

## Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera\*

### Maize hybrids and varieties for seed production in planting double rows

Benjamín Zamudio-González<sup>1</sup>, Alejandro Espinosa-Calderón<sup>1§</sup>, Margarita Tadeo-Robledo<sup>2</sup>, Juan José Encastín-Dionicio<sup>1</sup>, Juan Nelson Martínez Rodríguez<sup>1</sup>, Amelia Felix-Reyes<sup>1</sup>, Alma Lili Cárdenas Marcelo<sup>2</sup> y Antonio Turrent Fernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de México. Metepec-CEVAMEX-INIFAP. Carretera Toluca a Zitácuaro, km 4.5. Colonia San José Barbabosa. C. P. 51350, Zinacantepec, Estado de México, México. Tel. 01 722 278 43 31. (bzamudiog@yahoo.com.mx; aturrent37@yahoo.com.mx). <sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. Carretera Cuautitlán-Teoloyucan, km 2.5. Cuautitlán Izcalli, Estado de México. C. P. 54714. A. P. 25. Tel. 01 55 56231971. §Autor para correspondencia: espinoale@yahoo.com.mx.

#### Resumen

El objetivo del trabajo fue determinar el nivel de rendimiento de híbridos y variedades de maíz liberados para Valles Altos en siembra a doble hilera en comparación a la siembra tradicional de hilera sencilla, estableciéndose como hipótesis que la siembra a doble hilera propicia mayor rendimiento. El experimento se estableció en “punta de riego”, en Temascalcingo, Estado de México, en 2011. La siembra a hilera sencilla fue a 0.80 m. La doble hilera separada a 0.25 m. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de dos factores, donde el factor A fueron los once materiales de maíz, y el factor B: los dos arreglos de siembra. Las variables medidas fueron: plantas y mazorcas cosechadas, peso de mazorca, peso de 100 granos, longitud y diámetro de mazorca, número de hileras y número de granos por hilera. La esperanza de obtener mejores rendimientos de grano de maíz con el arreglo de siembra a doble hilera no se cumplió para nuevos genotipos mejorados de maíz formados para condiciones de suelos, manejo y clima de Valles Altos en el Estado de México. Por el contrario el híbrido AS-722 obtuvo un mayor rendimiento de grano 8.67 (t ha<sup>-1</sup>) bajo el sistema tradicional de hilera sencilla comparado con el arreglo de siembra a doble hilera (5.99 t ha<sup>-1</sup>), teniendo un decremento en el rendimiento de 2.68 t ha<sup>-1</sup>.

#### Abstract

The objective was to determine the yield level of maize hybrids and varieties released for Valles Altos in planting double rows compared to planting single row, establishing as hypothesis that planting double row favors higher yield. The experiment was set at "end of irrigation" in Temascalcingo, State of Mexico, in 2011. Single row planting was at 0.80 m. Double row separated at 0.25 m. A randomized complete block design with two factors arrangement was used, where factor A were eleven maize materials, and factor B the two planting arrangements. Variables measured were: plants and harvested cobs, cob weight, 100 grain weight, cob length and diameter, number of rows and number of kernels per row. Expecting to obtain better yields with planting double row arrangement did not met for new improved maize genotypes bred for soil conditions, climate and management from Valles Altos in the State of Mexico. Instead hybrid AS-722 obtained a higher grain yield 8.67 (t ha<sup>-1</sup>) under single row compared to double row (5.99 t ha<sup>-1</sup>), with a decrease in yield of 2.68 t ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** *Zea mays* L., planting arrangement, productivity.

\* Recibido: enero de 2015  
Aceptado: abril de 2015

**Palabras clave:** *Zea mays* L., arreglo de siembra, productividad.

## Introducción

En el mundo la producción de grano de maíz fue de 872.9 millones de toneladas en el 2011. Estados Unidos de América es el principal productor con 375.6 millones de toneladas, lo cual representa un 40.8%, seguido por países como China y Brasil con 192.7 y 70 millones de toneladas, respectivamente. México ocupa el séptimo lugar en producción de grano de maíz a nivel mundial; sin embargo, esto no es suficiente pues la demanda interna (32.1 millones de toneladas) tanto para consumo humano y animal, lo ubican como el principal importador de este gran (Turrent, 2009).

Las importaciones de grano de maíz en México comenzaron en la década de 1980, incrementaron de 2.5 millones en 1994 a 8.0 millones en 2010 (Trueba, 2012). La tasa de rendimiento de grano de maíz del 2000 a 2010 en el estado de México fue negativa (-0.32). El rendimiento promedio es de 2.65 t ha<sup>-1</sup> en temporal y de 3.75 t ha<sup>-1</sup> con riego en 2010 (Trueba, 2012). El área dedicada al maíz en los Valles Altos, ubicada entre 2200 a 2700 msnm, cuenta con condiciones de punta de riego, humedad residual o temporal con precipitaciones pluviales favorables, siendo de "muy buena" y "buena productividad", en aproximadamente 700 mil hectáreas (Turrent, 2009). De ésta superficie, 300 mil son factibles de ser sembradas con semilla de híbridos de alto potencial de rendimiento. En esta zona el rendimiento promedio actual es de 3.5 t ha<sup>-1</sup> de grano de maíz, y 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 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Espinosa *et al.*, 2008; Tadeo *et al.*, 2012).

La producción de granos en el estado de México se genera principalmente en los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de Toluca y Atlacomulco en donde se ubica el municipio de Temascalcingo, las cuales comparten una misma región geográfica y poseen condiciones favorables para la producción de maíz (Soria *et al.*, 2004). Los suelos de Valles Altos del Estado de México son bajos en materia orgánica, pH's de ácidos a muy ácidos y con baja fertilidad por lo cual requieren enmienda y fertilización para obtener producciones rentables. El manejo tradicional de los suelos

## Introduction

Corn grain production worldwide was 872.9 million tons in 2011. United States of America is the largest producer with 375.6 million tons, representing 40.8%, followed by countries such as China and Brazil with 192.7 and 70 million tons, respectively. Mexico ranks seventh in corn grain production worldwide; however, this is not enough as domestic demand is 32.1 million tons for both human and animal consumption, placing it as the main importer of this grain (Turrent, 2009).

Corn grain imports in Mexico began in the eighties, increasing from 2.5 million in 1994 to 8.0 million in 2010 (Trueba, 2012). The rate of corn grain yield from 2000 to 2010 in the state of Mexico was negative (-0.32). The average yield is 2.65 t ha<sup>-1</sup> under rainfed and 3.75 t ha<sup>-1</sup> under irrigation in 2010 (Trueba, 2012). The area planted with corn in Valles Altos, located between 2200-2700 masl, counts with end irrigation conditions, residual moisture or rainfed with favorable rainfall, being "very good" and "good productivity", in approximately 700 000 hectares (Turrent 2009). Of this surface, 300 000 are feasible to be planted with high yield potential hybrid seed. In this area the current average yield is 3.5 t ha<sup>-1</sup> corn grain, and can be raised to at least 6 t ha<sup>-1</sup>, if improved seeds and production technology developed by the National Research Institute used Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP) (Espinosa *et al.*, 2008; Tadeo *et al.*, 2012) are used.

Grain production in the state of Mexico is mainly generated in the Rural Development Districts (DDR) from Toluca and Atlacomulco where the municipality of Temascalcingo, is located, that share the same geographical region and possess favorable conditions for maize production (Soria *et al.*, 2004). The soil from Valles Altos in the State of Mexico are low in organic matter, pH range from acid to very acid and low fertility which require soil amendment and fertilization for profitable production. Traditional land management is under conventional tillage and planting single row at 0.80 m with densities of 60,000 corn seeds per hectare (Zamudio *et al.*, 2012).

The government from the State of Mexico since 2012 adopted programs of "high yield corn" operated in Jalisco and Puebla, in previous years. In 2014 the goal is 50 thousand hectares to reach in mid-term 100 000 from 500 000 hectares currently cultivated. For this, it promotes good management practices,

es con labranza convencional y siembras a hilera sencilla a 0.80 m con densidades de siembra de maíz de 60 mil semillas por hectárea (Zamudio *et al.*, 2012).

El gobierno del Estado de México desde el 2012 adoptó programas de “alto rendimiento de maíz” operados en Jalisco y Puebla, en años anteriores. En 2014 se tiene la meta en 50 mil hectáreas del alcance de 100 mil a mediano plazo de las 500 mil hectáreas hoy cultivadas. Para ello, promueve buenas prácticas de manejo, entre ellas, mayores densidades de siembra con uso de híbridos, enmienda de suelo, nutrición vegetal y la compra de equipo de siembra a doble hilera, entre otros incentivos. La información publicada de la siembra de maíz a doble hilera es insuficiente, contradictoria y polémica en cuanto a rendimientos de grano. Así, Karlen y Camp, (1985), señalan que en el caso de siembra a doble hilera hay una mejor distribución de las plantas que incrementa el área explorada por las raíces, llegando a observar 44.5% de la superficie en comparación con el surco simple que solo cubre 14.4% de la superficie.

Por otra parte, Hodges y Evans (1990) estimaron un incremento en el rendimiento de 4.7% a 6.2% al reducir la distancia entre surcos de 0.76 m a 0.38 m. Laurer (1996) menciona ventajas de usar el sistema de siembra de surcos estrechos y doble hilera en maíz como un mejor control de las malezas al reducir la distancia entre surcos y permitir el cierre más rápido y más sombreado, uso de menos agua que se pierde por evaporación por menos incidencia de luz solar directa a la superficie del suelo a principios de temporada y por consecuencia periodos más largos de riego; una separación más equidistante entre plantas ayuda a minimizar la competencia entre las plantas por agua, nutrientes y luz. Estos beneficios crean un potencial para incrementar el rendimiento (Nielsen, 1997).

Por su parte Farnham, (2001), menciona que los híbridos precoces rinden menos que los de ciclo tardío cuando se reduce la distancia entre surcos ya que el maíz de maduración temprana o precoz produce menos hojas y requiere menos tiempo para llegar a la floración femenina, lo que se traduce en menos área foliar disponible para interceptar la luz solar. Widdicombe y Thelen (2002), citado por Reta *et al.* (2007); mencionan que el mayor rendimiento de grano de maíz en surcos estrechos ha sido relacionado con un incremento en el índice de área foliar y la eficiencia de intercepción de radiación solar por unidad de área foliar. Los materiales genéticos parecen desempeñar un papel importante en el éxito de la implementación de plantaciones en doble hilera;

including higher plant densities with use of hybrid, soil amendment, plant nutrition and purchase of equipment for planting double rows, among other incentives. The information published from corn planting double rows is insufficient, contradictory and controversial in terms of grain yield. So, Karlen and Camp (1985) indicate that planting double row has a better distribution of plants, increasing the area explored by the roots, reaching 44.5% of the surface compared with single row that covers only 14.4% of the surface.

Moreover, Hodges and Evans (1990) estimated an increase in yield of 4.7% to 6.2% by reducing the distance between rows from 0.76 m to 0.38 m. Laurer (1996) mentions the benefits of using the plating system of narrow rows and double row in corn as a better weed control by reducing the distance between rows, allowing faster closure and more shaded, using less water reducing losses by evaporation due to less incidence of direct sunlight to soil surface at the beginning of the season and therefore longer periods of irrigation; a more equidistant plant spacing helps to minimize competition between plants for water, nutrients and light. These benefits create a potential to increase yield (Nielsen, 1997).

Farnham (2001) mentions that early hybrids yield less than late-cycle when the distance between rows is reduced since early corn maturity produces less leaves and requires less time to reach flowering, which results in less leaf area available for light interception. Widdicombe and Thelen (2002), cited by Reta *et al.* (2007), mentions that higher corn grain yield in narrow rows has been linked to an increase in leaf area index and light interception efficiency per leaf area unit. Genetic materials seem to play an important role in the successful implementation of plantations double row; and maize response to a decrease in distance between rows may vary according to environmental conditions and genotype adaptability (Rivera *et al.*, 2007).

Corn grain yield in double row was higher than for single row (10 398 kg ha<sup>-1</sup> and 9 986 kg ha<sup>-1</sup>). The difference represented 4% more of grain for double rows (Gozubenli *et al.*, 2004). In addition, the authors found that grain yield increases when plant density increases up to 90 000 plants ha<sup>-1</sup> and decreases with higher densities.

The efficient use of nitrogen for corn can be enhanced with an optimal plant density and reducing the distance between rows and increases grain yield, this hypothesis was raised in

y la respuesta del maíz a la disminución de la distancia entre surcos puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales y a la adaptabilidad de los genotipos (Rivera *et al.*, 2007).

El rendimiento de grano de maíz para hilera doble fue mayor que para hilera sencilla (10 398 kg ha<sup>-1</sup> y 9 986 kg ha<sup>-1</sup>). La diferencia representó 4% más de grano a favor de la siembra a doble hilera (Gozubenli *et al.*, 2004). Además, los autores encontraron que el rendimiento de grano se incrementa con el aumento de las densidades de plantas hasta 90 000 plantas ha<sup>-1</sup>; y disminuye con densidades superiores.

El uso eficiente del nitrógeno para el maíz se puede mejorar con una óptima densidad de plantas y la reducción de la distancia entre surcos y aumenta los rendimientos de grano de maíz, esta hipótesis fue planteada en el norte de Nebraska, donde se realizaron estudios durante tres años consecutivos para comparar los efectos de espacios entre surcos (0.76 m vs 0.51 m). Los resultados encontrados fueron: el rendimiento de grano no fue afectado por el aumento de la densidad de plantas por encima de 61 800 plantas ha<sup>-1</sup>, pero si aumentó 4% más el rendimiento de grano cuando se redujo la distancia entre surcos a 0.51 m. Con una aplicación de 252 kg N ha<sup>-1</sup> hubo un aumento de 22% más en la producción de biomasa (Shapiro y Wortmann, 2006).

La siembra a doble hilera en maíz podría representar una opción viable para incrementar los rendimientos unitarios de grano por hectárea en el estado de Sinaloa, pero esto podría ser válido sólo para ciertos genotipos (Luque, 2009). Ante estos planteamientos se consideró conveniente establecer como objetivo en esta investigación, determinar el nivel de producción de nuevos híbridos y variedades de maíz grano liberados para Valles Altos en siembra a doble hilera en comparación a la siembra tradicional de hilera sencilla, estableciéndose como hipótesis que la siembra a doble hilera propicia mayor rendimiento.

## Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Temascalcingo, Estado de México, ubicado a 2 372 msnm, el experimento se manejó bajo labranza convencional, se preparó el terreno con arado y dos cruces de rastra. El terreno se regó en abril con 0.15 m de lámina de agua. La siembra a “tierra en punto”

northern Nebraska, where studies were conducted for three consecutive years to compare the effect of space between rows (0.76 m vs 0.51 m). The results were: grain yield was not affected by increasing plant density above 61 800 plants ha<sup>-1</sup>, but increased 4% more grain yield when row spacing was reduced to 0.51 m. With an application of 252 kg N ha<sup>-1</sup> had an increase of 22% in biomass production (Shapiro and Wortmann, 2006).

Corn planting double row could represent a viable option to increase grain yield per hectare in the state of Sinaloa, but this could be valid only for certain genotypes (Luque, 2009). Given these approaches it was considered appropriate to set a objectives in this research, determine the level of production of new hybrids and varieties of corn grain released for Valles Altos in planting double rows compared to single row, establishing the hypothesis that the double row favors higher yield.

## Materials and methods

The study was carried out in the municipality of Temascalcingo, State of Mexico, located at 2 372 masl; the experiment was managed under conventional tillage, land preparation with plow and harrow. The field was irrigated in April with a water layer of 0.15 m. Planting was made in 2011 with seed drills for single and double row, for the rest of the cycle crop moisture depended solely on rainfall, rainfed. During vegetative and reproductive stages, corn received a total of 662 mm of water considering the sum of 150 mm at planting and 512 mm from rain. Rainfall distribution was uneven, as there was a slight drought during the vegetative stage (46 days after planting in V<sub>6-10</sub>) and after two frost in the early morning on September 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> in R<sub>4-5</sub> or cob maturity.

## Soil analysis

Results from soil characteristics with techniques approved by the Mexican Society of Soil Science were: clay texture, 6.5 pH units (slightly acidic), non-saline (0.52 dS m<sup>-1</sup>), poor in organic matter (1.15%), low in N (0.08%, micro-Kjeldahl), high in P (88 mg kg<sup>-1</sup> Bray I), high in K (1.04 cmol kg<sup>-1</sup>, F. Flame), low in Ca<sup>2+</sup> (5.87 cmol kg<sup>-1</sup>, EDTA) and high in Mg<sup>2+</sup> (3.67 cmol kg<sup>-1</sup>, EDTA).

se efectuó en 2011, con sembradoras de precisión para hilera sencilla y doble, el resto del ciclo la fuente de humedad del cultivo dependió únicamente de la precipitación pluvial, lluvia de temporal. El cultivo de maíz recibió durante el ciclo de desarrollo vegetativo y reproductivo un total de 662 mm de lámina de agua al considerar la suma de 150 mm de la punta de riego y 512 mm de lluvia. La distribución de la lluvia fue irregular, ya que hubo ligera sequía en etapa vegetativa (a 46 días después de siembra en  $V_{6-10}$ ) y después de dos heladas en las madrugadas de los días 8 y 9 de septiembre en ( $R_{4-5}$ ) o madurez de mazorca.

### Análisis de suelo

Resultados de características del suelo con técnicas aprobadas por en la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, fueron: textura arcillosa, 6.5 unidades de pH (ligeramente ácido), no salino ( $0.52 \text{ dSm}^{-1}$ ), pobre en materia orgánica (1.15%), bajo en N (0.08%, micro-Kjeldhal), muy alto en P (88  $\text{mg kg}^{-1}$  Bray I), alto en K (1.04  $\text{cmol kg}^{-1}$ , F. Flama), bajo en  $\text{Ca}^{2+}$  (5.87  $\text{cmol kg}^{-1}$ , EDTA) y alto en  $\text{Mg}^{2+}$  (3.67  $\text{cmol kg}^{-1}$ , EDTA).

### Fertilización

Se fertilizó el suelo con la dosis en  $\text{kg ha}^{-1}$  de 180-60-40 de NPK, que se recomienda para condiciones similares en el sitio del trabajo. Esta fertilización se hizo en dos momentos, a la siembra se aplicó la dosis de 80-40-60 de NPK; el N con base a urea (46-00-00), P con fosfato di amónico (18-46-00) y K con cloruro de potasio (00-00-60), y el complemento de 100  $\text{kg ha}^{-1}$  de N con base a urea a los 60 días después de la siembra con inicio lluvias (ligero retraso hasta  $V_{7-8}$ ).

### Densidad de siembra y materiales de semilla de maíz

Los materiales de semilla usados fueron siete híbridos: P1684W, Syn-1806, AS-722, AS-822, AS-823, HC-8, Z-60 y P1832W; y tres variedades o criollos mejorados: Blanco Federación, Amarillo Federación y Amarillo Consucc. Se calibraron las sembradoras para depositar 90 000 semillas por hectárea (se usaron aproximadamente 30  $\text{kg ha}^{-1}$ , bulto y medio, de los diferentes materiales genéticos).

### Variables de estudio

El rendimiento de grano se estimó de acuerdo a dos criterios: 1) edafológico, en donde se "cosecharon los dos surcos centrales de una parcela de 60 metros cuadrados para valorar la variabilidad del terreno; 2) potencial genético,

### Fertilization

Soil was fertilized with a dose in  $\text{kg ha}^{-1}$  of NPK 180-60-40, which is recommended for similar conditions on the study site. This fertilization was made in two stages, sowing dose of NPK 80-40-60; N based on urea (46-00-00), P di ammonium phosphate (18-46-00) and K potassium chloride (00-00-60), and the complement of 100  $\text{kg ha}^{-1}$  N based on urea at 60 days after planting with the start of rainy season (slight delay to  $V_{7-8}$ ).

### Seeding and corn seed material

The materials used were seven hybrids: P1684W, Syn-1806, AS-722, AS-822, AS-823, HC-8, Z-60 and P1832W; and three improved varieties or creoles: Blanco Federación, Amarillo Federación and Amarillo Consucc. Planters were calibrated to deposit 90,000 seeds per hectare (approximately 30  $\text{kg ha}^{-1}$ , one and a half bulk, from the different genetic materials).

### Study variables

Grain yield was estimated according to two criteria: 1) edaphologic, where the two central rows of 60 square meter plot was harvested to assess the variability of the terrain; and 2) genetic potential, five plants with full competition were harvested, in both cases yield was adjusted to 14% moisture. Both criteria were averaged "soil environment with site management" with that of "genetic potential" under the circumstances of the site to obtain data with greater consistency. Also yield components like: harvested plants (number/ha), harvested cobs (number/ha), cob weight (g), 100 grain weight (g), cob length and diameter (mm), row number (rows per cob) and grain number per row.

### Experimental design and analysis

A randomized complete block design with two factor arrangement, where factor A were the eleven maize materials, and factor B the two planting arrangements was used. The statistical model was:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk},$$

Where:  $y_{ijk}$  = value of variable response to level i from factor A, at level j from factor B in repetition k;  $\mu$  = overall mean effect; A = effect from level of factor A (hybrids); B = effect from the level of factor B (planting arrangement);  $AB_{ij}$  =

se cosecharon cinco plantas con competencia completa, en ambos casos el rendimiento se ajustó a 14% de humedad. Se promediaron ambos criterios de: “medio ambiente del suelo con el manejo de sitio” con el de “potencial genético” bajo las circunstancias de dicho sitio, para obtener un dato con mayor consistencia. Además se registraron los componentes de rendimiento como: plantas cosechadas (número/hectárea), mazorcas cosechadas (número/hectárea), peso de mazorca (gramos), peso de 100 granos (gramos), longitud y diámetro de mazorca (mm), número de hileras (hileras por mazorca) y número de granos por hilera.

### Diseño experimental y análisis

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de dos factores, donde el factor A fueron los once materiales de maíz, y el factor B: los dos arreglos de siembra. El modelo estadístico fue:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:  $y_{ijk}$  = valor de variable respuesta al nivel  $i$  del factor A, al nivel  $j$  del factor B en repetición  $k$ ;  $\mu$  = efecto de la media general;  $A_i$  = efecto del nivel del factor A (híbridos);  $B_j$  = efecto del nivel del factor B (arreglo de siembra);  $AB_{ij}$  = efecto de la interacción de los factores AB;  $\varepsilon_{ijk}$  = error experimental con independiente e idéntica con distribución normal con  $(\theta, \sigma^2e)$ ; los datos se analizaron a través de SAS Versión 9.3. Se utilizó la prueba de Tukey (probabilidad menor o igual a 0.05).

### Resultados y discusión

Los análisis de varianza para las diferentes variables en estudio, permitieron detectar que para todas ellas: plantas cosechadas (PC), mazorcas  $ha^{-1}$  (MH), peso de mazorca (PM), diámetro de mazorca (DM), longitud de mazorca (LM), peso de 100 granos (P100G), hileras mazorca $^{-1}$  (HM), granos hilera $^{-1}$  (GH), peso de grano parcela $^{-1}$  (PGP), se detectaron diferencias estadísticas altamente significativas, al 0.01 de probabilidad. Los valores de los coeficientes de variación oscilaron de 11.9% a 4%, que se consideran aceptables para un cultivo como maíz y este tipo de trabajos. Se detectaron diferencias altamente significativas para los efectos particulares de híbridos (H), arreglos de siembra (AS), así como la interacción H x AS.

effect of the interaction of factors AB;  $\varepsilon_{ijk}$  = experimental error independent and identical with normal distribution with  $(\theta, \sigma^2e)$ ; data were analyzed using SAS version 9.3; tukey test (probability less or equal than 0.05).

### Results and discussion

The analysis of variance for the different variables under study allowed to detect that for all of them: harvested plants (PC), cobs  $ha^{-1}$  (MH), cob weight (PM), cob diameter (DM), cob length (LM), 100 grain weight (P100G), cob $^{-1}$  rows (HM), grain per row $^{-1}$  (GH), grain weight plot $^{-1}$  (PGP), highly significant statistical differences were detected at 0.01 probability. The values of the coefficient of variation ranged from 11.9% to 4%, which is considered acceptable for a crop like corn and this type of work. Highly significant differences for particular effects of hybrid (H), planting arrangements (AS), and interaction H x AS were detected.

The overall average number of plants harvested per hectare of 63 545, is considered below the expected for "high yields" intended for the hypothesis of planting in double rows, which is attributed to loss of plants from seeding to establishment. Overall mean of cobs harvested per hectare was 60 841 cobs hectare $^{-1}$ , average 78.53 grams; was associated with "low values" of production components of the cob such as cob diameter (DM), length (LM), 100 grains weight (P100G), rows (HM), grains (GH), grain weight per edaphologic criterion or plot (PGP), grain weight per criterion of genetic potential or 5 plants and the average of the last two criteria = 5 091 t  $ha^{-1}$ .

Soil factors and management added to adverse weather conditions from September, which began with heavy rain that presaged the absence of frost; but uncharacteristically freezing temperatures, occurred in the early hours of September 8<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> and afterwards rains completely stopped. The low temperature and low humidity, affected grain filling in the cob, especially the apical part of the cob, producing a reduction in grain weight, which probably depended differentially, based on vigor and reserves of the genotypes (Shapiro and Wortmann, 2006; Zamudio *et al.*, 2012).

For PM variable, means comparison defined four significance groups, the highest PM average in grams, located on the first group of significance was for hybrid AS-722 (107.6

La media general de número de plantas cosechadas por hectárea de 63 545, se considera por debajo de la expectativa para obtener “altos rendimientos” pretendidos con la hipótesis de trabajo de siembra a doble hilera, lo que se atribuye a pérdida de plantas desde siembra al establecimiento final. La media general de mazorcas cosechadas por hectárea fue de 60 841 mazorcas hectárea<sup>-1</sup>, el promedio de 78.53 gramos; se asoció a “bajos valores” de los componentes de la producción de la mazorca como son diámetro de mazorca (DM), longitud (LM), peso de 100 granos (P100G), hileras (HM), granos (GH), peso de grano por criterio edafológico o parcela (PGP), peso de grano por criterio de potencial genético o 5 plantas y el promedio de estos dos últimos criterios= 5 091 t ha<sup>-1</sup>.

A los factores de suelo y manejo se añade la condición de clima adverso del mes de septiembre, el cual inició con abundante lluvia que presagió ausencia de heladas; pero atípicamente ocurrieron temperaturas de congelación en las madrugadas de los días 8 y 9 de septiembre, y después las lluvias cesaron totalmente. Esta circunstancia, baja temperatura y escasa humedad, provocó que el llenado de grano en las mazorcas fuese afectado, en especial la parte apical de las mazorcas, con lo cual el peso de grano cosechado se redujo, lo que seguramente dependió de manera diferencial, con base al vigor y reservas de los genotipos (Shapiro y Wortmann, 2006; Zamudio *et al.*, 2012).

Para la variable PM, la comparación de medias definió cuatro grupos de significancia, el mayor PM numérico promedio en gramos, ubicado en el primer grupo de significancia, fue para el híbrido AS-722 (107.6 a), seguida por un grupo amplio de genotipos, que también estuvieron en ese grupo, en contraste, el genotipo que presentó menor PM fue P1832W con sólo 57.62 g, por lo que se ubicó en el último grupo. Los valores de LM y DM se deben tanto a factores genéticos, es decir de los propios híbridos, como al manejo agronómico y condiciones que prevalecieron en el trabajo. Así, se definieron cuatro grupos de significancia, destacando en la variable LM el híbrido AS-823 con 16.29 cm, que contrasta con el híbrido Syn-1806, el cual presentó el valor más bajo (12.34 cm); Para la variable DM se definieron cinco grupos de significancia, el AS-722 (43.6) y el Amarillo CONSSUC (42.9), exhibieron los valores más altos, en cambio el híbrido HC-8, presentó el DM más pequeño con sólo 38.4 mm (Cuadro 1).

La expresión de componentes de rendimiento de grano como son NH, GH y P100G también fueron relativamente bajos (Cuadro 1). Así, el híbrido AS-822 tuvo mayor NH

a), followed by a large group of genotypes, that were also in that group, in contrast, the genotype that showed lower PM was P1832W with 57.62 g, placing it in the last group. The values of LM and DM are due to genetic factors, i.e. hybrids themselves, agricultural management and conditions that prevailed during the study. Thus, four groups of significance were defined, highlighting LM variable, the hybrid AS-823 with 16.29 cm, which contrasts with hybrid Syn-1806, that had the lowest value (12.34 cm); for DM Variable five groups of significance were defined, AS-722 (43.6) and Amarillo CONSSUC (42.9), showed higher values, whereas hybrid HC-8 had the lowest DM with 38.4 mm (Table 1).

The expression of grain yield components such as NH, GH and P100G were also relatively low (Table 1). Thus, hybrid AS-822 had higher NH per cob (15.7 a) compared to HC-8 and AS-823 (13.2 c and 13.4 c, NH respectively). Improved creole Amarillo CONSSUC seemed to be the best adapted to frost conditions during cob maturity; as it managed to fill more GH averaging 29.5 (a); and this variable, although there was a gradual significance in the order of Z-60 (28.6 ab), Amarillo Federacion (28.1 abc), Syn -1806 (27.3 abcd), AS-722 (27.2 abcde); the previous four hybrids have the same letter, which ranks them as statistically similar and are different to genotype P1684W with only 23.5 (f significance).

The values of denser grain; i.e. higher value in variable P100G, corresponded to genotypes: Blanco Federacion with 32.95 grams, with significance (a), followed by AS-722 (32.17 ab), P1684W (31.39 ab), Syn-1806 (31.18 ab) and Amarillo Federacion (30.77 ab), all of these located in the same group of significance; which contrast with "lighter" grain from P1832W with 21.37 grams in P100G (significance "d"). Dough and corn tortilla industry requires corn of medium to large size; it has been found that the interaction of hybrid and agro-climatic conditions of the place affect jointly and differentially in the physical characteristics of the grain, so much, that corn tortilla industry prefers corn with a P100G above 33 g.

The above indicates that Blanco Federacion (32.95 grams), hybrid AS-722 (32.17 grams), hybrid P1684W (31.39 grams), Syn-1806 (31.18 grams) and Amarillo Federacion (30.77 grams), with P100G values close to the level of acceptance, in the understanding that in this study, these values may have been affected by the frost and low moisture during grain filling (Zamudio *et al.*, 2012), most likely these

por mazorca (15.7 a) en comparación a HC-8 y AS-823 (13.2 c y 13.4 c, NH respectivamente). El criollo mejorado Amarillo CONSSUC al parecer fue el mejor adaptado a una condición de helada durante la madurez de la mazorca; ya que logró llenar más GH en promedio de 29.5 (a); y en esta variable si bien existió una gradualidad de significancia en el orden de Z-60 (28.6 ab), Amarillo Federación (28.1 abc), Syn -1806 (27.3 abcd), AS-722 (27.2 abcde); los cuatro híbridos anteriores, poseen una misma letra, que los ubica como similares estadísticamente y son diferentes con el genotipo P1684W con sólo 23.5 (significancia f).

genotypes would be located as materials that would be accepted within maize that dough and corn tortilla industry demand and could count with assistance in marketing (Gonzalez *et al.*, 2007; Vázquez *et al.*, 2012).

The variation of the results from the components is likely to be related with the production of this study, allow to observe values in the different genotypes of this study, these data show phenotypic diversity for maize varieties and hybrids in Toluca Valley - Atlacomulco, Mexico which are probably different to a great amount of genotypes used in the

**Cuadro 1. Comparación de medias al agrupar los datos del arreglo se siembra (AS) para las características morfológicas de la mazorca evaluadas en 11 genotipos de maíz en Temascalcingo, Estado de México. Ciclo primavera verano, 2011.**  
**Table 1. Mean comparison by grouping data from planting arrangement (AS) for morphological characteristics of cobs evaluated in 11 maize genotypes in Temascalcingo, State of Mexico. Spring Summer, 2011 cycle.**

Híbrido/variedad	PM g	LM cm	DM cm	HM N°	GH N°	P100G G
Syn-1806	80.61 bc	12.34 e	41.4 abcd	13.7 bc	27.3 abcd	31.18 ab
P1684W	77.85 bc	12.73 de	39.4 cde	13.9 bc	23.5 f	31.39 ab
AS-822	83.71 b	14.21 bc	39.8 bcde	15.7 a	25.0 def	28.64 bc
HC-8	80.41 bc	14.53 bc	38.4 e	13.2 c	25.5 cdef	28.30 bc
AS-823	73.66 c	16.29 a	38.8 de	13.4 c	26.5 bcde	30.38 abc
Z-60	74.74 bc	14.33 bc	39.5 cde	13.6 bc	28.6 ab	28.29 bc
AS-722	107.63 a	13.49 cd	43.6 a	14.4 b	27.2 abcde	32.17 ab
P1832W	57.62 d	14.05 bc	39.5 cde	13.9 bc	26.6 bcde	21.53 d
Amarillo Federación	76.95 bc	14.94 b	42.3 ab	13.9 bc	28.1 abc	30.77 ab
Blanco Federación	75.83 bc	13.71 cd	41.9 abc	14.0 bc	24.4 ef	32.95 a
Amarillo Consucc	74.90 bc	14.99 b	42.9 a	13.9 bc	29.5 a	26.37 c
Media	78.5	14.14	40.7	13.9	26.5	29.27
CV	7.54	4.68	4.02	4.36	6.30	8.50
DMS	9.87	1.103	2.730	1.02	2.79	4.15

£Medias seguidas con la misma letra en cada columna en una variable, son significativamente iguales (Tukey,  $p=0.05$ ); peso de mazorca (PM); longitud de mazorca (LM); diámetro de mazorca (DM); número de hileras por mazorca (HM); número de granos por hilera (GH) y peso de 100 granos (P100G).

Los valores de grano más denso; es decir, con mayor valor en la variable P100G, correspondieron a los genotipos: criollo Blanco Federación con 32.95 gramos, con significancia (a), seguido por AS-722 (32.17 ab), P1684W (31.39 ab), Syn-1806 (31.18 ab) Amarillo Federación (30.77 ab), todos ellos ubicados en el mismo grupo de significancia; los cuales contrastan con el grano más “liviano” de P1832W con solo 21.37 gramos en P100G (significancia “d”). La industria de la masa y la tortilla requiere maíces de tamaño mediano a grande, se ha encontrado que la interacción del híbrido y las condiciones agroclimáticas del lugar influyen conjuntamente y de manera diferencial en las características físicas del grano, tal es así, que las industrias de la tortilla prefieren maíces con un P100G por arriba de los 33 g.

study zone (Gonzalez *et al.*, 2007; Trueba, 2012); for topological aspects of management by planting arrangements (Reta *et al.*, 2007; Rivera *et al.*, 2007); and by the nature of soil properties (Reta *et al.*, 2007).

These results also show that is likely that there are differences in the origin and formation of the genetic basis of the lines from the different hybrid, which is entirely deductible since they come from different seed companies (Asgrow, Pioneer, ASPROS, Consucc, Federacion de Productores), besides the effect and possible interaction with weather conditions during the growing season. In this paper, it is generally considered that there was low productivity, which was due to adverse environmental conditions of low



(Vázquez *et al.*, 2012), lo anterior señala que la variedad denominada Criollo Blanco Federación (32.95 gramos), el híbrido AS-722 (32.17 gramos), el híbrido P1684W (31.39 gramos), Syn-1806 (31.18 gramos) y Amarillo Federación (30.77 gramos), con los valores de P100G muy cercanos al nivel de aceptación, en el entendido que en este trabajo, estos valores pudieron haber sido afectados por la incidencia de heladas y escasa humedad en el llenado de grano (Zamudio *et al.*, 2012), muy probablemente estos genotipos se ubicarían como materiales que serían aceptados dentro de los maíces que demanda la industria de la masa y la tortilla y podrían tener facilidad en la comercialización (González *et al.*, 2007; Vázquez *et al.*, 2012).

La variación de los resultados de los componentes que seguramente tienen relación con la producción de este estudio, permiten observar valores de los diferentes genotipos de este estudio, estos datos muestran la diversidad fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el Valle Toluca - Atlacomulco, México, los cuales son diferentes probablemente a una gran cantidad de genotipos que se emplean en la zona referida (González *et al.*, 2007; Trueba, 2012). Por aspectos de manejo por arreglos topológicos de siembra (Reta *et al.*, 2007; Rivera *et al.*, 2007); así como por la naturaleza de las propiedades del suelo (Reta *et al.*, 2007).

Asimismo, estos resultados muestran que muy probablemente existen diferencias en el origen y conformación de la base genética de las líneas de los diferentes híbridos, lo que es perfectamente deducible ya que proceden de diferentes empresas de semillas (Asgrow, Pioneer, ASPROS, Consucc, Federación de Productores), además del efecto y probable interacción con las condiciones climáticas durante el desarrollo del cultivo. En este trabajo, en general se considera que hubo baja productividad de los genotipos de maíz, lo que se debió a las condiciones ambientales adversas de escasa humedad, así como las heladas tempranas que indudablemente afectaron el rendimiento, por lo tanto la factibilidad para incrementar los rendimientos sin considerar las condiciones ambientales impredecibles, está supeditada en 60% al potencial genético del híbrido o de la variedad a sembrar y 40% a las prácticas de manejo de cultivo (Espinosa *et al.*, 2008).

En el Cuadro 2, se observa que existió diferencia altamente significativa en el número de plantas y mazorcas a la cosecha. Se distingue que los mayores valores fueron para el conjunto de híbridos en comparación a las variedades criollas mejoradas, ambos grupos, se separan con claridad al final de la primera columna, el híbrido P1832W así como

humidity and early frosts which undoubtedly affected yield, therefore the feasibility to increase yields without considering the unpredictable environmental conditions, is subjected, 60% to genetic potential of the hybrid or variety to plant and 40% to crop management (Espinosa *et al.*, 2008).

Table 2 shows that there were highly significant differences in number of plants and harvested cobs. It is observed that the highest values were for hybrids compared to improved creole varieties, both groups, clearly separate at the end of the first column, hybrid P1832W as well as improved varieties were in the last group of significance. Hybrids with the highest number of plants harvested in plants ha<sup>-1</sup> were Syn-1806 and P1684W; against the minimum population density with significance letter "e", Amarrillo Consucc. Indicating that the materials used in this test probably had different viability and vigor from seed or perhaps the type of plate of the seeder, size and shape of the seed, soil properties, etc., and thus the differences in field establishment, which results in ground cover, which is a cause of low yields (Trueba, 2012).

Population density is the first yield component, is an element that is being evaluated, so it must have control of it, the wide variation that occurred in the experiment, undoubtedly is reflected in yield. So, it is necessary to be precautionary when making comparisons and conclusions for future work, more as planned population density was not met. It is convenient to take into account this to analyze information and draw conclusions. The average density reported in Table 2, is about 5% higher than the population density in single row which is 60 000, same as mentioned in the introduction (Zamudio *et al.*, 2012).

Therefore, in future works, is necessary to assess properly the seed for planting, to ensure viability, vigor, i.e. quality that favors good establishment from the different varieties (Espinosa *et al.*, 2008; Trueba, 2012). In this paper, lower plants harvested was associated to a lower number of cobs harvested per hectare (Table 2, column 2); as the significance of the letters separated by Tukey test at 5% repeated. Under this premise, the hope of achieving high yield potential combined with adversity of production factors soil-climate; prefigure the hypothesis of planting double row has low probability of success under similar conditions to those that occurred during this study and which are common in Valles Altos from the State of Mexico (Barbieri *et al.*, 2000).

It is considered based on the results, that at the beginning the strategy of planting double rows, in this paper, cannot be shown as a relevant factor to double the current average

las variedades criollas mejoradas se ubicaron en el último grupo de significancia. Los híbridos con mayor número de plantas cosechadas en plantas ha<sup>-1</sup>, fueron Syn-1806 y P1684W; contra el valor mínimo de densidad de población con letra significancia “e”, el material Amarillo Consucc. Lo cual indica que los materiales utilizados en esta pruebas probablemente tuvieron diferente viabilidad y vigor desde la semilla, o bien tipo de platos de la sembradora, tamaño y forma de la semilla, propiedades del suelo, etc., y con ello diferencias en el establecimiento en campo, lo que repercute en cubrir el terreno, lo que es una de las causas de los bajos rendimientos (Trueba, 2012).

of 3.5 t ha<sup>-1</sup> of corn grain production in the 300 000 ha of good potential, (Turrent, 2009). The research must continue not only with planting improved seeds (Tadeo *et al.*, 2012), but also integrate better farming practices to production technologies according to weather conditions and specific site (Barbieri *et al.*, 2000; Espinosa *et al.*, 2008 and Zamudio *et al.*, 2012). The fact of doubling population density, even when it cannot be proved in this work, for the final population density, could be noted that it would not mean to double yields. Parallel to the increase in population density, it would have to adjust other agricultural practices and undoubtedly consider the edapho-climatic variability in the region.

**Cuadro 2. Comparación de medias  $\bar{x}$  al agrupar los datos del arreglo de siembra (AS) para plantas y mazorcas cosechadas, y rendimientos de grano por dos criterios de cosecha en 11 genotipos de maíz en Temascalcingo, Estado de México. Ciclo primavera verano, 2011.**

**Table 2. Mean comparison  $\bar{x}$  by grouping data from planting arrangement (AS) for plants and cobs harvested and grain yields for two harvest criteria in 11 maize genotypes in Temascalcingo, State of Mexico. Spring Summer 2011, cycle.**

Híbrido/variedad	Núm. plantas cosechadas (plantas ha <sup>-1</sup> )	Núm. mazorcas (mazorcas ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento grano por parcela útil (t ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento grano potencial genético (t ha <sup>-1</sup> )
Syn-1806	<b>79 250 a</b>	<b>74 750 a</b>	<b>6.06 a</b>	<b>7.28 a</b>
P1684W	<b>71 500 ab</b>	71 250 b	5.09 bc	6.06 bc
AS-822	70 750 b	68 500 b	5.01 bc	5.55 bcd
HC-8	70 750 b	<b>72 750 ab</b>	5.69 ab	6.39 ab
AS-823	66 750 bc	66 500 bc	4.47 cd	4.81 de
Z-60	62 000 cd	56 500 cd	4.05 de	5.22 cde
AS-722	61 000 cd	58 250 cd	<b>6.07 a</b>	<b>7.33 a</b>
P1832W	54 500 de	50 250 de	2.63 f	4.14 e
Amar. Federación	55 750 de	51 250 de	3.97 de	4.89 de
Blanco Federación	55 000 de	53 250 de	3.84 de	5.22 cde
Amar. Consucc	51 750 e	46 000 e	3.46 e	4.66 de
Media	63 545	60 841	4.58	4.14
CV	8.01	6.83	9.19	5.60
DMS	849	6 931	0.70	11.93

£Medias con la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales (Tukey  $p=0.05$ ). DMS= diferencia mínima significativa; C.V.= coeficiente de variación.

La densidad de población es el primer componente de rendimiento, es un elemento que se está evaluando, por lo que se debe tener control de él, la amplia variación que se presentó en el experimento, indudablemente se ve reflejado en el rendimiento. Así, que es necesario tener precaución al hacer comparaciones y conclusiones, para futuros trabajos, más dado que la densidad de población planeada no se cumplió. Es conveniente tener en cuenta eso para analizar la información y hacer conclusiones. La densidad promedio reportada en el Cuadro 2, es aproximadamente 5% superior a la densidad de población en hilera simple que es de 60 mil, misma que citan en la introducción (Zamudio *et al.*, 2012).

When increasing population density should take into account the minimum nutritional needs and consider the yield to achieve and that by increasing population density there is greater demand for nutrients and therefore the efficiency of nutrients use is affected. It has been estimated in other studies, an increase in yield of 4.7% to 6.2% by reducing the distance between rows from 0.76 m to 0.38 m, corn grain yield for double row (10,398 kg ha<sup>-1</sup>) was higher than for single row (9,986 kg ha<sup>-1</sup>) (Hodges and Evans, 1990). The difference represented 4% more grain in favor of planting double rows (Gozubenli *et al.*, 2004). Based on the above, it could not be expected that yields would be doubled by using double row regarding to single row.

Por lo anterior, en futuros trabajos, es necesario se califique adecuadamente la semilla para siembra, para asegurar viabilidad, vigor, es decir calidad que propicie buen establecimiento de plantas de las diferentes variedades (Espinosa *et al.*, 2008; Trueba, 2012). En este trabajo, menor número de plantas cosechadas se asoció a un menor número de mazorcas cosechadas por hectárea (Cuadro 2, columna 2); ya que se repitieron las significancia de las letras separadas por la Prueba de Tukey al 5%. Bajo esta premisa, la esperanza de lograr alto potencial de rendimiento sumado a adversidad de factores de producción de suelo-clima; prefiguran la hipótesis de la siembra a doble hilera es de baja probabilidad de éxito en condiciones similares a las que ocurrieron en esta investigación y que son frecuentes en Valles Altos del Estado de México (Barbieri *et al.*, 2000).

Se considera con base en los resultados, que en principio la estrategia de la siembra a doble hilera, en este trabajo, no puede mostrarse como factor relevante para duplicar el promedio actual de 3.5 t ha<sup>-1</sup> de producción de grano de maíz en las 300 000 ha de buen potencial, (Turrent, 2009). Debe profundizarse la investigación no sólo con la siembra de semillas mejoradas (Tadeo *et al.*, 2012), sino además integrar las mejores prácticas agrícolas a la tecnología de producción de acuerdo a las condiciones de clima y sitio específico (Barbieri *et al.*, 2000; Espinosa *et al.*, 2008 y Zamudio *et al.*, 2012). El hecho de duplicar la densidad de población, aun cuando no puede probarse en este trabajo, por las densidades de población finales, podría señalarse que no implicaría duplicar rendimientos. Paralelo al incremento en la densidad de población, se tendrían que ajustar otras prácticas agrícolas e indudablemente tener en cuenta la variabilidad edafo-climática de la región.

Al incrementar la densidad de población se debe tener en cuenta las necesidades nutrimentales mínimas, y tomar en cuenta la meta de rendimiento a alcanzar, ya que al aumentar la densidad de población existe una mayor demanda de nutrientes y por lo tanto la eficiencia del uso de nutrientes se ve afectada. Se ha estimado en otros trabajos, un incremento en el rendimiento de 4.7% a 6.2% al reducir la distancia entre surcos de 0.76 m a 0.38 m, el rendimiento de grano de maíz para hilera doble (10 398 kg ha<sup>-1</sup>), fue mayor que para hilera sencilla (9 986 kg ha<sup>-1</sup>) (Hodges y Evans, 1990). La diferencia representó 4% más de grano a favor de la siembra a doble hilera (Gozubenli *et al.*, 2004). Con base en lo anterior, no podría esperarse que se duplicarían los rendimientos por emplear doble hilera con respecto a hilera simple.

In Table 3, the effect of interactions from 22 hybrids (H) x planting arrangement (AS) with measurement criteria of 60 m<sup>2</sup> plot or edaphologic in columns 1 and 2 is observed; and measuring the genetic potential grain yield of five fully competitive plants (columns 3 and 4). The edaphologic criterion considers more realistic the value of harvest compared to the results from the commercial plot of the farmer, but it is interesting to evaluate the "genetic potential" under the two planting arrangements by measuring five plants with full competition.

In principle, with planting single row (HS= 1) with both harvest criteria, grain yields in t ha<sup>-1</sup> statistically similar were obtained to hybrid AS-722 (6.50 "a" of edaphologic criteria and 8.67 "a" of genetic potential criteria) and Syn-1806 (6.08 "a" of edaphologic criteria and 7.86 "ab" of genetic potential criteria). These four data do not support the proposition that planting double row increases grain yield potential. It would be more precise to assess whether if differences existed when the hypothesis of difference is met in negative terms. The question is solved by comparing vertically against the same hybrid but for the arrangement double row (DH= 2).

In the case of AS-722 the arrangement double-row HD with number 2, exhibited in the fifth line yield in t ha<sup>-1</sup> for the edaphological criteria. In a similar way for the same genotype AS-722 but for the criteria genetic potential is identified for planting double rows the yield in t ha<sup>-1</sup> of 5.99 and significance "cdef" therefore it is deduced that this hybrid depressed its yield potential in 2.68 t ha<sup>-1</sup> for grain when planted in double rows. Similarly in previous results occurred for hybrid Syn 1806 in single row HS, for the edaphological criteria yield was (6.08 ab) and genetic potential criteria was (7.86 ab); when compared with their respective columns in double row HD for edaphological criteria (6.03 ab) and genetic potential (6.68 bc) even when the value is less than 1.18 t ha<sup>-1</sup>; it is deduced that there is no statistical difference under any circumstance of planting arrangement and evaluation criteria of harvest.

By comparing each genotype in planting modality HS vs HD for both measuring criteria of edaphological harvest and genetic potential is observed a higher yield for hybrid P1832W under the topological arrangement double row (3.31 t ha<sup>-1</sup>) as it showed an increase in yield of 41% regarding to single row (1.94 t ha<sup>-1</sup>) for edaphological criteria; however, this difference must be reviewed carefully, given the low yields.

En el Cuadro 3, se observa el efecto de las 22 interacciones de híbridos (H) x arreglo de siembra (AS) con los criterios de medición de parcela de 60 m<sup>2</sup> o edafológico en las columnas 1 y 2; así como el potencial genético al medir rendimiento de grano de cinco plantas con competencia completa (columnas 3 y 4). El criterio edafológico se considera más realista el valor de cosecha al comparar con los resultados de la parcela comercial del agricultor, pero resulta de interés valorar el “potencial genético” bajo los dos arreglos de siembra al medir cinco plantas con competencia completa.

This favorable judgment to planting double row from P1832W with edaphological harvest criteria lacks consistency by considering null response of yield to planting arrangement with genetic potential criteria (HS= 3.91 "g" vs HD= 4.38 "fg").

Finally, is worth noting hybrid HC-8 of short height promoted for high density and good agronomic management conditions; identified for edaphological criteria by comparing HD= 6.05 "ab" vs HS= 5.34 "bc" (numerical difference of 0.71 t ha<sup>-1</sup> of grain); for genetic potential criteria

**Cuadro 3. Comparación<sup>§</sup> de la producción de grano por 22 interacciones de once híbridos de maíz con dos arreglos de siembra (AS) de hilera sencilla (HS= 1) e hilera doble (HD= 2) por dos criterios de cosecha, edafológico vs genético en Temascalcingo, Estado de México.**

**Table 3. Comparison<sup>§</sup> of grain production for 22 interactions from eleven corn hybrids with two planting arrangements (AS) single row (HS= 1) and double row (HD= 2) by two harvest criteria, edaphological vs genetic in Temascalcingo, State of Mexico.**

Criterio de parcela útil o edafológico				Criterio de plantas o “potencial genético”			
Híbrido	AS	t ha <sup>-1</sup>		Híbrido	AS	t ha <sup>-1</sup>	
AS-722	1	6.50	A	AS-722	1	8.67	a
Syn-1806	1	6.08	Ab	Syn-1806	1	7.86	ab
HC-8	2	6.05	Ab	Syn-1806	2	6.68	bc
Syn-1806	2	6.03	Ab	P1684W	2	6.56	bcd
AS-722	2	5.65	Abc	HC-8	2	6.53	bcd
HC-8	1	5.34	Bc	P1684W	1	6.21	bcde
AS-822	1	5.20	Bcd	AS-822	1	6.18	bcde
P1684W	1	5.11	Bcd	AS-722	2	5.99	cdef
P1684W	2	5.07	Bcde	HC-8	1	5.60	cdefg
AS-822	2	4.82	Cdef	Amarillo Federación	1	5.56	cdefg
AS-823	1	4.77	Cdef	Z-60	1	5.47	cdefg
Z-60	2	4.19	defg	Blanco Federación	2	5.38	cdefg
AS-823	2	4.16	defg	Z-60	2	5.16	cdefg
Amarillo Federación	2	4.11	defgh	AS-823	1	5.09	cdefg
Blanco Federación	2	3.96	efgh	Blanco Federación	1	5.07	cdefg
Amarillo Consucc	2	3.92	fgh	AS-822	2	4.93	cdefg
Z-60	1	3.91	fgh	Amarillo Consucc	1	4.81	defg
Amarillo Federación	1	3.83	fgh	AS-822	1	4.54	efg
Blanco Federación	1	3.72	fgh	Amarillo Consucc	2	4.51	efg
P1832W	2	3.31	gh	P1832W	2	4.38	Fg
Amarillo Consucc	1	3.01	hi	Amarillo Federación	2	4.23	Fg
P1832W	1	1.94	i	P1832W	1	3.91	G
Media		4.58		Media		5.61	
DMS		1.11		DMS		1.77	

§Las medias con la misma letra dentro de la columna son iguales estadísticamente (Tukey,  $p= 0.05$ ). §Según criterio edafológico de parcela cosechada de 60 m<sup>2</sup> y criterio genético de 5 plantas vigorosas con competencia completa.

Por principio, con siembra a hilera simple (HS= 1) con ambos criterios de cosecha se obtuvieron rendimientos de grano en  $t\ ha^{-1}$  estadísticamente similares con los híbridos AS-722 (6.50 "a" de criterio edafológico y 8.67 "a" de criterio potencial genético) y Syn-1806 (6.08 "a" de criterio edafológico y 7.86 "ab" de criterio potencial genético). Estos cuatro datos no apoyan el planteamiento de que la siembra a doble hilera aumenta el potencial de rendimiento de grano. Sería más preciso valorar si existiera diferencia cuando la hipótesis de diferencia se cumple en términos negativos. Se resuelve la pregunta al comparar verticalmente contra el mismo híbrido pero para el arreglo a doble hilera (DH= 2).

En el caso de AS-722 el arreglo de doble hilera HD con el número 2, exhibió en el quinto renglón el rendimiento en  $t\ ha^{-1}$  para el criterio edafológico. En forma similar para el mismo genotipo AS-722 pero para el criterio de potencial genético, se identifica para la siembra a doble hilera el rendimiento en  $t\ ha^{-1}$  de 5.99 y significancia "cdef" por lo cual se deduce este híbrido deprimió su potencial de rendimiento en  $2.68\ t\ ha^{-1}$  de grano al sembrarse a doble hilera. En el mismo sentido de los resultados anteriores ocurrió para el híbrido Syn 1806 en hilera simple HS, para el criterio edafológico el rendimiento fue de (6.08 ab) y criterio de potencial genético fue de (7.86 ab); al comparar con sus respectivas columnas de hilera doble HD de criterio edafológico (6.03 ab) y potencial genético (6.68 bc) aun cuando el valor es menor a  $1.18\ t\ ha^{-1}$ ; se deduce no existe diferencia estadística bajo ninguna circunstancia de arreglo de siembra y criterio de evaluación de la cosecha.

Al comparar cada genotipo en la modalidad de siembra HS vs HD para ambos criterios de medición de cosecha edafológico y potencial genético se observa para el híbrido P1832W, mayor rendimiento bajo el arreglo topológico de doble hilera ( $3.31\ t\ ha^{-1}$ ), ya que mostró un incremento en el rendimiento de 41% con respecto a la hilera sencilla ( $1.94\ t\ ha^{-1}$ ) para el criterio edafológico; sin embargo, esta diferencia debe revisarse con detenimiento, dados los bajos rendimientos. Este juicio favorable a la siembra a doble hilera del P1832W con criterio de cosecha edafológico carece de consistencia al considerar la nula respuesta de rendimiento al arreglo de siembra con el criterio de potencial genético (HS=  $3.91\ "g"$  vs HD=  $4.38\ "fg"$ ).

Finalmente, merece señalar el híbrido HC-8 de porte bajo promovido para alta densidad y buenas condiciones de manejo agronómico; se identificaron para el criterio

of HD=  $6.53\ "bcd"$  vs HS=  $5.60\ "cdefg"$  (numerical difference of  $0.93\ t\ ha^{-1}$  of grain), differences apparently favorable for planting double rows but without statistical rigor.

The results of this study do not allow supporting the statement that says that planting arrangement in double rows increases grain yield with the hope of allowing the expression of high yield potential of improved maize genotypes for soil and climate conditions from Valles Altos, State of Mexico. Moreover it was found that in genotype AS-722 grain yield in  $t\ ha^{-1}$  for genetic potential criteria with planting double row depressed regarding to the arrangement single row.

These results of not having advantage of planting double row coincide with those published by Nielsen (1997) who found no increases in maize yields with reduced row spacing, and partially agrees to that reported by Luque (2009) who asserts that the arrangement of planting double row in corn is a viable option to increase grain yield per hectare in Sinaloa, but this is true only for certain genotypes, as well as Farnham, (2001) who states that early hybrids yield less than late-cycle when the distance between rows is reduced since early maturity corn produces less leaves and requires less time to silking; and with Widdicombe and Thelen (2002), cited by Reta *et al.*, 2007 pointing out that narrow rows have been linked to an increase in leaf area index and light interception efficiency per leaf area unit.

The data from this study in turn allow to provide a judgment on the arrangement for narrow rows and double row, as only allows very modest increases from low-order to 10% as published from 4.7% to 6.2% by Hodges and Evans (1990) of 4% by Gozubenli *et al.* (2004) of 4% reported by Shapiro and Wortmann (2006), and the Department of Agronomy at Purdue University in the United States, reporting that there was an average increase of 2.7% (Nielsen, 1997); seeding system at DH outperformed in grain yield the traditional system of HS with 25% equivalent to  $1\ 850\ kg\ ha^{-1}$  and from 7 to 20% grain yield (Barbieri *et al.*, 2000).

## Conclusions

Hoping to get better corn grain yields with planting double row did not met for new improved maize genotypes formed to soil conditions, management and conditions from Valles Altos in the State of Mexico. Instead hybrid AS-722 earned a higher grain yield of  $8.67\ (t\ ha^{-1})$  under single row compared to double

edafológico la comparación de HD= 6.05 “ab” vs HS= 5.34 “bc” (diferencia numérica de 0.71 t ha<sup>-1</sup> de grano); para criterio de potencial genético de HD=6.53 “bcd” vs HS=5.60 “cdefg” (diferencia numérica de 0.93 t ha<sup>-1</sup> de grano), aparentemente favorables las diferencias a favor de la siembra a doble hilera pero sin rigor estadístico.

Los resultados del presente estudio no permiten apoyar el planteamiento que señala que el arreglo de siembra a doble hilera aumenta el rendimiento de grano con la esperanza de permitir la expresión de alto potencial de los genotipos mejorados de maíces para suelos y condiciones de clima de Valles Altos del Estado de México. Más aún se encontró que en el genotipo AS-722 el rendimiento de grano en t ha<sup>-1</sup> para el criterio de potencial genético con la siembra a doble hilera se deprimió con respecto al arreglo de siembra a hilera sencilla.

Estos resultados de no tener ventaja de la siembra a doble hilera coinciden con los publicados por Nielsen (1997) quien no encontró aumentos en el rendimiento de maíz con la reducción de espacio entre surcos, y empatan parcialmente con lo publicado por Luque (2009) que asevera que el arreglo de siembra a doble hilera en maíz es una opción viable para incrementar los rendimientos unitarios de grano por hectárea en Sinaloa, pero esto es válido sólo para ciertos genotipos, así como con Farnham, (2001) quien establece que los híbridos precoces rinden menos que los de ciclo tardío cuando se reduce la distancia entre surcos ya que en el maíz de maduración temprana o precoz produce menos hojas y requiere menos tiempo para que la floración femenina; y con Widdicombe y Thelen (2002), citado por Reta *et al.*, 2007; que señalan los surcos estrechos han sido relacionado con un incremento en el índice de área foliar y la eficiencia de intercepción de radiación solar por unidad de área foliar.

Los datos de este estudio a su vez permiten dar un juicio respecto a los arreglos de surcos estrechos y/o doble hilera, ya que sólo permiten aumentos muy modestos del orden menor al 10% como han publicado de 4.7% a 6.2% por Hodges y Evans (1990), de 4% por Gozubenli *et al.* (2004), de 4% reportado por Shapiro y Wortmann (2006), y el departamento de Agronomía de la Universidad de Purdue en Estados Unidos de América, informa que existió un aumento promedio de 2.7% (Nielsen, 1997); el sistema de siembra a DH superó en rendimiento de grano al sistema tradicional de HS con 25% que equivale a 1 850 kg ha<sup>-1</sup> y de 7 al 20% el rendimiento de grano (Barbieri *et al.*, 2000).

rows (5.99 t ha<sup>-1</sup>), with a decrease in yield of 2.68 t ha<sup>-1</sup> for the harvest criteria of genetic vigor. Hybrid AS 722 and Syn 1806 showed higher grain yields under both planting arrangements. Genetic breeding of new corn seeds for Valles Altos should focus on greater tolerance and plasticity in favorable response and adaptation to adverse conditions from Valles Altos, as scarce moisture stages in growth stages and give these varieties better integrated site-specific management like plant nutrition based on fertilization and crop health to raise yields per hectare.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Barbieri, P. A.; Rozas, H. R. S.; Andrade, F. H. and Echeverría, H. E. 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agron. J.* 92: 283-288.
- 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. A. 2008. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias.* 92-93:118-125.
- Farnham, D. E. 2001. Row spacing, plant density, and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agron. J.* 93:1049-1053.
- González, H. A.; Vázquez, L. M.; Sahagún, C. J. y Rodríguez, P. J. E. 2007. Diversidad fenotípica de variedades e híbridos de maíz en el Valle Toluca-Atlaconulco, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(1):67-76.
- Gozubenli, H.; Kilink, M.; Sener, O. and Konuscan, O. 2004. Effects of single and twin row planting on yield and yield components in maize. *Asian J. Plant Sci.* 3(2):203-206.
- Hodges T. and Evans, D. W. 1990. Light interception model for estimating the effects of row spacing on plant competition in maize. *J. Produc. Agric.* 3:190-195.
- Karlen, D. L. and Camp, C. R. 1985. Row spacing, plant population, and water management effects on corn in the Atlantic Coast. *Plan. Agron. J.* 77:393-398.
- Laurer, J. 1996. Planting corn in rows narrower than 30-inches. University of Wisconsin. *Agronomy Advice. Publication. Field Crop.* 28.423-8.
- Luque, S. E. J. 2009. Métodos de siembra una alternativa viable para incrementar la producción de maíz en Sinaloa. Folleto fundación Produce Sinaloa. Sinaloa, México. <http://www.fps.org.mx/divulgacion/attachments/article/838/Metodos%20de%20siembra,%20una%20alternativa%20viable.pdf>.
- Nielsen, R. L. 1997. Perspectives on narrow row spacings for corn (less than 30 inches. Purdue University. *Publication No. AGRY: 96-17.*
- Reta, S. D. G.; Cueto, W. J. A.; Gaytán, M. A. y Santamaría, C. J. 2007. Rendimiento y extracción de nitrógeno, fósforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. *Agric. Téc. Méx.* 145-151.
- Rivera, G. M.; González, C. G.; González, B. J. L.; Estrada, Á. J. y Cueto, W. J. A. 2007. Comparación de cuatro híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en dos arreglos topológicos, alta población y siembra de verano, *Producción Agrícola – AGROFAZ.* 7(3).

## Conclusiones

La esperanza de obtener mejores rendimientos de grano de maíz con el arreglo de siembra a doble hilera no se cumplió para nuevos genotipos mejorados de maíz formados para condiciones de suelos, manejo y clima de Valles Altos en el Estado de México. Por el contrario el híbrido AS-722 obtuvo un mayor rendimiento de grano  $8.67 \text{ (t ha}^{-1}\text{)}$  bajo el sistema tradicional de hilera sencilla comparado con el arreglo de siembra a doble hilera ( $5.99 \text{ t ha}^{-1}$ ), teniendo un decremento en el rendimiento de  $2.68 \text{ t ha}^{-1}$  para el criterio de cosecha de vigor genético. Los híbridos AS -722 y Syn 1806 mostraron los rendimientos de grano mayores bajo los dos arreglos de siembra. El mejoramiento genético de nuevas semillas de maíz para Valles Altos debe enfocarse a mayor tolerancia y plasticidad en respuesta favorable y adaptación a condiciones adversas de Valles Altos, como es escasa humedad en etapas del ciclo de cultivo y acompañar a estas variedades con el desarrollo de mejores prácticas integradas de manejo agronómico por sitio específico como nutrición vegetal con base a la fertilización y sanidad del cultivo para pretender acceder a elevar los rendimientos unitarios por hectárea.

- Shapiro, C. A. and Wortmann, C. S. 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in Eastern Nebraska. *Agron. J.* 98:529-535.
- Soria, R. J.; Fernández, O. Y.; Mejía, C. and González, E. 2004. Sistema de información del uso actual del suelo del Estado de México. Siussemex, Versión 1.1. Campo Experimental Valle de Toluca-INIFAP, México. 213 p.
- Tadeo, R. M.; Espinosa, C. A.; Chimal, N.; Arteaga, E. I.; Trejo, P. V.; Canales, I. E.; Sierra, M. M.; Valdivia, B. R.; Gómez, M. N.; Palafox, C. A. y Zamudio, G. B. 2012. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana.* 30(2):156-164.
- Trueba, C. A. J. 2012. Estudio para caracterizar el potencial productivo de las semillas de maíz en México. Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 211 p.
- Turrent, F. A. 2009. El potencial productivo del maíz. Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Ciencias. 126-129 pp.
- Vázquez, C. M. G.; Santiago, R. D.; Salinas, M. Y.; Rojas, M. I.; Arellano, V. J. L.; Velázquez, C. G. y Espinosa, C. A. 2012. Interacción genotipo-ambiente del rendimiento y calidad de grano y tortilla de híbridos de maíz en Valles Altos de Tlaxcala, México. *Rev. Fitotec. Méx.* 35(3):229-237.
- Zamudio-González, B.; Espinosa Calderón, A. y Tadeo-Robledo, M. 2012. Enzimas y aminoácidos en producción de maíz grano bajo estrés natural en Temascalcingo, Estado de México. XV Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. UBC-México. 45-55 pp.