

## Productividad de elote en Rioverde, SLP, México\*

### Green corn ear productivity in Rioverde, SLP, Mexico

Juan Rogelio Aguirre-Rivera<sup>1</sup>, Hilario Charcas-Salazar<sup>2</sup> y Héctor Martín Durán-García<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación de Zonas Desérticas-Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Calle Altair No. 200, Fraccionamiento del Llano. 78377. San Luis Potosí, SLP, México. Tel. (444) 8422359. (iizd@uaslp.mx). <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería- Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Av. Manuel Nava No. 8. Zona Universitaria. 78290. Tel: (444) 8130924. (hilario@uaslp.mx). <sup>§</sup>Autor para correspondencia: hduran@uaslp.mx.

#### Resumen

En la región de Rioverde la producción de elote se caracteriza por el uso de cultivares tradicionales (criollos), baja densidad ajustada a la fertilidad residual del cultivo hortícola previo y bajos rendimientos de elote y grano; los costos de producción mínimos permiten rentabilidad alta en la producción de elote, pero baja en grano por su menor precio. En este trabajo se comparó el rendimiento y rentabilidad de cinco cultivares tradicionales y cuatro mejorados, utilizados para elote, sembrados en forma tradicional o intensiva. Se experimentó en dos localidades con suelo similar (Phaeozems), pero con diferente agua para riego (pozos o manantiales con aguas menos alcalinas). Se evaluaron dieciocho tratamientos resultantes de combinar nueve cultivares (parcelas menores) con dos sistemas de producción (parcelas mayores), asignados en un diseño experimental de parcelas divididas en bloques completos al azar con cinco repeticiones. En ambas localidades no hubo diferencias significativas en el rendimiento de elote debidas al sistema de producción, pero el rendimiento de grano y forraje fue estadísticamente menor con el sistema tradicional. En ambas localidades y sistemas de producción al menos un cultivar mejorado superó estadísticamente a los cultivares tradicionales en el rendimiento de elote y de maíz.

#### Abstract

In the Rioverde region green corn ear (*Zea mays* L.) production is characterized by the use of traditional cultivars (land races), low density planting adjusted to residual fertility from previous vegetable crops, and low yields either of green ear or grain. Due to the minimum production costs for green corn ear and low selling prices for grain, profitability with green ear is higher than with grain. Profitability and yield of five traditional cultivars of corn for grain and green corn ear plus forage were compared with four improved grain cultivars sown under traditional and intensive systems. The experiments were established in lands of two villages with similar soils (Phaeozems) but using two sources of water (well and spring with less alkaline water). The 18 treatments resulting from combining nine cultivars (small plots) and two production systems (large plots), were allocated in an experimental design of split-plots in random blocks with five replicates. In both locations there were not significant differences in green corn ear yield owing to production system, but grain and green forage yield was significantly lower under the traditional system. In both production systems and locations, at least one improved cultivar exceeded statistically the traditional ones in green corn ear and grain production.

\* Recibido: mayo de 2016  
Aceptado: agosto de 2016

**Palabras clave:** *Zea mays* L., elote, forraje, grano, sistemas de producción, sistemas agrícolas tradicionales.

**Key words:** *Zea mays*, corn, green ear, grain, and green forage, production systems, traditional agricultural system.

## Introducción

El elote dulce (*Zea mays* L.) es un cultivo comercial muy importante en muchas partes del mundo, debido a su gran demanda para los propósitos de congelación, enlatado y de mesa (Mallikarjunaswamy *et al.*, 1999). Por lo tanto, el maíz dulce se ha clasificado generalmente como uno de los cinco cultivos más valiosos en Florida, EUA, donde se fertiliza con hasta 500 kg N ha<sup>-1</sup> (He *et al.*, 2009). Cuando se cosecha en elote también es posible cosechar forraje verde de alta calidad de las plantas (Mallikarjunaswamy *et al.*, 1999) como un subproducto valioso. Además, si no se cosecha elote por los precios bajos o por estar debajo de los parámetros de calidad, aún podría producir una cosecha de grano, dando así una estabilidad adicional a este sistema de producción.

Aunque el maíz dulce era bastante común entre varias tribus indias de América del Norte, así como en las culturas antiguas de América del Sur, raramente el elote para su consumo era hervido o asado (Mangelsdorf *et al.*, 1939; Fussel, 1994). En México existe una raza de maíz llamado "maíz dulce", que normalmente acumula azúcares en su endospermo de manera que los granos maduros aparecen arrugadas y translúcido cuando está seco.

Este maíz dulce se considera como una raza "exótica precolombino" por sus afinidades con los maíces de América del Sur, pero este maíz dulce mexicano no se consume como alimento básico, sólo para usos especiales como: caramelos, sopas y bebidas fermentadas hechas de maíz tostado (molidos o enteros) de granos maduros (Wellhausen *et al.*, 1952). En México y América Central la mazorca parcialmente inmadura se llama "elote", de la palabra náhuatl *elotl* (Simeon, 1977; Santamaría, 1992). Es una antigua tradición mexicana que el consumo de elote es hervido o asado y se ha basado principalmente en variantes de diferentes razas de maíz con endospermo harinoso (Wellhausen *et al.*, 1952; Fussell, 1994), pero hoy en día existen varios tipos de maíz comercial que también se utilizan para producir elotes para los consumidores urbanos.

Las políticas del gobierno Mexicano establecidas durante los años ochenta afectaron negativamente a la producción y la rentabilidad del maíz. Como resultado de la creciente

## Introduction

Sweet green corn (*Zea mays* L.) is a very important cash crop in many parts of the world due to its great demand for freezing, canning, and table purposes (Mallikarjunaswamy *et al.*, 1999). Thus, sweet corn ear has typically ranked as one of the five most valuable vegetable crops in Florida, USA, where is fertilized up to 500 kg N ha<sup>-1</sup> (He *et al.*, 2009). When green corn ear is harvested it is also possible to get high quality green fodder from the standing plants (Mallikarjunaswamy *et al.*, 1999) as a valuable byproduct. In addition, if green corn ear is unharvested, because low prices or for being out of quality parameters, it still might produce a grain crop, thus giving an additional stability to this production systems.

Although sweet corn was fairly common among several North American Indian tribes as well as in South American ancient cultures, its consumption was rarely as boiled or roasted green corn ear (Mangelsdorf *et al.*, 1939; Fussel, 1994). In México there is a maize race named "maíz dulce" (sweet corn), which typically accumulates sugars in its endosperm so that the mature kernels appear wrinkled and translucent when dry.

This sweet corn is considered as an "Exotic pre Columbian" race because its affinities with South American corns, but this Mexican sweet corn is not consumed as a staple food but only for special uses: candies or morsels, soups and fermented drinks made of toasted (ground or whole) mature grains (Wellhausen *et al.*, 1952). In México and Central America the partially immature corn ear is called "elote", from the Náhuatl word *elotl* (Siméon, 1977; Santamaría, 1992). This very old Mexican tradition of elote consumption, either boiled or roasted, has been mainly based on several early to late variants of different corn races with floury endosperm (Wellhausen *et al.*, 1952; Fussell, 1994), but nowadays commercial grain crop variants are also used to produce green ears for urban customers.

Mexican government policies established during the eighties influenced negatively the production and profitability of corn grain. As a result of the growing demand of vegetables in the expanding cities, Mexican farmers of Rioverde region, in

demanda de vegetales en las ciudades en expansión, los agricultores mexicanos de la región de Rioverde, en el Estado de San Luis Potosí, cambiaron la producción de maíz para granos a la producción de elotes. Este cambio les permitió obtener un mejor precio, menor costo de producción y la rentabilidad a un nivel aceptable. A partir de ese punto en adelante, la producción de elotes ha adquirido importancia, y actualmente es el cultivo predominante en las 5 000 hectáreas cultivadas en la región de Rioverde donde se siembra dos veces al año (Charcas *et al.*, 2000; Charcas *et al.*, 2008).

El potencial de las variedades mejoradas de maíz se manifiesta cuando se siembran en altas densidades, y se fertilizan en cantidad y tiempo adecuado. Por otro lado, los cultivares criollos responden mejor a la baja densidad de plantas, especialmente en suelos con niveles bajos de fertilidad (Evans, 1993). Al mismo tiempo, la fertilización de maíz está determinada por el propósito del cultivo (grano, elote o forraje), la capacidad del cultivar, las condiciones climáticas y del suelo. Por lo tanto, el factor agronómico más importante para el rendimiento del elote y la calidad: son los nutrientes, el agua, la variedad, la fecha de siembra, la ubicación y la práctica de labranza realizadas (Bekker *et al.*, 1993; Millikarjunaswamy *et al.*, 1999; Makus, 2002; Kuabiah, 2004; Williams II *et al.*, 2008; Balkom *et al.*, 2010).

El maíz ha alcanzado altos rendimientos en los países desarrollados de la región templada, donde se planta en óptimas condiciones de suelo y clima; donde la tecnología utilizada está muy desarrollada. Por otra parte, en los países en desarrollo de la zona intertropical, incluso bajo riego y alto desarrollo tecnológico los rendimientos medios son bajos. Esta situación se debe a factores variados; los cultivares tropicales no son muy eficientes para producir grano, muestran una baja relación grano/paja, y tienen plantas altas susceptibles al acame; por lo tanto, no responden bien al manejo intensivo (Paliwal y Sprague, 1981; Norman *et al.*, 1995; Dayanand, 2000).

En México, hasta 1980, la mayoría de los cultivares de maíz mejorado recomendado para zonas cálidas y semi-cálidas fueron los cultivares híbridos que presentan el inconveniente de ser demasiado alto y susceptibles al acame (Reyes *et al.*, 1961; Neve *et al.*, 1962). Los altos costos de la semilla y la ineficacia del gobierno para producirlas y distribuir las, dieron lugar a su mala aceptación por parte de los productores (Paliwal y Sprague, 1981), además de su menor capacidad

San Luis Potosí State, changed from corn grain production to green corn ear production. This change allowed them to obtain a better price, lower production cost and profitability to an acceptable level. From that point onwards, the green corn ear production has acquired importance, and currently is the predominant crop in the 5000 hectares cultivated at Rioverde region where it is planted twice yearly (Charcas *et al.*, 2000; Charcas *et al.*, 2008).

The potential of improved corn cultivars is manifested when they are sown in high densities, and are fertilized in adequate amount and time. On the other hand, traditional cultivars respond better to low plant density, especially in soils with low fertility levels (Evans, 1993). At the same time, corn fertilization is determined by the crop purpose (grain, green corn ear or forage), the capacity of the cultivar, and weather and soil conditions. Thus, the most important agronomic factor for green corn ear yield and quality are nutrients, water, cultivar, planting date, location, and tillage practice, rather than years (Bekker *et al.*, 1993; Millikarjunaswamy *et al.*, 1999; Makus, 2002; Kuabiah, 2004; Williams II *et al.*, 2008; Balkom *et al.*, 2010).

Maize has reached high yields in developed countries of the temperate region where it is planted in optimal soil and weather conditions; furthermore, the technology used is highly developed. On the other hand, in developing countries of the inter-tropical zone even under irrigation and high technological management the average yields are low. This situation is due to varied factors; the tropical cultivars are not very efficient to produce grain, they show a low relation grain/straw, and have tall and lodging susceptible plants; therefore they do not respond well to intensive management (Norman *et al.*, 1995; Paliwal and Sprague, 1981; Dayanand, 2000).

In México, until 1980, most of the corn improved cultivars recommended for warm and semi-warm zones were hybrid cultivars which presented the inconvenience of being too tall and susceptible to lodging (Reyes *et al.*, 1961; Neve *et al.*, 1962). High costs of seed and the inefficiency of the government to produce and distribute them, resulted in their poor acceptance by the producers (Paliwal and Sprague, 1981), in addition to their narrower adaptability. Thus, the official and private efforts to produce seed of improved variants have been now focused on producing cultivars with a wider genetic base that are adaptable to diverse production conditions (Sprague, 1981; Gerón *et al.*, 1981; Aguilar *et al.*, 1990; Sierra *et al.*, 1990;

de adaptación. Por lo que los esfuerzos oficiales y privados de producción de semillas de variedades mejoradas, han sido ahora centrado en la producción de cultivares con una base genética más amplia que son adaptables a diversas condiciones de producción (Sprague, 1981; Gerón *et al.*, 1981; Aguilar *et al.*, 1990; Sierra *et al.*, 1990; Coutiño, 1994). El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y la rentabilidad del elote de cultivares criollos y mejorados en sistemas tradicionales e intensivos.

## Materiales y métodos

Se llevaron a cabo los experimentos durante la temporada de cultivo de primavera-invierno (1998), en San José del Tapanco (riego) y El Refugio (temporal) localidades de Rioverde, ubicado a una altitud de 900 m, con temperatura media anual de 21 °C y precipitación media anual de 500 mm), o parcelas de regadío de campesinos voluntarios. En cada lugar, se estableció un experimento para evaluar el rendimiento de elote de nueve cultivares; cinco variedades criollas o cultivares tradicionales (Luis, Hipólito, Chón, Prisciliano y Gabino) y cuatro cultivares mejorados comerciales (Asgrow 7573, Aspros 910, Huracán y Dekalb 880) mediante el uso de un sistemas tradicional y uno intensivo de siembra. En San José del Tapanco se midió el rendimiento de elote, maíz para grano, forraje para ensilado; después de la cosecha se midió, altura de planta, el peso, la longitud y el diámetro de la mazorca. En El Refugio sólo se obtuvieron los datos sobre el rendimiento de elote y grano.

La semilla de cultivares tradicionales fue adquirido de campesinos locales conocidos como buenos productores de elote; estos cultivares son bastante típico de la raza Celaya descrito por Wellhausen *et al.* (1952). La semilla de cultivares mejorados se obtuvieron de los distribuidores locales. El sistema de producción de maíz tradicional consistía en 34 000 plantas ha<sup>-1</sup>, la plantación de dos semillas por hoyo cada 0.7 m, en surcos de 0.84 m; una sola dosis de fertilizante (100-60-00) se aplicó a la primera escarda; este sistema es utilizado por los agricultores más avanzados en la producción de elotes de la región. Para el sistema de cultivo intensivo, una densidad de 59 500 plantas ha<sup>-1</sup> fue utilizado por la plantación de dos semillas por hoyo cada 0.4 m, en surcos de 0.84 m; la fertilización total de 150-60-00 aplicada en dos partes, 50-60-00 a la siembra y 100-00-00 en la primera escarda. Este último enfoque de cultivo se basa en Hernández *et al.* (1988). Para la producción de elotes se dio

Coutiño, 1994). The objective of this work was to evaluate the yield and profitability of green corn ear of local and improved cultivars sown under traditional and intensive systems.

## Materials and methods

The experiments were conducted during the winter-spring growing season (1998), at San José del Tapanco (well-water) and El Refugio (spring-water) locations of Rioverde, San Luis Potosí (altitude, 900 masl; mean annual temperature, 21°C; mean annual rainfall, 500 mm), or irrigated plots of volunteer peasants. In each location, an experiment was established to evaluate the yield of green corn ear of nine cultivars (five land races or traditional cultivars and four commercial improved cultivars: Luis Hipólito, Chón, Prisciliano and Gabino, and Asgrow 7573, Aspros 910, Huracán and Dekalb 880, respectively) by using a traditional and an intensive sowing systems. In San José del Tapanco yield of green corn ear, grain, and green silage forage after green corn ear harvest; plant and ear height; and weight, length and diameter of the ear were measured. In El Refugio only data on yield of green corn ear and grain were possible obtained.

The seed of traditional cultivars was acquired from local outstanding peasants known as good green corn ear producers; these cultivars are quite typical of Celaya race described by Wellhausen *et al.* (1952). Seed of improved cultivars were obtained from local dealers. The traditional corn production system consisted of 34 000 plants ha<sup>-1</sup>, planting two seeds per hole every 0.7 m, in furrows 0.84 m apart; a single dose of fertilizer (100-60-00) was applied at the first weeding; this system is used by the most advanced green corn ear farmers from the region. For the intensive crop system, a density of 59500 plants ha<sup>-1</sup> was used by planting two seeds per hole every 0.4 m, in furrows 0.84 m apart; the total fertilization was 150-60-00 applied in two parts, 50-60-00 at the sowing time and 100-00-00 at the first weeding. This last approach of cropping was based on Hernández *et al.* (1988). For green corn ear four waterings were given and five waterings for corn grain. Herbicide was not used because it is considered to be unnecessary during winter growing season.

The treatments resulted from the combination of nine cultivars and two production systems were randomly distributed in complete block experimental design with five replicates. The 18 treatments were arranged in a split-plot way where plots were the production systems and

cuatro riegos y cinco riegos para maíz de grano. No se usó herbicida porque se considera que son innecesarias durante la temporada de cultivo de invierno.

Los tratamientos resultaron de la combinación de nueve cultivares y dos sistemas de producción fueron distribuidos al azar en el diseño experimental de bloques completos con cinco repeticiones. Los 18 tratamientos se dispusieron en una forma de parcelas divididas, donde las parcelas eran los sistemas de producción y subparcelas los cultivares. La unidad experimental compuesta por cuatro filas de 10 m de longitud con 0.84 m de espaciamento. Sólo el rendimiento elote y forraje verde se calculó simultáneamente 90 días después de la fecha de siembra, en las dos filas centrales, con exclusión de un metro de cada extremo. Se evaluó el rendimiento de grano (secado a la intemperie) en las filas laterales y excluyendo también a un metro de cada extremo 120 días después de la siembra. La altura total de la planta y el de las mazorca se midieron en diez plantas. El peso medio, longitud y el diámetro medio del elote se estimaron a partir de tres atributos, se midieron en parte del material de la unidad experimental utilizado para estimar el rendimiento del elote. El tratamiento estadístico de los datos consistió en un análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey 0.5) utilizando el software SAS.

## Resultados y discusión

a) San José del Tapanco. De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de varianza (Cuadro 1) el rendimiento del elote no fue estadísticamente diferente entre los sistemas de producción, pero entre cultivares y el sistema de producción interacción x cultivares fueron estadísticamente significativas ( $p \geq 0.05$ ). Sin embargo, el rendimiento de forraje verde presenta altas diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre los sistemas de producción y entre los cultivares, pero la interacción entre estos factores no fue significativa. El hecho de que el rendimiento en los sistemas de producción fue estadísticamente similar, se debió probablemente al buen nivel de fertilidad del suelo del campo en el que se estableció este experimento. Los suelos de la región de Rioverde, que se alternan con cultivos comerciales, son naturalmente ricos en fósforo y potasio (Charcas *et al.*, 2012), y presentan algunos efectos residuales de nitrógeno de la fertilización de los cultivos de hortalizas, que va de 90 a 160 kg de nitrógeno (Martin *et al.*, 1976; Charcas *et al.*, 2008). Además, dado que los

sub plots the cultivars. The experimental unit comprised four rows of 10 m length to 0.84 m spacing. Only the fresh yield of the green corn ear and remaining green forage was simultaneously estimated, 90d after sowing date, in the two central rows, excluding a meter of each extreme. The grain yield (air dried) was evaluated on the lateral rows and also excluding a meter from each extreme, 120d after sowing time. The total plant and ear height were measured in ten plants. The average weight, length and middle diameter of green corn ear were estimated from three attributes were measured in part of the experimental unit material used to estimate the yield of green corn ear. The statistic treatment of the data consisted in a variance analysis and multiple comparisons of means (Tukey 0.5) using the SAS software.

## Results and discussion

(a) San José del Tapanco. According to results obtained from the variance analysis (Table 1) the yield of green corn was not statistically different between production systems, but cultivars and the interaction production system x cultivars were statistically significant ( $p \geq 0.05$ ). However, the yield of green forage presented high significant differences ( $p \leq 0.01$ ) between production systems and between cultivars, but the interaction between these factors was not significant. The fact that yield in both production systems was statistically similar was probably due to the good level of soil fertility of the field where this experiment was established. The soils of Rioverde region, which are rotated with vegetable commercial crops, are naturally rich in phosphorus and potassium (Charcas *et al.*, 2012), and present some residual effects of nitrogen from vegetable crops fertilization, which ranges from 90 to 160 kg of nitrogen (Martin *et al.*, 1976; Charcas *et al.*, 2008). Also, since green corn ear crop is harvested earlier, it consumes less nutrients than forage and grain crops, so the yields obtained seem to be reasonable.

The production of green corn ear under the intensive system renders in a loss of US \$40 ha<sup>-1</sup>, amount that corresponds to the additional cost of 90 kg of N (NO<sub>3</sub>) and its application. Thus, this system is less profitable than the traditional one. As for the green forage and grain, the average yield under intensive production was 37.4 and 5 t ha<sup>-1</sup> and under the traditional 29.9 and 4.3 t ha<sup>-1</sup>, this constitutes a difference of 7.5 and 0.7 t ha<sup>-1</sup> respectively. So, it seems possible to increase the yield of grain through intensive production; however, the profit obtained by selling 0.7 t of grain hardly covers the expenses of additional fertilization and harvest.



cultivos para elote se cosechan antes, estos consumen menos nutrientes que los cultivos de forraje y granos, por lo que los rendimientos obtenidos parecen ser razonables.

**Cuadro 1. Análisis de la diferencia de rendimiento, altura de la planta y las características del elote cosechadas en San José del Tapanco, Rioverde, San Luis Potosí.**

**Table 1. Variance analysis of yield, plant height, and characteristics of green corn ear cropped in San José del Tapanco, Rioverde, San Luis Potosí.**

Variables	Factors		
	Production systems (A)	Cultivar (B)	Interaction AxB
Yield			
Green corn ear	NS	**	*
Green forage	**	**	NS
Grain	**	**	NS
Plant height			
Total	**	**	NS
Ear position	**	**	NS
Green corn ear traits			
Weight with husk	**	**	NS
Length without husk	NS	**	NS
Diameter without husk	*	**	NS

\*, \*\* $p \leq 0.05$ , and  $0.01$ , respectively. NS= no significant difference.

La producción de elote bajo el sistema intensivo tiene una pérdida de US \$40 ha<sup>-1</sup>, cantidad que corresponde con el costo adicional de 90 kg de N (NO<sub>3</sub>) y su aplicación. Por lo tanto, este sistema es menos rentable que la tradicional. En cuanto al forraje verde y grano, el rendimiento promedio en producción intensiva fue del 37.4 y 5 t ha<sup>-1</sup> y bajo la tradicional 29.9 y 4.3 t ha<sup>-1</sup>, lo que constituye una diferencia de 7.5 y 0.7 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Por lo tanto, parece posible aumentar el rendimiento de grano a través de la producción intensiva; sin embargo, el beneficio obtenido por la venta de 0.7 toneladas de grano apenas cubre los gastos de fertilización y la cosecha adicional. También el rendimiento de forraje verde en el sistema de producción intensiva hace que los beneficios brutos sean similares a los obtenidos por la tradicional pero resulta ser más caro.

Los rendimientos medios de los cultivares varió de 6 a 16.1 t ha<sup>-1</sup> para elote, de 26 a 45.3 t ha<sup>-1</sup> para el forraje verde y 3 a 6.4 t ha<sup>-1</sup> para la producción de grano (Cuadro 2). Los rangos de rendimiento de elote (7.5 - 15.3 t ha<sup>-1</sup>), forraje verde (29.9 - el 37.4 t ha<sup>-1</sup>), y el grano (3.9 a 6.3 t ha<sup>-1</sup>) obtenidos para los dos lugares parecen ser razonables teniendo en

Also the yield of green forage in the intensive production system renders gross profits similar to those obtained by the traditional one but turns out to be more expensive.

The cultivars mean yield varied from 6.0 to 16.1 t ha<sup>-1</sup> for green corn ear; from 26 to 45.3 t ha<sup>-1</sup> for green forage and from 3 to 6.4 t ha<sup>-1</sup> for grain yield (Table 2). The yield ranges of green corn ear (7.5 - 15.3 t ha<sup>-1</sup>), residual green forage (29.9 - 37.4 t ha<sup>-1</sup>), and grain (3.9 - 6.3 t ha<sup>-1</sup>) obtained for both locations seem to be reasonable considering the climate conditions (lower temperature season), contrasting cultivars and moderate fertilization used. Thus, our results are between the low and high average limits of green corn ear yield of six very different experimental conditions, 7.6 and 17.3 t ha<sup>-1</sup>, respectively (Bekker *et al.*, 1993; Abu-Awwad, 1994; Mallikarjunaswamy *et al.*, 1999; Makus, 2002; Williams II *et al.*, 2008; Balkom *et al.*, 2010). The low limit of the average range (16.3 - 32.2 t ha<sup>-1</sup>) of green forage yield, after green corn ear harvested, from two reports (Abu-Awwad, 1994; Mallikarjunaswamy *et al.*, 1999), is smaller than our results, probably due to the great size of traditional cultivars. Regarding grain yield, the values obtained agreed closely with the range (3.7 - 6.5 t ha<sup>-1</sup>) reported for a set of 10 experiments made in Colombia and Costa Rica (Norman *et al.*, 1995). Based on the multiple comparisons of means, the cultivars can arbitrarily be grouped into: improved cultivars with yields of green corn ear and grain higher than 15 and 5.2 t ha<sup>-1</sup>, respectively, and of green forage lower than 32.2 t ha<sup>-1</sup>. Traditional cultivars with yields of green corn ear, grain, and green forage in the range of 8.0 to 9.9; 3.5 to 4.5 and from 32 to 37.8 t ha<sup>-1</sup>, respectively.

**Cuadro 2. Rendimiento promedio (t ha<sup>-1</sup>) de elote, grano y forraje verde en el maíz tradicional y cultivares mejorados en San José del Tapanco, Rioverde, San Luis Potosí.**

**Table 2. Average yield (t ha<sup>-1</sup>) of green corn ear, grain and green forage in corn traditional and improved cultivars in San José del Tapanco, Rioverde,**

Cultivar	Green corn ear	Grain	Green forage
Asgrow 7573	16.1a**	6.4a	27.8de
Aspros 910	14.3a	5.7ab	32.3cd
Huracán	14a	5.6ab	32cd
Dekalb 880	14a	5.2abc	26e
Luis	9.9b	4.5bcd	37.8b
Hipólito	9.9b	4cde	32cd
Chón	8.6bc	4.1cde	33.9bc
Prisciliano	8bc	3.5de	35.9bc
Gabino	6c	3e	45.3a

\*\*Values with the same letter each column are statistically equals (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

cuenta las condiciones climáticas (temperatura más baja de la temporada), en contraste con cultivares y la fertilización moderada utilizados. Por lo tanto, los resultados están entre los límites medios bajos y altos de rendimiento de elote de seis condiciones experimentales muy diferentes, 7.6 y 17.3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Bekker *et al.*, 1993; Abu-Awwad, 1994; Mallikarjunaswamy *et al.*, 1999; Makus, 2002; Williams II *et al.*, 2008; Balkom *et al.*, 2010). El límite inferior del rango promedio (16.3 - 32.2 t ha<sup>-1</sup>) de la producción de forraje verde, después de la cosecha de elote, a partir de dos informes; es menor que los resultados (Abu-Awwad, 1994; Mallikarjunaswamy *et al.*, 1999), probablemente debido al gran tamaño de los cultivares tradicionales. En cuanto a la producción de grano, los valores obtenidos estuvieron de acuerdo en estrecha colaboración con el rango (3.7 a 6.5 t ha<sup>-1</sup>) informó de una serie de 10 experimentos realizados en Colombia y Costa Rica (Norman *et al.*, 1995). Sobre la base de las comparaciones múltiples de medias, los cultivares de manera arbitraria se pueden agrupar en: cultivares mejorados con rendimientos de elote y grano mayor que 15 y 5.2 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, y de forraje verde inferior a 32.2 t ha<sup>-1</sup>. Los cultivares tradicionales con rendimientos de elote, grano y forraje verde en el intervalo de 8 a 9.9; 3.5 a 4.5 y de 32 a 37.8 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

El cultivar tradicional Gabino que tenía el más bajos rendimientos de elote y grano (6 y 3 t ha<sup>-1</sup>) pero produce más forraje verde (45.3 t ha<sup>-1</sup>). Debe tenerse en cuenta que el cultivar mejorado tiene una ventaja sobre los cultivares tradicionales en la producción de granos y rendimiento de elote, pero sus niveles de producción de forraje fueron menores. Esto podría atribuirse a su menor eficiencia de la asignación de materia seca al grano de cultivares tradicionales y una cosecha de granos de baja, como afirma Norman *et al.* (1995). En efecto, el mejor cultivar comercial (Asgrow 7573) es superior a la tradicional (Luis) en 6.2 y 1.9 t ha<sup>-1</sup> en rendimiento de elote y maíz para grano, respectivamente, pero es inferior en 10 t ha<sup>-1</sup> de la producción de forraje verde.

En cuanto a la interacción significativa entre los sistemas de producción y cultivares, los cultivares mejorados aumentaron el rendimiento del elote bajo la forma intensiva, mientras que los tradicionales, excepto Hipólito decrecieron. Estos resultados parecen estar de acuerdo con la información acerca de la interacción entre la dirección y cultivares presentado por Loomis y Connor (1992), Evans (1993) y Dayanand (2000) y puede ser debido a los ambientes contrastantes de selección (condiciones de producción) para ambos grupos de cultivares.

Traditional cultivar Gabino that rendered lower yields of green corn ear and grain (6 and 3 t ha<sup>-1</sup>) but produced the highest in green forage (45.3 t ha<sup>-1</sup>). It should be noticed that the improved cultivar have an advantage over traditional cultivars in grain production and green corn ear yield, but their production levels of forage were lower. This could be attributed to their lower efficiency of allowance of dry matter to the grain of traditional cultivars and a low grain harvest, as Norman *et al.* (1995) asserts. In effect, the best commercial cultivar (Asgrow 7573) is superior to the best traditional one (Luis) in 6.2 and 1.9 t ha<sup>-1</sup> of green corn ear and grain yield, respectively, but it is inferior in 10 t ha<sup>-1</sup> of green forage production.

Regarding the significant interaction between production systems and cultivars, while the improved cultivars increased the yield of green corn ear under the intensive form, the traditional ones, except Hipólito, decreased it. These results seem to agree with the information about the interaction between management and cultivars presented by Loomis and Connor (1992), Evans (1993) and Dayanand (2000) and may be due to the contrasting environments of selection (production conditions) for both cultivar groups. Plant characteristics related to hand harvested easiness, problems of pollination and lodging. The analysis of variance for the means of overall plant and ear height showed highly significant differences between treatments ( $p \leq 0.01$ ), due to the production systems and cultivars; however, the interaction lacked statistical meaning (Table 1). Under the intensive production systems, the overall plant height was 13.5 cm higher than the traditional systems; the same occurred with the ear height, which presented 40.0 cm more under the intensive production systems. Higher plant density and height rendered in higher yield of forage. In the traditional cultivars, it also meant an observed higher number of unproductive plants; this was owing to partial or total failures in pollination, which in turn was derived from a deficient development of stigmas (Loomis and Connors, 1992), and to a higher observed frequency of laid plants. Thus, plant density and fertilizations doses for intensive production can be adverse to produce green corn ear with some of these traditional cultivars.

Based on the average plant height of ear position, and their comparison performed by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ), the cultivars were classified into four groups (Table 3). (i) Tall size; the traditional cultivar Gabino of this single formed group presents some serious problems to be harvested by hand, because the plant has to be bent to rip the ear, and this also complicates the harvest of forage; (ii) intermediate size; this group includes the traditional cultivars Luis, Chón, Prisciliano, and Hipólito; these also presented some problems

Características de las plantas relacionadas con facilidad cosechada manual, problemas de polinización y acame. El análisis de varianza para las medias de la planta en general y la altura de la mazorca mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.01$ ), debido a los sistemas de producción y cultivares; sin embargo, la interacción carecía de significado estadístico (Cuadro 1). En virtud de los sistemas de producción intensiva, la altura total de la planta fue de 13.5 cm más alto que los sistemas tradicionales; lo mismo ocurrió con la altura de la mazorca, que presenta 40 cm menor en los sistemas de producción intensiva. Mayor densidad y altura de la planta prestan en un mayor rendimiento de forraje. En los cultivares tradicionales se observó un mayor número de plantas improductivas; esto debido a fallas parciales o totales en la polinización, que a su vez se derivan de un desarrollo deficiente de los estigmas (Loomis y Connors, 1992), y para una mayor frecuencia observada de plantas establecidas. Por lo tanto, la densidad de plantas y dosis fertilizaciones para la producción intensiva pueden ser adversas para producir elotes con algunos de estos cultivares tradicionales.

Sobre la base de la altura media de las plantas de la posición del mazorca, y su comparación realizada por la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), los cultivares se clasificaron en cuatro grupos (Cuadro 3). i) tamaño alto; El cultivar la tradicional Gabino de este grupo presenta algunos problemas serios para ser cosechadas a mano, ya que la planta tiene que ser doblado para rasgar la mazorca, y esto también complica la cosecha de forraje; (ii) tamaño intermedio; este grupo incluye a los cultivares tradicionales Luis, Chon, Prisciliano, e Hipólito; estos también presentan algunos problemas que se recogerá el elote en menor escala; y (iii) el tamaño corto; este grupo estaba formado por los cultivares mejorados en el que los mazorcas se cosechan rápida y fácilmente. En este último grupo también es posible aumentar la densidad de siembra y la fertilización sin observar los problemas de infertilidad y alojamiento.

Características del elote con relación a los requisitos de calidad comercial. En México las normas para el elote aún no se han establecido. En general, el elote obtenido (Cuadro 4) de gran tamaño (en peso, longitud y diámetro medio) las normas de tamaño comercial para maíces dulces y sus variantes maíz mejoradas (Mallikarjunaswamy *et al.*, 1999; Makus, 2002; Kuabiah, 2004; Williams II *et al.*, 2008), así como las estimaciones de peso y longitud obtenidos por Ortiz-Torres *et al.* (2013) para varios cultivares tradicionales en el Valle de Tehuacán. De acuerdo

to be harvested the green corn ear, in smaller scale; and (iii) short size; this group was formed by the improved cultivars in which the ears are harvested fast and easily. In this last group it is also possible to increase the plant density and fertilization without observing infertility and lodging problems.

### Cuadro 3. La altura media (m) en los cultivares de maíz tradicionales y mejoradas en San José del Tapanco, Rioverde, San Luis Potosí.

Table 3. Average height (m) in traditional and improved corn cultivars in San José del Tapanco, Rioverde, San Luis Potosí.

Cultivar	Ear position	Total
Gabino	1.83a**	2.8a
Luis	1.55b	2.6b
Chón	1.47bc	2.55b
Prisciliano	1.45bc	2.46bc
Hipólito	1.38c	2.37c
Aspros 910	1.1d	2.12d
Huracán	0.97e	1.96de
Asgrow 7573	0.82f	1.85e
Dekalb 880	0.78f	1.67f

\*\*Values with the same letter are statistically equal according to the Tukey test to  $p \leq 0.05$ .

Green corn ear characteristics in relation to commercial quality requirements. In México the standards for green corn ear remain to be established. In general, the green corn ear obtained (Table 4) oversize (in weight, length and middle diameter) the standards of marketable size for sweet green corn ear improved variants (Mallikarjunaswamy *et al.*, 1999; Makus, 2002; Kuabiah, 2004; Williams II *et al.*, 2008), as well as those weight and length estimates obtained by Ortiz-Torres *et al.* (2013) for several traditional cultivars in the Tehuacán Valley. According to the variance analysis (Table 1) the average weight of ears with husks shows highly significant differences ( $p \leq 0.01$ ) due to the production systems and cultivars, but the interactions between these factors was not significant.

The difference in length of ears without husks was highly significant ( $p \leq 0.01$ ) due to cultivars, but not to the production system and their interaction was not significant either. The differences in diameter of green corn ear without husk were highly significant due to cultivars ( $p \leq 0.01$ ) as well as to production systems ( $p \leq 0.05$ ); the interaction between these factors was meaningless. In relation to the traditional production system, the intensive form generated an average decrement of 38 g in the weight of ears, which is related to a reduction in their diameter. This reaction is explained



con el análisis de varianza (Cuadro 1) el peso medio de los mazorcas con totomoxtle muestra diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) debido a los sistemas de producción y cultivares, pero las interacciones entre estos factores no fue significativa.

La diferencia de longitud de las mazorcas sin totomoxtle fue altamente significativa ( $p \leq 0.01$ ) debido a los cultivares, pero no para el sistema de producción y su interacción no fue significativa. Las diferencias en el diámetro del elote sin totomoxtle fueron muy significativas debido a cultivares ( $p \leq 0.01$ ), así como a sistemas de producción ( $p \leq 0.05$ ); la interacción entre estos factores no tenía sentido. En relación con el sistema de producción tradicional, la forma intensiva genera una disminución promedio de 38 g en el peso de las mazorcas, que está relacionada con una reducción de su diámetro. Esta reacción se explica por los cambios con la densidad sembrada: como el número de plantas por área aumentó, el número y peso de granos por mazorca disminuyó (Looms and Connor, 1992). Por lo tanto, la densidad de plantas se recomienda para la producción de granos pero puede ser inadecuada para la producción de elote.

Basado en el peso y la longitud promedio de las mazorcas y su comparación por la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), dos grupos pueden ser identificados (Cuadro 4): (i) cultivares mejorados y tradicionales con un peso promedio que oscila entre 450 y 517 g y una longitud media de entre 20.4 y 21.6 cm; en este grupo se destacaron a Asgrow 7573 y Luis. (ii) La mejora de cultivar Aspros 910, con las mazorcas más pequeñas tenían un peso promedio de 423 g y la longitud de 19.2 cm.

b) El Refugio. Según el análisis de la varianza, en este lugar el rendimiento de elote y grano no mostró diferencias significativas debido a las formas de producción, pero altamente significativa en los cultivares; la interacción entre los dos factores no fue significativa (Cuadro 5). En función de su rendimiento medio y la comparación múltiple (Cuadro 6), los cultivares se pueden agrupar en: (i) la mejora de cultivar Aspros 910, con el más alto rendimiento medio de elote ( $14.5 \text{ t ha}^{-1}$ ), aunque su rendimiento de grano era intermedia ( $5.8 \text{ t ha}^{-1}$ ); (ii) la mejora y cultivares tradicionales, que mostraron un rendimiento intermedio de mazorca de maíz ( $10.9$  a  $12.2 \text{ t ha}^{-1}$ ) y el rendimiento de grano ( $5.4$  a  $6.2 \text{ t ha}^{-1}$ ); y (iii) la mejora de cultivar Dekalb 880, con un rendimiento intermedio de la elote ( $11.6 \text{ t ha}^{-1}$ ), pero un bajo rendimiento de grano ( $4.9 \text{ t ha}^{-1}$ ).

by changes in relation to sown density: as the number of plants by area increased, the number and weight of kernels by ear diminishes (Looms and Connor, 1992). Thus, the plant density recommended for grain production can be inadequate for the production of green corn ear.

Based on the weight and average length of ears and their comparison by the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ), two groups can be identified (Table 4): (i) Improved and traditional cultivars with an average weight that ranges between 450 and 517 g, and an average length between 20.4 and 21.6 cm; in this group Asgrow 7573 and Luis stood out. (ii) Improved cultivar Aspros 910, with the smaller ears had an average weight of 423 g and length of 19.2 cm.

**Cuadro 4. Peso medio del elote (con totomoxtle) y el tamaño (sin totomoxtle) desde cultivares tradicionales y mejoradas en San José del Tapanco, Río Verde, San Luis Potosí.**

**Table 4. Average green corn ear weight (with husks) and size (husks removed) from traditional and improved cultivars in San José del Tapanco, Rioverde, San Luis Potosí.**

Cultivar	Weight (g)	Length (cm)	Middle diameter (cm)
Asgrow 7573	517a	21.6a	4.6cd
Luis	503a	20.8ab	5ab
Dekalb 880	500a	21a	4.3de
Chón	498a	20.6ab	5ab
Hípólito	500ab	21.6a	4.8bc
Prisciliano	495ab	20.4ab	5ab
Huracán	450ab	21.5a	4.2e
Aspros 910	423b	19.2b	4.4de

\*\*Values with the same letter are statistically equal according to the Tukey test to  $p \leq 0.05$ .

(b) El Refugio. According to the analysis of variance, in this location the yield of green corn and grain showed no significant differences owing to the production forms, but highly significant owing to cultivars; the interaction between both factors was not significant (Table 5). In accordance with their mean yield and the multiple comparison (Table 6), the cultivars can be grouped in: (i) improved cultivar Aspros 910, with the highest mean yield of green corn ear ( $14.5 \text{ t ha}^{-1}$ ) although its grain yield was intermediate ( $5.8 \text{ t ha}^{-1}$ ); (ii) improved and traditional cultivars, which showed an intermediate yield of green corn ear ( $10.9$  to  $12.2 \text{ t ha}^{-1}$ ) and grain yield ( $5.4$  to  $6.2 \text{ t ha}^{-1}$ ); and (iii) improved cultivar Dekalb 880, with intermediate yield of green corn ear ( $11.6 \text{ t ha}^{-1}$ ) but a low yield of grain ( $4.9 \text{ t ha}^{-1}$ ).

**Cuadro 5. Análisis de varianza de elote y el rendimiento de maíz para con variedades tradicionales y mejoradas en El Refugio, Rioverde, San Luis Potosí.**

**Table 5. Analysis of variance of corn green ear and grain yield with corn traditional and improved cultivars in El Refugio, Rioverde, San Luis Potosí.**

Variables	Factors		
	Production systems (A)	Cultivar (B)	Interaction AxB
Ear	NS	**	*
Grain	NS	**	NS

\*\* $p \leq 0.01$ . NS= no significant difference.

Por último, el rendimiento medio de elote, en el experimento establecido en El Refugio, fue de  $11.5 \text{ t ha}^{-1}$  y el rendimiento promedio obtenido en San José del Tapanco fue de  $11.2 \text{ t ha}^{-1}$ . Por lo tanto, en ambos lugares el rendimiento global y la rentabilidad fueron similares, pero mayor que el rendimiento medio nacional ( $9.8 \text{ t ha}^{-1}$ ) para el año 2010 (Anónimo, 2012), así como el rendimiento medio ( $9.9 \text{ t ha}^{-1}$ ) de las 16 mejores cultivares tradicionales evaluados en el Valle de Tehuacán por Ortiz-Torres *et al.* (2013).

## Conclusiones

El sistema de producción tradicional permite a los agricultores obtener un rendimiento similar y más barato de elote comparable a la obtenida por cultivos intensivos; sin embargo, con el sistema tradicional el rendimiento de grano y forraje verde es ligeramente inferior.

En ambos sistemas de producción al menos un cultivar mejorado superó significativamente a los tradicionales en el rendimiento de elote y maíz para grano.

Es posible mejorar fácilmente el rendimiento de elote en la región; Asgrow 7573 y Aspros 910 cultivares mejorados o cultivares tradicionales como Hipólito y Luis, se puede utilizar para este propósito.

## Literatura citada

Abu, A. A. M. 1994. Irrigation method and water quality effects on sweet corn. *J. Agron. Crop Sci.* 173:271-278.

**Cuadro 6. Rendimiento medio ( $\text{t ha}^{-1}$ ) de maíz mejoradas y cultivares tradicionales de elote y grano en El Refugio, Rioverde, San Luis Potosí.**

**Table 6. Mean yield ( $\text{t ha}^{-1}$ ) of corn improved and traditional cultivars of green ear and grain in El Refugio, Rioverde, San Luis Potosí.**

Cultivar	Green corn ear	Grain
Aspros 910	14.5a**	5.8ab
Hipólito	12.2ab	6.3a
Asgrow 7573	12.2ab	6.3a
Huracán	11.8ab	6.1ab
Dekalb 880	11.6ab	4.9b
Luis	10.9ab	5.4ab
Prisciliano	10.6b	5.6ab
Chón	10.5b	5.5ab
Gabino	9.0b	5.4ab

\*\*Values with the same letter are statistically equal according to the Tukey test to  $p \leq 0.05$ .

Finally, the average yield of green corn ear, in the experiment established in El Refugio, was of  $11.5 \text{ t ha}^{-1}$ , and the average yield obtained in San José del Tapanco was of  $11.2 \text{ t ha}^{-1}$ . Therefore, in both locations the overall yield and profitability were similar, but greater than the national mean yield ( $9.8 \text{ t ha}^{-1}$ ) for 2010 (Anonymous, 2012)], as well as than the average yield ( $9.9 \text{ t ha}^{-1}$ ) of the 16 best traditional cultivars evaluated in the Tehuacán Valley by Ortiz-Torres *et al.* (2013).

## Conclusions

The traditional production system allows the farmers to obtain a similar and cheaper yield of green corn ear comparable to that obtained by the intensive one; however, with the traditional system the yield of grain and green forage is slightly lower.

In both production systems at least one improved cultivar significantly surpassed the traditional ones in the yield of green corn ear and grain.

It is possible to improve easily the yield of green corn ear in the region; Asgrow 7573 and Aspros 910 improved cultivars or traditional cultivars Hipólito and Luis can be used for this purpose.

*End of the English version*



- Aguilar, C. G.; Castillo, R. A.; Morales, I. A.; Sierra, M. M.; Preciado, R. E.; Martínez, J. J.; Gómez, N. y Valdivia, R. 1990. V-532 variedad de maíz para suelos mecanizados de la península de Yucatán y del estado de Tabasco. *Rev. Fitotec. Mex.* 13(2):205.
- Anonimous. 2012. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. SAGARPA. México. 270p.
- Balkom, K. S.; Reeves, D. W.; Kemble, J. M.; Dawkins, R. A. and Paper, R. L. 2010. Tillage requirements of sweet corn, field pea, and watermelon following stocker cattle grazing. *J Sustain Agr.* 34:169-182.
- Bekker, A. W., Chase, R. G. and Hue, N. V. 1993. Effects of coralline lime on nutrient uptake and yield of field-grown sweet corn and peanuts in oxidic soils of Western Samoa. *Fert Research.* 36:211-219.
- Charcas, S. H.; Aguirre, J. R. and Durán, H. M. 2012. Suelos irrigados en la region de Rioverde, San Luis Potosí, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(3):509-523.
- Charcas, S. H.; Aguirre, J. R. and Durán, H. M. 2008. Sweet corn production in the Rioverde region, San Luis Potosí, México. *Agron. Trop.* 58(4):357-367.
- Charcas, S. H.; Aguirre, J. R. and Olivares, S. E. 2000. Proceso de conformación agrícola de la región de Río Verde, San Luis Potosí, México. *Geográfica.* 128:105-117.
- Coutiño, E. B. 1994. Nuevos híbridos de maíz para regiones tropicales de México. *Agric. Téc. Méx.* 20(1):15-25.
- Dayanand, P. 2000. Maize. *In: Rathore, P. S. (Ed.). Techniques and management of field crop production.* Agrobios. Godhpur. India. 41-61 pp.
- Evans, L. T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press. New York. USA. 500 p.
- Fussell, B. 1994. The history of corn. University of New Mexico Press. Albuquerque, N. M. USA. 356 p.
- Gerón, X. F.; Sierra, M. M.; Alcázar, J. J. and Balderas, M. M. 1981. VS-525 una nueva variedad de maíz de polinización libre para las regiones tropicales de México. SARH. INIA. CIAGOC. Folleto Técnico Núm. 4. Veracruz, México. 8p.
- He, J.; Dukes, M. D. Jones, J. W. Graham, W. D. and Judge, J. 2009. Applying GLUE for estimating CERES - maize genetic and soil parameters for sweet corn production. *T ASABE.* 52(6):1907-1921.
- Hernández, A. J. A.; Jasso, J.; Estrada, C. and Barrón, J. L. 1988. Cómo producir maíz de riego en la zona media de San Luis Potosí. INIFAP. CIFAP-SLP. San Luis Potosí, SLP. México. Folleto para Productores Núm. 27 p.
- Kuabiah, A. B. 2004. Economic evaluation of production methods for sweet corn in a cool climate. *J. Veg. Crop Produc.* 10(2):73-87.
- Loomis, R. S. and Connor, D. J. 1992. Crop ecology, productivity and management in agricultural systems. Cambridge University Press. New York. USA. 528 p.
- Makus, D. J. 2002. Soil but not sweet corn ear nutrients are affected by conservation tillage. *J. Veg. Crop Produc.* 8(2):49-63.
- Mallikarjunaswamy, S. N.; Ramachandrapa, B. K. and Nanjappa, H. V. 1999. Effect of scheduling irrigation at different phonophases of sweet corn (*Zea mays saccharata*) and delineation of critical stages based on stress day index. *J. Agron. Crop Sci.* 182:161-166.
- Mangelsdorf, P. C. and Reeves, R. G. 1939. The origin of indian corn and its relatives. *Texas Agr. Exp. Sta. Bul.* 574. 315 p.
- Martin, J. H.; Leonard, W. H. and Stamp, D. L. 1976. Principles of field crop production. Macmillan. New York. USA. 1118 p.
- Neve, J.; Cota, O.; Osler, R. D. and Palacios, R. G. 1962. H-412. Nuevo maíz híbrido para el valle del Yaqui y otras regiones cálidas secas. *Agric. Téc. Méx.* 2(1):24-25.
- Norman, M. J. T.; Pearson, C. J. and Searly, P. G. E. 1995. The ecology of tropical food crops. 2<sup>nd</sup> ed. Cambridge University Press. New York, N.Y. USA. 430 p.
- Ortiz, T. E.; López, P. A.; Gil, M. A.; Guerrero, R. J. J.; López, S. H.; Taboada, G. O. R.; Hernández, G. J. A. y Valadez, R. M. 2013. Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz en Tehuacán, Puebla. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 19(2):225-238.
- Paliwal, R. L. and Sprague, E. W. 1981. Mejoramiento de la adaptación y de la confiabilidad de los rendimientos de maíz en el mundo en desarrollo. CIMMYT. México. 20 p.
- Reyes, C. P.; Márquez, J.; Ortiz, F. and Johnson, E. C. 1961. H-507, Nuevo maíz híbrido para zonas tropicales. *Agric. Téc.* 11:9-11.
- Santamaría, F. J. 1992. Diccionario de mexicanismos. 5<sup>a</sup> (Ed.). Porrúa. México. 1207 p.
- Sierra, M. M.; Preciado, R. E.; Martínez, J. J.; Gómez, R. M.; Valdivia, F.; Caballero, J. J.; Alcázar, F. A. y Rodríguez, M. C. Arroyo. 1990. V-530 una nueva variedad de maíz para las áreas tropicales de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 13(2):204.
- Siméon, R. 1977. Diccionario de la Lengua Náhuatl Mexicana. Siglo Veintiuno. México. 783 p.
- Sprague, E. W. 1981. Mejoramiento de la producción de maíz en América Latina. CIMMYT. 10 p.
- Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M. and Hernández, X. E. In collaboration with P. C. Mangelsdorf. 1952. Races of maize in Mexico. Bussey Institution, Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. USA. 223 p.
- Williams II, M. M.; Baydston, R. A. and Davis, A. S. 2008. Crop competitive ability contributes to herbicide performance in sweet corn. *Weed Res.* 48:58-67.