 15% en rendimiento de grano por ciclo de selección; las variedades mejoradas anotadas antes registraron avances entre 1.75y 6.7% por ciclo de selección en rendimiento de grano y entre 1.25 y 4.25% en rendimiento de rastrojo. Las diferencias se deben entre otras razones a la variabilidad genética de las variedades de las que se derivaron los compuestos seleccionados; entre mayor sea la variabilidad, mayor es la ganancia esperada (Márquez, 1985).

En la región en la que se llevó a cabo el presente trabajo, solamente se recomiendan para siembras de secano las variedades Cafime, VS-202 y V-209, aunque casi solo se produce y distribuye semilla de Cafime (Luna, 2008). Algunas de las variedades mejoradas en este trabajo podrían complementar aquella recomendación debido al potencial de rendimiento mostrado en las pruebas llevadas a cabo en este trabajo, dando con ello nuevas alternativas a los productores que cultivan maíz de secano en esta región.

As in the test from UAA, a direct relationship between PGDP and PRDP values with values from other measured variables (Tables 7 and 8) is not appreciated.

Making a summary based on the results of the three tests, variety C-7 68d c excelled in all three; on average it outperformed the original variety (C-7) in 12.9% in PGDP and 7.8% in PRDG, and 16.5% in PGDP and 18.8% in PRDP to the early check variety (V-209). C-5 65d bm outperformed the original variety (C-5) in 9.6% both PGDP and PRDP, and early check variety in 8.9% in PGDP and 129% in PRDP. C-7 74d c variety outperformed on average C-7 in 8.6% in PGDP and 7.9% the semi-early check (Cafime); but produced the same PRDP. In a compilation of information from various authors that Luna and Gutierrez (1998) made about genetic advances due to a selection in corn, found that sometimes there were setbacks and also there were advances in 3, 5, and up to 15% in grain yield per selection cycle; improved varieties listed before recorded advances between 1.75y 6.7% per selection cycle in grain yield and between 1.25 and 4.25% in stubble yield. The differences are due among other reasons to genetic variability of the varieties from which the selected compounds were derived; the greater the variability, the greater the expected gain (Márquez, 1985).

In the region in which it was carried out this work, only recommended for plantings of rainfed varieties Cafime, VS-202 and V-209, although almost only produces and distributes Cafime seed (Luna, 2008). Some of the improved varieties in this work could complement that recommendation due to yield potential shown in the tests conducted in this work, thereby giving new alternatives to farmers who grow corn under rainfed in this region.

## Coeficientes de correlación

En promedio, el PGDP de las variedades probadas bajo condiciones de sequía en la UAA mostró una alta correlación (0.01) con las variables: IC (0.37), AM (-0.34) y PRDP (0.47). El PRDP correlacionó positivamente con: AP (0.34), AM (0.33), NH (0.35), LM (0.37) y NGH (0.36), y negativamente con NHM (-0.27) e IC (-0.64); estas correlaciones son de esperarse y coinciden con lo encontrado por otros investigadores (Guei y Wasson, 1992; Bolaños y Edmeades, 1996; Guimaraes *et al.*, 2002; Arellano *et al.*, 2003; Núñez *et al.*, 2003); sin embargo, las correlaciones encontradas con PGDP no coinciden con lo que se ha reportado en esos trabajos, tal vez debido al tipo de variedades involucradas en el estudio y a las condiciones ecológicas bajo las que se realizó el estudio.

En la prueba realizada bajo condiciones de secano en Valparaíso, el PGDP correlacionó positivamente con: DFM (0.60), AP (0.68), AM (0.55), NH (0.41), IC (0.62) y PRDP (0.80). El PGDP correlacionó positivamente con: DFM (0.46), AP (0.70), AM (0.41) y NH (0.48). En esta prueba, las correlaciones coinciden más con lo observado por otros autores, lo cual no ocurrió en las pruebas realizadas bajo condiciones de sequía, cuyas siembras se realizaron aproximadamente 3.5 meses antes del inicio de la temporada de lluvias.

## Conclusiones

Se logró obtener dos variedades precoces (68 a 69 DFM) y una semi precoz (74 DFM) que en promedio de las tres pruebas realizadas superaron tanto a las variedades originales, como a los testigos mejorados. Las precoces superaron a las variedades originales entre 9.6 y 12.9% en rendimiento de grano y entre 7.6% y 9.6% en rendimiento de rastrojo; el testigo precoz (V-209) fue superado entre 9.6% y 16.5% en rendimiento de grano y 9.6% y 18.8% en rendimiento de rastrojo. La variedad semiprecoz produjo 6.8% más grano que la variedad original, aunque produjo 14.0% menos rastrojo, y superó a la variedad testigo (Cafime) en 5.5% en grano y 8.8% en rastrojo. Por el potencial de rendimiento mostrado por esas variedades, se podrían incluir en la recomendación técnica para ser usadas en siembras de secano en la región de altiplano del estado de Zacatecas, así como de zonas con características de cultivo semejantes a esta región.

## Correlation coefficient

On average, PGDP of tested varieties under drought conditions in UAA showed a high correlation (0.01) with variables: IC (0.37), AM (-0.34) and PRDP (0.47). PRDP positively correlated with: AP (0.34), AM (0.33), NH (0.35), LM (0.37) and NGH (0.36), and negatively with NHM (-0.27) and IC (-0.64); these correlations are expected and consistent with the findings of other researchers (Guei and Wasson, 1992; Bolaños and Edmeades, 1996; Guimaraes *et al.*, 2002; Arellano *et al.*, 2003; Núñez *et al.*, 2003); however, the correlations found with PGDP did not match with what has been reported in these studies, perhaps due to the type of varieties involved in the study and the environmental conditions under which the study was conducted.

In the test performed under rainfed conditions in Valparaíso, PGDP correlated positively with: DFM (0.60), AP (0.68), AM (0.55), NH (0.41), IC (0.62) and PRDP (0.80). The PGDP positively correlated with: DFM (0.46), AP (0.70), AM (0.41) and NH (0.48). In this test, the correlations coincide more with that observed by other authors, which did not occur in tests performed under drought conditions, whose plantings were conducted approximately 3.5 months before the beginning of the rainy season.

## Conclusions

It was able to obtain two early varieties (68-69 DFM) and a semi-early (74 DFM) which on average of the three tests outperformed both the original and improved checks. The early outperformed the original varieties between 9.6 and 12.9% in grain yield and between 7.6% and 9.6% in stubble yield; the early check (V-209) was exceeded between 9.6% and 16.5% in grain yield and 9.6% and 18.8% in stubble yield. The semi-early variety produced 6.8% more grain than the original variety, but produced 14.0% less stubble and outperformed the check variety (Cafime) in 5.5% in grain and 8.8% in stubble. For yield potential shown by these varieties could be included in the technical recommendation to be used in rainfed plantings in the highland region from the state of Zacatecas, as well as areas with cultural characteristics similar to this region.

Regarding to the association between grain yield with other measured variables, there was no coincidence with the findings of other researchers with other type of varieties

En relación a la asociación entre el rendimiento de grano con otras variables medidas, no hubo coincidencia con lo observado por otros investigadores con otro tipo de variedades y condiciones de cultivo, pero si hubo coincidencia entre el rendimiento de rastrojo y otras variables, como la altura de la planta y de la mazorca, el número de hileras y de granos por mazorca y la longitud de la mazorca.

and growing conditions, but there was coincidence between stubble yield and other variables, such as plant and cob height, number of rows and kernels per cob and cob length.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Arellano, V. J. L.; Tut, C. A.; María, R.; Salinas, M. Y. y Tabeada, G. O. R. 2003. Maíz azul de los valles altos de México. I. Rendimientos de granos y caracteres agronómicos. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(2):101-107.
- Avendaño, A.; Trejo L. C. H.; López, C. C.; Molina, G. C.; Santacruz, V. J. D. y Castillo, G. A. F. 2005. Comparación de la tolerancia a la sequía de cuatro variedades de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con la acumulación de prolina. *Rev. Interciencia.* 30(9):560-564.
- Bolaños, J. and Edmeades, G. O. 1996. The importance of the anthesis silking interval in breeding for draught tolerance in tropical maize. *Field Crops Res.* 48: 65- 80.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 2012. Avances en el mejoramiento de maíz tolerante a sequía en el sur de África. *In: el blog del cimmyt.org.*
- Dávila, R. 2011. Científicas del CINVESTAV crean maíz tolerante a sequía y temperaturas extremas. [http://www. Journalmex](http://www.Journalmex).
- Edmeades, G. O.; Bolaños, J.; Hernández, M. and Bello, S. 1993. Causes of silk delay in a lowland tropical maize population. *Crop Sci.* 33:1029-1035.
- Gámez-Vázquez, A. J.; Ávila-Perches, M. A.; Ángeles-Arrieta, H. H.; Días-Hernández, C.; Ramírez-Vallejo, P.; Alejo-Jaimes, A. and Terrón-Ibarra, A. 1996. Híbridos y variedades de maíz liberados por el INIFAP hasta 1996. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. México. 100 p.
- Guei, R. G. and Wassom, C. E. 1992. Inheritance of some drought adaptive traits in maize in Mexico. Kansas agricultural Experimental station, USA. Gutiérrez-Sánchez, J. R.; Muñoz-Orozco, A.; Rodríguez-Ontiveros, J. L. y González-Castillo, F. V. 1988. Evaluación de compuestos de maíz seleccionados en sequía y en riego. *Agrociencia.* 4:65-79.
- Guimaraes, P.; Juliatti, A. F. C.; López, E. A. e Toshiyuki, O. 2002. Avaliação do desempenho Agronômico de híbridos de Milho em Uberlândia, MG. *Pesq. Agropec. Bes.* 37:597- 602.
- Jankins, M. T. 1932. Differential resistance of inbred and crossbred strains of corn to drought and heat morphology and anatomy. *Ann. Bot.* 91:817-826.
- Gutiérrez-Sánchez, J. T.; Muñoz-Orozco, A.; Rodríguez-Ontiveros, J. L. y González-Castillo, F. V. 1988. Evaluación de compuestos de maíz seleccionados en sequía y riego. *Agrociencia.* 4:65-79.
- Jenkins, M. T. and Richey, F. D. 1931. Drought in 1930 showed some strains of corn to be drought resistance. *U.S. Dept. Agric. Yearbook.* 198-200 pp.
- Kakani, V. G., Reddy, K. R., Zhao, D., Mohammed, A. R. 2003. Effects of ultraviolet-B radiation on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) morphology and anatomy. *Ann. Bot.* 91:817-826.
- Loera-Martínez, G. 2008. Variedades criollas de maíz de temporal tolerantes a sequía de Zacatecas. Tesis de Maestría en Ciencias. Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ). Zacatecas, Zacatecas. 65 p.
- Luna-Flores, M. y Gutiérrez-Sánchez, J. R. 1998. Mejoramiento genético de maíz en México: el largo camino de la obtención de semillas mejoradas. *Agric. Téc. Méx.* 24:165-198.
- Luna, F. M. 2008. El cultivo de maíz en Zacatecas. Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ). Zacatecas, Zacatecas. 129 p.
- Luna-Flores, M.; García-Hernández, S.; Lara-Herrera, A.; Avelar-Mejía, J. J.; Llamas-Llamas, J. J.; Luna-Estrada, M. G. and Ruiz-de la Riva, R. 2014. Agronomic, morphological and physiological characteristics of tolerant and non-tolerant drought maize varieties. *African J. Agric. Res.* 9:1663-1671.
- Márquez, S. F. 1985. Genotecnia vegetal; métodos, teoría, resultados. Tomo I. AGT. (Ed.). S. A. México, D. F. 201-204 pp.
- Martínez, G. A. 1994. Experimentación agrícola; métodos estadísticos. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, Estado de México. 337 p.
- Medina-García, G.; Ruiz-Corral, R. A. y Martínez-Parra, A. 1998. Los climas de México. Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-SARH. México, D. F. 87 p.
- Moncada-de la Fuente, J. 1957. Determinación de la precocidad y resistencia a sequía de variedades seleccionadas de maíz. Tesis Profesional, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, México. 63 p.
- Moreno, I.; Cuñarro, R.; González, M. C.; Almenares, J. C.; Fito, E. y González R. 2001. Comportamiento de tres nuevas variedades de arroz (*Oriza sativa* L.) para condiciones de secano y secano favorecido en la isla de la juventud. *Cultivos Tropicales* 22:27-30.
- Muñoz-Orozco, A. and Rodríguez-Ontiveros J. L. 1988. Models to evaluate drought resistance. *Proc. Intern. In: Conference on dryland farming.* Amarillo/Bushland, Texas, USA. 741-743 pp.
- Núñez, H. G.; Contreras, E. F. G. y Faz, C. R. 2003. Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Tec. Pec. Méx.* 41:37-48.
- Palacios-de la Rosa, G. 1959. Variedades e híbridos de maíz "latentes" y tolerantes a sequía y a las heladas. *Rev. Méx. Agric.* 107:38-39.
- Reyes-Méndez, C. A.; Cantú-Almaguer, M. A. y Vázquez-Carrillo, G. 2007. H-440, nuevo híbrido de maíz tolerante a la sequía para el noreste de México. *Agric. Téc. Méx.* 33:2-4.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. Estadísticas básicas, anuario, agrícolas. Internet: [www.oeidrus](http://www.oeidrus), estadísticas básicas, agrícolas, anuario.
- Sayre, J. D. 1932. Corn strains resistance to drought. *Ohio Agric. Exp. Sta. Bull.* 497 p.
- Verissimo-Correa, L. A. 2008. Cereales. *In: Enciclopedia práctica de agricultura y ganadería.* Editorial Oceano-Centrum. Barcelona, España. 314 p.