

## Rendimiento de maíces nativos e híbridos en diferente fecha de siembra y sus unidades calor\*

### Yield of landraces and hybrid maize under different planting dates and heat units

Margarita Tadeo-Robledo<sup>1</sup>, Benjamín Zamudio-González<sup>2§</sup>, Alejandro Espinosa-Calderón<sup>2</sup>, Antonio Turrent-Fernández<sup>2</sup>, Alma Lili Cárdenas-Marcelo<sup>1</sup>, Consuelo López-López<sup>1</sup>, Israel Arteaga-Escamilla<sup>1</sup> y Roberto Valdivia-Bernal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán- UNAM. Carretera Cuautitlán-Teoloyucán, km 2.5. Cuautitlán Izcalli, Estado de México. C. P. 54714. A. P. 25. Tel: 01 55 56231971. (almalili77@hotmail.com, con06\_08@hotmail.com, fhyuler@hotmail.com). <sup>2</sup>Campo Experimental Valle de México- INIFAP. km 13.5 Carretera Los Reyes - Texcoco. C. P. 56250, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México, México. Tel: 01 595 9212657. Ext. 184 y 204. (espinoale@yahoo.com.mx; aturrent37@yahoo.com.mx). <sup>3</sup>Universidad Autónoma Nayarit. Tel: 01 311 2110128. (beto49\_2000@yahoo.com.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: bzamudiog@yahoo.com.mx.

#### Resumen

Se evaluó la capacidad productiva de dos maíces criollos (Ixtlahuaca y Atlacomulco), en comparación con dos híbridos, H-50 y H-52, bajo dos fechas de siembra y fechas de cosecha, en las cuales se estimaron las unidades calor acumuladas por el método clásico residual. El trabajo se llevó a cabo en la FESC-UNAM, en Cuautitlán Izcalli, ubicado a 2 240 msnm, durante el ciclo primavera verano 2012. Los rendimientos más elevados correspondieron a la primera fecha de siembra (17 de mayo) y cosecha a 177 y 160 días (8 570 kg ha<sup>-1</sup> y 7 488 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). En cambio, la segunda fecha de siembra (01 de junio) y cosecha a 162 y 145 días arrojó los menores rendimientos (7 185 kg ha<sup>-1</sup> y 6 082 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Los genotipos evaluados mostraron estadísticamente similar rendimiento aun cuando fueron establecidos en dos épocas de siembra y dos épocas de cosecha diferentes. Los cuatro genotipos presentaron valores estadísticamente similares en las siguientes variables: floración masculina y femenina, así como altura de mazorca. Las unidades calor acumuladas para los genotipos empleados en este trabajo definen que para alcanzar la madurez fisiológica estimada a 35% de humedad de grano, se requiere la suma de 1 093 y 1 104 unidades calor, lo que se alcanza entre los 160 y 162 días después de la siembra.

#### Abstract

Productive capacity of two corn landraces (Ixtlahuaca and Atlacomulco) were compared with two hybrids, H-50 and H-52, under two planting dates and harvest dates and the accumulated heat units were estimated by the classic residual method. The work was carried out in FESC-UNAM, in Cuautitlán Izcalli, located at 2 240 masl, during the spring cycle 2012. The highest yields corresponded to the first planting date (May 17) and harvested at 177 and 160 days (8 570 kg ha<sup>-1</sup> and 7 488 kg ha<sup>-1</sup>, respectively). In contrast, the second planting date (01 June) and harvested at 162 and 145 days gave lower yields (7 185 kg ha<sup>-1</sup> and 6 082 kg ha<sup>-1</sup>, respectively). The evaluated genotypes showed statistically similar yields even when they were established in two sowing dates and two different times of harvest. The four genotypes showed statistically similar values for the following variables: male and female flowering, and ear height. Accumulated heat units for the genotypes in this study, define that to achieve physiological maturity at estimated grain moisture of 35%, the sum of 1 093 and 1 104 heat units are required, which is reached between 160 and 162 days after planting.

**Keywords:** hybrids, maize, productivity, seeds.

\* Recibido: julio de 2014  
Aceptado: enero de 2015

**Palabras clave:** híbridos, maíz, productividad, semillas.

## Introducción

El uso de semilla nativa en México es de 75%. El restante 25% procede de semilla de variedades mejoradas. En ese contexto, en Valles Altos de México, sólo se siembra 6% con semilla mejorada. La bondad de diferentes maíces nativos es reconocida en esas regiones. De igual forma, los son las variedades mejoradas obtenidas en la investigación pública. Desafortunadamente éstas últimas fueron limitadas en su abastecimiento a los productores ante el cierre de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), que dificulta el aprovechamiento, incremento y distribución de la semilla de las variedades mejoradas disponibles (Espinosa *et al.*, 2003 a; Espinosa *et al.*, 2014).

Con el retiro de la PRONASE, el mayor perjudicado fue el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las variedades mejoradas en ese instituto no tuvieron la salida natural y uso extensivo en campos de agricultores (Luna *et al.*, 2012; Espinosa *et al.*, 2008; Larqué *et al.*, 2013). Después del cierre de PRONASE, a quienes correspondía la responsabilidad no adoptaron estrategias alternativas de abasto de semillas, tampoco se atendieron suficientemente empresas locales en baja y mediana escala. Además resultó insuficiente la semilla básica y registrada, para cubrir los espacios que habían quedado sin atención (Espinosa *et al.*, 2003 b; Espinosa *et al.*, 2012; Espinosa *et al.*, 2014). Aunado a lo anterior en estos años se limitó el apoyo económico a los programas de multiplicación de semillas e investigación en semillas y mejoramiento genético de maíz por parte del propio INIFAP y las fuentes externas de financiamiento, como consecuencia, los resultados de 2001 a 2013 en abastecimiento y adopción de semillas del INIFAP son los más bajos históricamente (Luna *et al.*, 2012; Larqué *et al.*, 2013), con un posicionamiento escaso de los materiales del Instituto. En cambio la promoción de microempresas de semillas llevada a cabo por investigadores(as) del propio INIFAP ha dado resultados en algunas regiones y ha permitido mantener, aun cuando baja, la posición en el mercado y con los productores de maíz, la semilla de variedades mejoradas del instituto (Valdivia *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2014).

En particular para Valles Altos, la investigación en semillas y mejoramiento genético que realiza el INIFAP continuó con el desarrollo de maíces mejorados (Larqué *et al.*, 2013).

## Introduction

The use of landrace seed in Mexico is 75%. The remaining 25% comes from seed of improved varieties. In this context, in the High Valleys of Mexico, only 6% of improved seed is sown. The goodness of different maize landrace is recognized in those regions. Similarly, the improved varieties are obtained in public research. Unfortunately the latter were limited in its supply to producers before the closure of the National Seed Producer (PRONASE), which hinders the application, increase and distribution of improved varieties available (Espinosa *et al.*, 2003; Espinosa *et al.*, 2014).

With the retirement of PRONASE, the biggest wronged was the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP). The improved varieties in the institute had no natural outlet and extensive use in farmers' fields (Luna *et al.*, 2012; Espinosa *et al.*, 2008; Larqué *et al.*, 2013.). After closing PRONASE, the ones left with the responsibility did not adopt alternative strategies for seed supply; neither attended local companies. Besides the registered and basic seed was insufficient to cover the spaces that were left unattended (Espinosa *et al.*, 2003 b; Espinosa *et al.*, 2012; Espinosa *et al.*, 2014). Added to this, in recent years financial support was limited to seed multiplication programs, seed research and maize breeding by INIFAP and external sources of financing, simply as a consequence, the results from 2001 to 2013 in seed supply and adoption from INIFAP are historically the lowest (Luna *et al.*, 2012; Larqué *et al.*, 2013), with little positioning of the Institute materials. Instead the promotion of seed microenterprises conducted by researchers from INIFAP has resulted in some regions and has allowed to keep, even if low, market position and with corn growers, the seed of improved varieties from the institute (Valdivia *et al.*, 2007; González *et al.*, 2008; Espinosa *et al.*, 2014).

In particular for Valles Altos, research and breeding carried by INIFAP continued with the development of improved maize (Larqué *et al.*, 2013). Overall along with the technical recommendations; this improved maize represent alternatives that raise maize yields, favoring the production of maize under irrigation, residual moisture, favorable weather, short-term impact could be of greater magnitude if it had more support. There are also varieties of early cycle, such as V-54 and V-55 A, for late sowings in Valles Altos (Espinosa *et al.*, 2010; Espinosa *et al.*, 2011). For conditions of good productive potential, have been released commercial hybrids like H-52, H-66 and H-70, which are an alternative to

En general junto con las recomendaciones técnicas, estos maíces mejorados representan alternativas que elevan los rendimientos de maíz, favorecen la producción de grano de maíz en los estratos de riego, humedad residual y temporal favorable, el impacto a corto plazo podría ser de mayor magnitud si se contara con mayores apoyos. También se cuenta con variedades de ciclo precoz, como son V-54 A y V-55 A, para siembras tardías de Valles Altos (Espinosa *et al.*, 2010; Espinosa *et al.*, 2011). Para condiciones de buen potencial productivo, se han liberado comercialmente híbridos como H-52, H-66 y H-70, los cuales son una alternativa para los productores de maíz de Valles Altos (Ávila *et al.*, 2009; Arellano *et al.*, 2010; Arellano *et al.*, 2011), así como H-51 AE liberado en el año 2012 (Espinosa *et al.*, 2012).

El área dedicada al maíz en los Valles Altos de México, cuenta con condiciones de riego, humedad residual o temporal con precipitaciones pluviales favorables (superiores a 650 mm), siendo consideradas provincias agronómicas de “muy buena” y “buena productividad”, en aproximadamente 700 000 hectáreas (Turrent, 1994; Turrent, 2008). De ésta superficie, 300 mil ha son factibles de ser sembradas con semilla de híbridos, de alto potencial de rendimiento. En esta zona bajo las condiciones señaladas, el rendimiento promedio actual es de 3.5 t ha<sup>-1</sup> de grano de maíz, que se puede elevar por lo menos a 6 t ha<sup>-1</sup>, si se utilizan semillas mejoradas y la tecnología de producción desarrollada por el INIFAP (Espinosa *et al.*, 2004 a; Espinosa *et al.*, 2004 b).

Desde 1998, con diversas variedades y en particular con los híbridos H-50 (Espinosa *et al.*, 2003 c; Espinosa *et al.*, 2004 a) y H-52 (Ávila *et al.*, 2009), en uso comercial extensivo, investigadores del INIFAP apoyan el desarrollo de micro y medianas empresas de semillas para que multipliquen y distribuyan semilla certificada y se comercialice esta semilla, poniendo a disposición de los productores de maíz, las mejores variedades a precios accesibles (Espinosa *et al.*, 2008). Esta alternativa de abastecimiento de semillas, ha tenido éxito en los Valles Altos, donde más de 20 empresas en conjunto ofrecen volúmenes importantes de los híbridos que se desarrollan en INIFAP (Espinosa *et al.*, 2012; Espinosa *et al.*, 2014).

Un aspecto importante que requieren estas variedades, es que su ciclo a madurez fisiológica, sea adecuado con base a la disponibilidad del periodo de crecimiento. Por ello conviene definir el ciclo vegetativo y periodo necesario para llegar a esa madurez en días y unidades calor acumuladas (Hernández y Carballo, 1984). De acuerdo a lo mencionado

corn growers from Valles Altos (Ávila *et al.*, 2009; Arellano *et al.*, 2010; Arellano *et al.*, 2011) and H-51 AE released in 2012 (Espinosa *et al.*, 2012).

The area planted with maize in the Valles Altos of Mexico, counts with irrigation, residual or temporary moisture with favorable rainfall (over 650 mm), considered as “very good” and “good productivity providences, with approximately 700 thousand hectares (Turrent 1994; Turrent, 2008). Of this area, 300 000 ha are feasible to be planted with hybrids of high yield potential. The current average yield is 3.5 t ha<sup>-1</sup> of maize grain, which can be raised to at least 6 t ha<sup>-1</sup>, if improved seeds and production technology developed by INIFAP are used (Espinosa *et al.*, 2004; Espinosa *et al.*, 2004 b).

Since 1998, with several varieties and in particular hybrids H-50 (Espinosa *et al.*, 2003c, Espinosa *et al.*, 2004) and H52 (Ávila *et al.*, 2009), under extensive commercial use, INIFAP researchers support the development of micro and small seed companies to multiply and distribute certified seed and this seed is marketed, by providing corn growers, the best varieties at affordable prices (Espinosa *et al.*, 2008). This alternative for seed supply has been successful in Valles Altos, where more than 20 companies together offer significant volumes of hybrids developed by INIFAP (Espinosa *et al.*, 2012; Espinosa *et al.*, 2014).

An important aspect requiring these varieties are that their physiological maturity cycle has to be appropriate based on the availability of the growth period. Therefore is appropriate to define the vegetative cycle and the time needed to reach this maturity in days and accumulated heat units (Hernandez and Carballo, 1984). According to what is mentioned in this paper, it was established the objective to define the productive capacity of two landraces (Ixtilahuaca and Atlacomulco) compared two hybrid (H-50 and H-52) under two sowing dates and two different harvest dates, thus define heat units that accumulate in different harvest dates and physiological maturity of these corns.

## Materials and methods

The work was carried out at the Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, from the Universidad Autónoma de México (UNAM- FESC), located in Cuautitlan Izcalli at 2 240 masl. Two different planting dates (May 17, 2012 and June 01, 2012) of landraces Atlacomulco and Ixtilahuaca,

en este trabajo se estableció el objetivo de definir la capacidad productiva de dos maíces criollos (Ixtlahuaca y Atlacomulco) en comparación con dos híbridos (H-50 y H-52), bajo dos fechas de siembra y dos diferentes fechas de cosecha así como definir las unidades calor que se acumulan en las diferentes fechas de cosecha y la madurez fisiológica de estos maíces.

## Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM), ubicada en Cuautitlán Izcalli, ubicado a 2240 msnm. Se establecieron dos diferentes fechas de siembra (17 mayo 2012 y 01 junio 2012) de los maíces criollos Ixtlahuaca y Atlacomulco, ambos de color de grano blanco, semidentados y con procedencia de cada una de las localidades de sus nombres, que son muy importantes en el Valle Toluca - Atlacomulco en la producción de maíz, se sembraron también los híbridos H-50, variedad mejorada de mayor uso comercial en Valles Altos (Espinosa *et al.*, 2003c; González *et al.*, 2007) y H-52, en ambos casos, estos híbridos poseen en sus progenitores germoplasma que proviene de maíces nativos, lo que otorga cierta adaptación y respuesta favorable con respecto a enfermedades y otros aspectos agronómicos (González *et al.*, 2007; Ávila *et al.*, 2009).

La preparación mecánica del terreno consistió en un barbecho, una cruz y un paso de rastra. El surcado se hizo a 0.8 m. La siembra se efectuó a “tapa pie”, depositando cuatro semillas por mata cada 0.5 m. Después de la emergencia de las plántulas, se aclareo para dejar 24 plantas en cinco metros de largo, para lograr densidades de población uniformes a 60 000 plantas ha<sup>-1</sup>, que es la densidad de población recomendada en Valles Altos del Centro de México, para materiales similares a los que se emplearon en este estudio.

Para el control de malezas se efectuaron dos aplicaciones: la primera, un día después de la siembra, utilizando por ha 1 L de Hierbamina® y 2 kg de Gesaprim® calibre 90; la segunda se hizo 40 días después de la siembra, con 1 L de Sansón® 4 SC, 1 L de Hierbamina® y 2 kg de Gesaprim® calibre 90. La cosecha fue manual y se realizó en la primera quincena de diciembre de 2012, colectando todas las mazorcas aunque sólo se consideraron las que contenían grano sano que cubre las características para su comercialización; es decir, grano sano en más de 60% de la mazorca.

both white grain, semidentado and from each of the localities of their names, which are very important in Toluca Valley - Atlacomulco in the production of corn; also sown hybrid H-50, most commercial variety in Valles Altos, and H-52 (Espinosa *et al.*, 2003c; González *et al.*, 2007) in both cases, these hybrids possess parental germplasm that comes from maize landrace, which gives some adaptation and favorable response regarding to diseases and other agronomic aspects (González *et al.*, 2007; Ávila *et al.*, 2009).

Land preparation consisted of a fallow, a cross and harrowing. Plough was 0.8 m; sowing was carried out by feet cover “tapa pie”, placing four seeds per hill every 0.5 m. After seedling emergence, it was thinned to leave 24 plants in five meters long, to achieve uniform densities population of 60 000 plants ha<sup>-1</sup>, which is the population density recommended in the Valles Altos from Central Mexico, for materials similar to those used in this study.

For weed control two applications were made: first, a day after sowing, using 1 L per hectare of Hierbamina® and 2 kg of Gesaprim® 90 gauge; the second was made 40 days after planting, with 1 L of Sansón® 4 SC, 1 L of Hierbamina® and 2 kg of Gesaprim® 90 gauge. Harvest was done manually and was conducted in the first half of December 2012, collecting all ears, although only considered those having healthy grain that covers the characteristics needed for marketing; i.e. healthy grain in more than 60% of the cob.

In each of the two planting dates, two periods of harvest were chosen; in the first planting date (May 17, 2012), harvest at 160 and 175 days after planting. In the second planting date (June 1, 2012), harvest at 145 and 162 days after planting; in this way there were different days to harvest, with a chance to define physiological maturity.

The experiment was established under a randomized complete block, with three replicates, the useful plot consisted in one furrow of five meters long, having an experimental unit of 4 m<sup>2</sup>.

The statistical analysis was performed in as bi-factorial, considering the genotypes (4) and harvest time (4), thus the interaction genotype \* harvest time. The four harvest times were defined by the combination of planting date and harvest date.

The following variables were evaluated in the field: male flowering (when 50% of the plants liberated pollen), silking (when 50% of the plants had exposed stigmas, at least three



En cada una de las dos fechas de siembra, se eligieron dos épocas de cosecha, en la fecha de siembra 1 (17 de mayo de 2012), se efectuó la cosecha a 160 y 175 días después de la siembra. En la fecha de siembra 2 (01 de junio de 2012), la cosecha se efectuó a los 145 y 162 días después de la siembra, de esta manera se tuvieron diferentes días a cosecha, con la probabilidad de definir la madurez fisiológica.

El experimento se estableció en bloques completos al azar, con tres repeticiones, la parcela útil consto de un surco de cinco metros de largo, por lo cual el tamaño de la unidad experimental fue de 4 m<sup>2</sup>.

El análisis estadístico se efectuó en forma bi-factorial, considerando a los genotipos (4) y las épocas de cosecha (4), así como la interacción genotipos \* épocas de cosecha. Las cuatro épocas de cosecha se definieron por la combinación de la fecha de siembra y fecha de cosecha.

Se evaluaron en campo las siguientes variables: floración masculina (se consideró al observar que 50% de las plantas liberaban polen), floración femenina (se consideró al observar que 50% de las plantas habían expuesto los estigmas, en por lo menos tres cm), altura de planta (de la base del tallo al nudo de inserción de la espiga) y altura de mazorca (de la base del tallo al nudo de inserción de la mazorca superior). Se tomaron datos de otras variables como son contenido de humedad del grano: se eligieron cinco mazorcas, mismas que se desgranaron y se determinó su humedad con un equipo eléctrico tipo Stenlite. Porcentaje de grano/olote (cociente del peso de grano con el peso de grano más olotes); también se midieron longitud de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera y peso de 200 semillas.

Para rendimiento de grano (RG) por parcela se aplicó la fórmula:

$$RG = (PC * \% MS * \% G) * F.C. / 8600$$

Donde: PC= peso de campo del total de las mazorcas cosechadas en la parcela, expresado en kg; % MS= porcentaje de materia seca calculado con base en la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas; % G= porcentaje de grano obtenido como el cociente entre el peso de grano y el peso de mazorca; FC= factor de conversión a rendimiento por hectárea, que se obtiene de dividir 10 000 m<sup>2</sup> entre el

cm), plant height (from stem base to the insertion node of the spike) and ear height (from the base of the stem to the insertion node of the upper cob). Data from other variables like seed moisture were measured; five cobs were chosen, which were shelled and humidity was determined with electrical equipment Stenlite type. Percentage of grain/cob (ratio of grain weight with grain weight plus cobs); ear length, rows per ear and kernels per row and 200 grain weight were measured.

For grain yield (RG) per plot was applied the formula:

$$RG = (PC * \% MS * \% G) * F.C. / 8600$$

Where: PC= total weight of cobs harvested in the plot, expressed in kg; % MS= dry matter percentage calculated, as the grain sample of five ears freshly harvested; % G= percentage of grains obtained by dividing grain weight and cob weight; FC= conversion factor to yield per ha, which is 10 000 m<sup>2</sup> divided by the useful plot expressed in m<sup>2</sup> (4 m<sup>2</sup>); and 8 600= constant used to estimate the yield with grain moisture of 14%.

Accumulated heat units (UCA) were determined with the classical residual method (Shaw, 1975; Neild, 1982, Ruiz *et al.*, 1998; Ruiz *et al.*, 2002), considering the sowing date and harvest date. An important fact, in each harvest date was seed moisture, to define physiological maturity based on the proximity to 35%.

To define the cycle to physiological maturity, it was used the accumulated days till the variety had a grain moisture of 35%, but the sum of temperatures of the growth cycle were also considered: as follows a) days after planting to harvest, at which grain moisture was taken; b) daily accumulated heat units (UCA) from planting to harvest date, establishing physiological maturity when UCA is close to a point of 35% grain moisture. UCA were calculated with the residual classic method, which uses the following expression: UCA= T - Tb

Where: T= mean daily temperature; Tb= 10 °C base temperature for corn; UCA from planting to physiological maturity correspond to the thermal requirement of the genotype.

tamaño de la parcela útil determinado en  $m^2$  ( $4 m^2$ ); y  $8\ 600 =$  constante empleada para estimar el rendimiento con una humedad del grano de 14%.

Se determinaron las unidades calor acumuladas (UCA), con el método residual clásico (Shaw, 1975; Neild, 1982; Ruiz *et al.*, 1998; Ruiz *et al.*, 2002), considerando la fecha de siembra y la fecha de cosecha. Un dato importante en cada época de cosecha fue la humedad de semilla, para definir con base en la cercanía a 35%, la madurez fisiológica.

Para definir el ciclo a madurez fisiológica se utilizaron los días acumulados hasta que la variedad tenía 35% de humedad en el grano, pero también se consideró la sumatoria de las temperaturas del ciclo de desarrollo: de la siguiente manera: a) días transcurridos de siembra a la cosecha, en cuyo punto se tomó la humedad del grano; b) unidades calor diarias acumuladas (UCA) de siembra a fecha de cosecha, estableciéndose la madurez fisiológica cuando ocurren las UCA en el punto cercano a 35% de humedad de grano. Las UCA fueron calculadas con el método residual clásico, el cual utiliza la expresión siguiente:  $UCA = T - T_b$

Donde: T= temperatura media diaria;  $T_b = 10\ ^\circ C$ , temperatura base para maíz; -UCA de siembra a madurez fisiológica corresponden a el requerimiento térmico del genotipo.

## Resultados y discusión

Los análisis de varianza detectaron para el factor de variación época de cosecha, diferencias altamente significativas para variables rendimiento, floración masculina y femenina y altura de mazorca. Se detectó diferencia significativa para la variable peso de 200 semillas. Para rendimiento el coeficiente de variación fue de 16.2% y la media general de  $7\ 331\ kg\ ha^{-1}$  (Cuadro 1).

Para el factor de variación genotipos se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para peso de 200 semillas, longitud de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera. Se presentaron también diferencias estadísticas para la variable floración masculina (Cuadro 1).

En la interacción época de cosecha \* genotipo en ninguna variable se detectó significancia estadística (Cuadro 1).

## Results and discussion

The analysis of variance detected for the variation factor harvest time, highly significant differences for variables yield, male and female flowering and ear height. Significant difference was detected for the variable 200 grain weight. For yield the coefficient of variation was 16.2% and the overall average  $7\ 331\ kg\ ha^{-1}$  (Table 1).

For the variation factor genotype, highly significant differences for 200 grain weight, ear length, rows per ear and kernels per row were detected. For the variable male flowering were significant differences (Table 1).

In the interaction harvest time \* genotype, in any variable statistical significance was detected (Table 1).

When comparing the harvest times (combination of planting date and harvest time), the highest yields were for the first planting date while the second planting date had lower yields:  $7\ 185\ kg\ ha^{-1}$  and  $6\ 082\ kg\ ha^{-1}$ , respectively (Table 2). The latter could be explained based on the cycle of the genotypes used, for which the best planting date is the first (May 17, compared with the second, June 01), as reported in other papers (Espinosa *et al.*, 2003b; Espinosa *et al.*, 2012), also the best yields coincided with a greater number of days from planting to harvest, which could indicate that the average of the four genotypes under study, to reach the ultimate expression of yield require that number of days, this could be verified in future studies where continuous sampling will be made allowing to confirm the information.

In the comparison of genotypes, was observed that there was no difference in yield among the materials used; this could be due to the materials evaluated are considered excellent, particularly the landrace from Ixtlahuaca, which was used extensively in the past (Espinosa *et al.*, 2008); moreover hybrids H-50 and H-52, have in them a portion of landrace, indicating the goodness of these materials, on the other hand could be considered that weather conditions like precipitation and other aspects could be favorable to them (Espinosa *et al.*, 2003c; Espinosa *et al.*, 2004; Ávila *et al.*, 2009) (Table 3). Landrace Ixtlahuaca and H-50, had higher weight of 200 grains and kernels per row compared to the other varieties, characteristics that may contribute,

**Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) y otras variables evaluadas en dos maíces criollos y dos variedades mejoradas evaluados en la FESC-UNAM. Ciclo primavera-verano 2012.**

**Table 1. Mean squares and statistical significance for yield (kg ha<sup>-1</sup>) and other variables assed in two landraces and two improved varieties, in the facilities from FESC-UNAM, Spring-Summer 2012.**

Variable	Cosecha CM	Genotipo CM	Cosecha * genotipo CM	CV (%)	Media
Rend (kg ha <sup>-1</sup> )	12562118.1**	2878234.3	2372360.8	16.2	7331
FM (días)	90.25**	8.08*	0.32	1.7	77
FF (días)	103.36**	11.41	1.28	3.4	80
AP (cm)	2 162.68	2 426.63	436.85	9.7	254
AM (cm)	3 917.57**	290.79	101.28	14.2	150
PHCO (kg hl <sup>-1</sup> )	584.02	2 590.97	771.06	3.8	671
P200S (g)	111.63*	254.08**	78.30	7.6	69.4
LM (cm)	8.05	40.66**	3.79	10.1	15.0
HM	0.91	25.13**	1.28	7.7	16.3
GH	36.24	87.13**	8.44	10.5	27

\*\*Significativo; \*\* altamente significativo. Rend=rendimiento; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; PHCO= peso volumétrico; P200S= peso de 200 semillas; LM= longitud de mazorca; HM= hileras por mazorca; GH= granos por hilera.

En la comparación de las épocas de cosecha (combinación de fecha de siembra y época de cosecha), los rendimientos más elevados correspondieron a la primera siembra en cambio la segunda fecha de siembra, arrojó los menores rendimientos: 7 185 kg ha<sup>-1</sup> y 6 082 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Cuadro 2). Lo anterior podría explicarse con base en el ciclo de los genotipos utilizados, para los cuales es mejor época de siembra la primera (17 de mayo, comparativamente con la segunda, 01 de junio), como se reporta en otros trabajos (Espinosa *et al.*, 2003b; Espinosa *et al.*, 2012), además los mejores rendimientos coincidieron con mayor número de días de siembra a cosecha, lo que pudiese indicar que en la media de los cuatro genotipos en estudio, para llegar a la mejor expresión de rendimiento, requieren ese número de días, esto podría ser verificado en trabajos futuros donde se efectuarán muestreos continuos que permitieran confirmar la información.

along with other aspects, make H-50 the material of greater commercial use among corn producers and seed companies (González *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2014).

The four genotypes had similar male flowering, which is considered an intermediate cycle, likewise, had similar ear height and ear length, whereas the comparison of means improved materials by producers of Valles Altos, expressing good yield landraces, which partially explains the limited defined two groups for silking, plant height, volume weight and 200 grain weight, rows per ear and kernels per row (Table 3). The latter might be elements that limit the acceptance of use of improved materials (Espinosa *et al.*, 2008; Larqué *et al.*, 2013), especially in the case of H-50 (González *et al.*, 2007) and H-52 (Avila *et al.*, 2009) seed

**Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey) de dos fechas de siembra y dos fechas de cosechas para diversas variables evaluadas considerando la media de dos variedades criollas y dos híbridos de maíz. FESC-UNAM, ciclo primavera-verano 2012.**

**Table 2. Comparison of means (Tukey) of two sowing dates and two harvest dates for different variables evaluated, considering the average of two landraces and two corn hybrids. FESC-UNAM, Spring-summer 2012.**

Siembra y cosecha	Rend (kg ha <sup>-1</sup> )	FM (días)	FF (días)	AP (cm)	AM (cm)	PV (kg hl <sup>-1</sup> )	P200S (gr)	LM (cm)	HM	GH
F1 10 nov	8 570 a	75 b	77 b	260 ab	168 a	671 a	72 a	15.2 ab	16 a	28 ab
F1 24 oct	7 488 ab	75 b	77 b	271 a	164 a	679 a	72 a	15.8 a	16 a	28.9 a
F2 10 nov	7 185 bc	79 a	82 a	246 ab	137 b	671 a	67 a	15.3 ab	16 a	25 b
F2 24 oct	6 082 c	79 a	82 a	242 b	133 b	662 a	67 a	13.9 b	16 a	27 ab
DSH (0.05)	1324	1.5	3	28	24	28	5.9	1.7	1.4	3.1

Medias con letras iguales son estadísticamente iguales (en sentido vertical). Rend=rendimiento; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; PV= peso volumétrico; P200S= peso de 200 semillas; LM= longitud de mazorca; HM= hileras por mazorca; GH= granos por hilera.

En la comparación de genotipos, se observó que en promedio las diferentes fechas de cosecha y las dos fechas de siembra, no hubo diferencia en rendimiento entre los cuatro materiales evaluados, lo que podría explicarse en este caso, con base a que las variedades nativas consideradas, son excelentes, en particular una variedad nativa de Ixtlahuaca, fue utilizada en forma extensiva en el pasado (Espinosa *et al.*, 2008), por otra parte los híbridos H-50 y H-52, cuentan en sus progenitores, con una parte de origen germoplásmico de maíces nativos, lo que señala la bondad de este tipo de materiales, por otra parte podría considerarse que siendo buenos las variedades criollas evaluadas, pudo haber sido favorable para ellas el año climático, la precipitación y otros aspectos que pudieron ser propicios para ellas (Espinosa *et al.*, 2003 c; Espinosa *et al.*, 2004; Ávila *et al.*, 2009), (Cuadro 3). Criollo Ixtlahuaca y H-50, presentaron mayor peso de 200 semillas y granos por hilera con relación a las otras variedades, características que tal vez contribuyan, junto con otros aspectos hacen que el H-50, sea el material de mayor uso comercial por productores de maíz y empresas de semillas (González *et al.*, 2007; Espinosa *et al.*, 2014).

Los cuatro genotipos utilizados presentaron similar floración masculina, lo que se considera un ciclo intermedio, así mismo presentaron similar altura de mazorca y longitud de mazorca, en cambio la comparación de medias definió dos grupos para floración femenina, altura de planta, peso volumétrico, peso de 200 semillas, hileras por mazorca y granos por hilera (Cuadro 3). Lo anterior probablemente sean elementos que limitan la aceptación de los materiales mejorados por parte de los productores de Valles Altos, al expresar buen rendimiento las variedades criollas, lo que explica parcialmente el limitado uso de semillas mejoradas (Espinosa *et al.*, 2008; Larqué *et al.*, 2013), en especial en los casos de H-50 (González *et al.*, 2007) y H-52 (Ávila *et al.*, 2009) han apoyado la difusión y los niveles de uso comercial por parte de micro empresas de semillas (Espinosa *et al.*, 2014).

microenterprises have supported the dissemination and levels of commercial use of this varieties (Espinosa *et al.*, 2014).

The similar production of landrace and improved varieties indicates the goodness of landrace maize, and highlights the importance of preserving the diversity of these materials adapted to the region, in regard to improved varieties (Espinosa *et al.*, 2012), which supports the use and supply of corn seed among the producers from Valles Altos, especially in the region located in Toluca Valley- Atlacomulco, as an alternative of seed supply in the absence of PRONASE (Espinosa *et al.*, 2014).

Figure 1, shows the percentage of grain moisture in different days to harvest, it is observed that the landrace Ixtlahuaca at 160 days after planting, established on May 17 and harvested on October 24, the grain moisture was 34.7%, same that is considered the point where physiological maturity is reached and a sum of accumulated heat units of 1 104.1; at this point, the yield obtained was 6 762 kg ha<sup>-1</sup>; previous values were very similar for the landrace Atlacomulco which at 162 days after planting, harvest date date June 01, exhibited a grain moisture 35.3%, considered as point of physiological maturity, in which accumulated heat units were 1 093 and the yield was 6 805 kg ha<sup>-1</sup>.

This indicates similarity of both landraces in accumulated heat units and days from planting to harvest needed to reach physiological maturity. In contrast, hybrids H-50 and H-52 at 160 days of planting and to harvest and 1 104 accumulated heat units had a grain moisture that exceeded physiological maturity, reaching this phenological stage between 145 days before the 160 days mentioned before, which coincides with the references of these hybrids, in this case both hybrids require between 1 028 and less than 1 104 accumulated heat units (González *et al.*, 2007; Ávila *et al.*, 2009).

**Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey) de variables evaluadas en cuatro genotipos (dos criollos y dos híbridos) considerando la media de dos fechas de siembra y dos fechas de cosecha. FESC-UNAM, ciclo primavera-verano 2012.**

**Table 3. Comparison of means (Tukey) of variables evaluated in four genotypes (two landraces and two hybrids) considering the average of two sowing dates and two harvest dates. FESC-UNAM, Spring-Summer 2012.**

Genotipos	Rend (kg ha <sup>-1</sup> )	FM (días)	FF (días)	AP (cm)	AM (cm)	PV (kg hl <sup>-1</sup> )	P200S (gr)	LM (cm)	HM	GH
Ixtlahuaca	7955 a	77 ab	79 a	271 a	157 a	659 b	73.8 a	16.9 a	16 b	30 a
Atlacomulco	7389 a	76 b	79 a	241 b	150 a	692 a	65.0 b	13.5 a	17 a	25 b
H-50	7207 a	78 a	81 a	262 ab	147 a	667 a	73.8 a	16.4 a	14 b	28 a
H-52	6773 a	77 ab	79 a	245 ab	147 a	666 ab	66.0 b	13.4 b	18 a	25 b
DSH (0.05)	1324	1	3	28	24	29	5.9	1.7	1	3

Medias con letras iguales son estadísticamente iguales (en sentido vertical). Rend=rendimiento; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; PV= peso volumétrico; P200S= peso de 200 semillas; LM= longitud de mazorca; HM= hileras por mazorca; GH= granos por hilera.

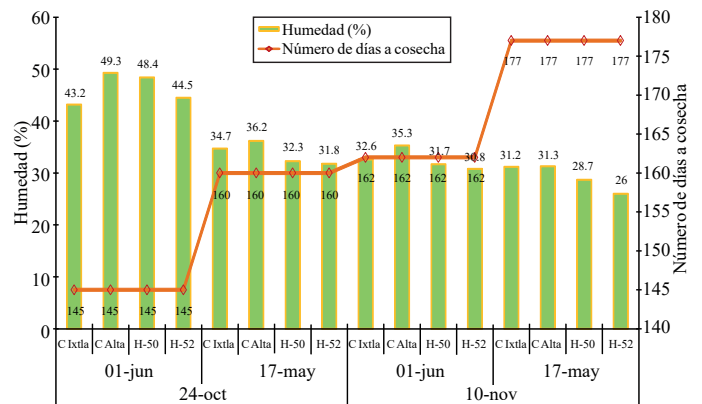


La producción similar de los criollos y las variedades mejoradas señala la bondad de los maíces nativos, y resalta la importancia de conservar la diversidad de estos materiales, adaptados a la región, comparativamente con respecto a las variedades mejoradas (Espinosa *et al.*, 2012), lo que respalda el empleo y abastecimiento de semilla de estos maíces entre los productores de Valles Altos, en especial de la región ubicada en el Valle Toluca Atlacomulco, como alternativa de abastecimiento de semillas ante la ausencia de PRONASE (Espinosa *et al.*, 2014).

En la Figura 1, se presenta el porcentaje de humedad de grano en diferentes días a la cosecha, se observa que el Criollo Ixtlahuaca a los 160 días después de la siembra, establecida en 17 de mayo y cosechada el 24 de octubre, la humedad de grano fue de 34.7%, misma que se considera el punto donde se alcanza la madurez fisiológica y una suma de unidades calor acumuladas de 1 104.1; en este punto, el rendimiento obtenido fue de 6 762 kg ha<sup>-1</sup>; los anteriores valores fueron muy similares para la variedad criollo Atlacomulco la cual a los 162 días después de la siembra, cuya fecha fue el 01 de junio, exhibió una humedad de grano de 35.3%, considerada como punto de madurez fisiológica, en la cual las unidades calor acumuladas fueron 1 093 y el rendimiento obtenido fue de 6 805 kg ha<sup>-1</sup>.

Lo anterior señala similitud de ambas variedades criollas en las unidades calor acumuladas y días de siembra a cosecha necesarias para alcanzar la madurez fisiológica. En cambio los híbridos H-50 y H-52 a los 160 días de siembra y a cosecha y 1 104 unidades calor acumuladas ya habían rebasado la humedad de madurez fisiológica, ubicándose esta etapa fenológica entre 145 día y antes de los 160 días señalados, lo que coincide con las referencias de estos híbridos, en este caso ambos híbridos requieren entre 1 028 y menos de 1 104 unidades calor acumuladas (González *et al.*, 2007; (Ávila *et al.*, 2009).

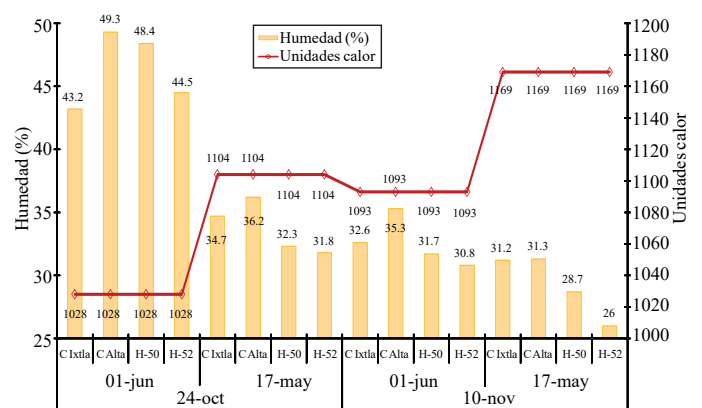
Para el caso de H-50, a los 160 días después de la siembra, establecida en 17 de mayo y cosechada el 24 de octubre, la humedad de grano fue de 32.3%, en la cual ya había rebasado seguramente la madurez fisiológica, que se alcanza en un punto de mayor humedad de grano (35%), la suma de unidades calor acumuladas de fue de 1 104.1; en este punto, el rendimiento obtenido fue de 8 186 kg ha<sup>-1</sup>; estos valores fueron muy similares para el híbrido H-52, el cual a los 160 días después de la siembra, 17 de octubre, exhibió una humedad de grano de 31.8%, donde ya se había



**Figura 1. Porcentaje de humedad de grano obtenido en diferentes días a la cosecha por dos variedades criollas y dos híbridos de maíz de Valles Altos.**

**Figure 1. Percentage of grain moisture obtained on different days to harvest by two landraces and two corn hybrids in High Valley.**

In the case of H-50 at 160 days after planting, established in May 17 and harvested on October 24, grain moisture was 32.3%, in which had already exceeded physiological maturity, which is reached at a point of higher grain moisture (35%), the sum of accumulated heat units was 1 104.1; At this point, the yield was 8 186 kg ha<sup>-1</sup>; these values were very similar for hybrid H-52, which at 160 days after planting, October 17, exhibited a grain moisture of 31.8%, which already had reached physiological maturity, probably a few days before, accumulated heat units were 1 104.1 and the yield was 8 082 kg ha<sup>-1</sup> (Figure 2).



**Figura 2. Porcentaje de humedad de grano, así como diferentes unidades calor acumuladas (UCA) a la cosecha por dos variedades criollas y dos híbridos de maíz de Valles Altos.**

**Figure 2. Percentage of grain moisture, thus various accumulated heat units (UCA) at harvest by two landraces and two hybrids in High Valley.**

alcanzado la madurez fisiológica, probablemente unos días antes, las unidades calor acumuladas fueron 1 104.1 y el rendimiento obtenido fue de 8 082 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 2).

## Conclusiones

La fecha de siembra de 17 de octubre y cosecha 10 de noviembre, en promedio de los cuatro genotipos, fue donde se presentó el rendimiento estadísticamente más elevado (8 570 kg ha<sup>-1</sup>), diferente a la segunda fecha de siembra, 01 de junio, en combinación con las dos fechas de cosecha.

Los cuatro genotipos evaluados (dos criollos y dos mejorados) mostraron estadísticamente similar rendimiento aun cuando fueron establecidos en dos épocas de siembra y dos épocas de cosecha diferentes. Los cuatro genotipos utilizados presentaron similar floración masculina y femenina, así como altura de mazorca.

Las unidades calor acumuladas para los genotipos empleados en este trabajo definen que para alcanzar la madurez fisiológica estimada a 35% de humedad de grano, se requiere la suma de 1 093 y 1 104 unidades calor estimadas con el método clásico residual, lo que se alcanza entre 160 y 162 días después de la siembra.

## Literatura citada

- Arellano, V. J. L.; Virgen, V. J. y Ávila, P. M. A. 2010. H-66 híbrido de maíz para los Valles Altos de los Estados de México y Tlaxcala. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(2):257-262.
- Arellano, V. J. L.; Virgen, V. J.; Rojas, M. I. y Ávila, P. M. A. 2011. H-70: híbrido de maíz de alto rendimiento para temporal y riego del Altiplano Central de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(4):619-626.
- Ávila, P. M. A.; Arellano, V. J. L.; Virgen, V. J. y Gámez, V. A. J. 2009. H-52 híbrido de maíz para Valles Altos de la Mesa Central de México. *Agric. Téc. Méx.* 35(2):237-240.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Martínez, M. R.; Lothrop, J.; Azpíroz, R. S.; Tut, C. C.; Bonilla, B. J.; María, R. A.; Pérez, C. J. P.; Ávila, P. M. A.; Gámez, V. J. y Salinas, M. Y. 2004 a. H-50 nuevo híbrido de maíz para los Valles Altos de México. Folleto técnico Núm. 17. INIFAP. Chapingo, Estado de México. 20 p.
- Espinosa, C. A.; Sierra, M. M. y Gómez, M. N. 2003 a. Producción y tecnología de semillas mejoradas de maíz por el INIFAP en el escenario sin la PRONASE. *Agron. Mesoam.* 14:117-121.

## Conclusions

The planting date of October 17 and harvest November 10, averaging the four genotypes, was, where statistically the highest yield was obtained (8 570 kg ha<sup>-1</sup>), different from the second planting date, June 01 in combination with the two harvest dates.

The four genotypes (two landraces and two improved) showed statistically similar yield even when they were established under two different sowing and harvest dates. The four genotypes had similar male and female flowering and ear height.

Accumulated heat units for the genotypes in this study define that to achieve the estimated physiological maturity at grain moisture of 35%, is required a sum of 1 093 and 1 104 UCA, and estimated with the residual classic method, which is achieved between 160 and 162 days after sowing.

*End of the English version*



- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Lothrop, J.; Azpíroz, R. S.; Martínez, M. R.; Pérez, C. J. P.; Tut, C. C.; Bonilla, B. J.; María, R. A. y Salinas, M. Y. 2003 b. H-48 nuevo híbrido de maíz de temporal para los Valles Altos del centro de México. *Agric. Téc. Méx.* 29(1):85-87.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Lothrop, J.; Azpíroz, R. S.; Martínez, M. R.; Pérez, C. J. P.; Tut, C. C.; Bonilla, B. J.; María, R. A. y Salinas, M. Y. 2003 c. H-50 híbrido de maíz de temporal para los Valles Altos de México (2 200 a 2 600 msnm). *Agric. Téc. Méx.* 29(1):89-92.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Martínez, M. R.; Srinivasan, G.; Beck, D.; Lothrop, J.; Azpíroz, R. H. S.; Ávila, P. M. A.; Gámez, V. J.; Pérez, C. J. P.; Tut, C. C.; Bonilla, B. J.; María, R. A. y Salinas, M. Y. 2004 b. H-48, nuevo híbrido de maíz para los Valles Altos de México. Folleto técnico Núm. 16. INIFAP. Chapingo, Estado de México. 20 p.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Turrent, F. A.; Gómez, M. N.; Sierra, M. M.; Palafox, C. A.; Caballero, H. F.; Valdivia, B. R. y Rodríguez, M. F. 2008. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias* 92-93:118-125.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Gómez, M. N.; Sierra, M. M.; Virgen, V. J.; Palafox, C. A.; Vázquez, C. G. y Valdivia, B. R. 2010. V-54 A, Nueva variedad de maíz de grano amarillo para siembras de temporal retrasado en Valles Altos de México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(5):677-680.

- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Gómez, M. N.; Sierra, M. M.; Virgen, V. J.; Palafox, C. A.; Caballero, H. F.; Vázquez, C. G.; Rodríguez, M. F.; Valdivia, B. R.; Arteaga, E. I. y González, R. I. 2011. 'V-55 A', variedad de maíz de grano Amarillo para los Valles Altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 34(2):149-150.
- Espinosa, C. A.; Turrent, F. A. y Tadeo, R. M. 2012. Recursos fitogenéticos, patrimonio biocultural, semillas y seguridad alimentaria. *In: Políticas Agropecuarias, Forestales y Pesqueras.* Calva, J. L. (Coord.). Análisis estratégico para el desarrollo. Consejo Nacional de Universitarios. 9:198-218 p.
- Espinosa, C. A.; Tadeo, R. M.; Virgen, V. J.; Rojas, M. I.; Gómez, M. N.; Sierra, M. M.; Palafox, C. A.; Vázquez, C. G.; Rodríguez, M. F. A.; Zamudio, G. B.; Arteaga, E. I.; Canales, I. E. I.; Martínez, Y. B. y Valdivia, B. R. 2012. H-51 AE, híbrido de maíz para áreas de humedad residual, buen temporal y riego en Valles Altos del Centro de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35:347-349.
- Espinosa, C. A.; Turrent, F. A.; Tadeo, R. M.; San Vicente-T, A.; Gómez, M. N.; Valdivia, B. R. y Zamudio, G B. 2014. Ley de Semillas y Ley Federal de Variedades Vegetales y transgénicos de maíz en México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5(2):293-308.
- González, E. A.; Islas, G. J.; Espinosa, C. A.; Vázquez, C. J. A. y Wood, S. 2007. Impacto económico del mejoramiento genético del maíz en México: híbrido H-50. Publicación especial Núm. 24. INIFAP. México, D. F. 83 p.
- González, E. A.; Islas, G. J.; Espinosa, C. A.; Vázquez, C. J. A. y Wood, S. 2008. Impacto económico del mejoramiento genético del maíz en México: híbrido H-48. Publicación especial Núm. 25. INIFAP. México, D. F. 88 p.
- Hernández, L. A. y Carballo, C. A. 1984. Caracterización de genotipos de maíz de Valles Altos por sus requerimientos de unidades calor. *Revista Chapingo* 43-44: 42-48.
- Larqué, S. B. S.; Islas, G. J.; González, E. A. y Jolalpa, B. J. L. 2013. Mercado de semillas de maíz en el Estado de México. Folleto técnico Núm. 57. INIFAP. CEVAMEX, Coatlínchán, Texcoco, Estado de México. 76 p.
- Luna, M. B. M.; Hinojosa, R. M. A.; Ayala, G. O. J.; Castillo, G. F. y Mejía, C. J. A. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(1):1-7.
- Ruiz, C. J. A.; Sánchez, G. J. J. and Goodman, M. M. 1998. Base temperature and heat unit requirement of 49 mexican maize races. *Maydica* 43:277-282.
- Ruiz, C. J. A.; Flores, L. H. E.; Ramírez, D. J. L. y González, E. D. E. 2002. Temperaturas cardinales y duración del ciclo de madurez del híbrido de maíz H-311 en condiciones de temporal. *Agrociencia* 36(5):569-577.
- Shaw, R. H. 1975. Growing degree units for corn in the North Central region. North Central Regional Research Publication No. 229. Iowa State Univ. IWRBBR. 581: 793-808.
- Turrent, F. A. 1994. Plan de investigación del sistema maíz-tortilla en la región Centro. CIRCE, INIFAP, SARH. Publicación especial Núm. 12. Texcoco, Estado de México.
- Turrent, F. A. 2008. Estimación del potencial productivo de maíz en la República Mexicana. *In: reserva estratégica de alimentos, una alternativa para el desarrollo del campo Mexicano y la soberanía alimentaria.* Marcof, A. C. (Ed.). Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 111-118 pp.
- Neild, R. E. 1982. Temperature and rainfall influences on the phenology and yield of grain sorghum and maize: a comparison. *Agric. Meteorol.* 27:79-88.
- Valdivia, B. R.; Caro, V. F. J.; Ortiz, C. M.; Betancourt, V. A.; Ortega, C. A.; Vidal, M. V. A. y Espinosa, C. A. 2007. Desarrollo participativo de híbridos sintéticos de maíz y producción de semilla por agricultores. *Agric. Téc. Méx.* 33(2):135-143.