

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de la Densidad de Siembra en la Expresión de Caracteres de la  
Mazorca y Grano en Poblaciones de Maíz

Por:

**OSWUALDO PÉREZ MENDOZA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de la Densidad de Siembra en la Expresión de Caracteres de la  
Mazorca y Grano en Poblaciones de Maíz

Por:

**OSWUALDO PÉREZ MENDOZA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Froylán Rincón Sánchez  
Asesor Principal

Dr. Juan Manuel Martínez Reyna  
Coasesor

Dr. Francisco Javier Sánchez Ramírez  
Coasesor

Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2018

## AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”** por brindarme la oportunidad de obtener nuevos conocimientos, de prepararme para la vida, de triunfar como profesionista y por fungir como mi segundo hogar.

Al **departamento de Fitomejoramiento a todos los profesores y el personal** que lo conforman por apoyarme, por darme buenas herramientas para ser un buen profesionista y una mejor persona.

Al **Dr. Froylán Rincón Sánchez** por confiar en mí y por permitirme trabajar en uno de sus proyectos, por todo el apoyo que me brindó para poder concluir este trabajo, el tiempo que dedicó a la revisión de este trabajo, por los buenos consejos y el conocimiento que compartió conmigo, le estoy muy agradecido.

Al **Dr. Juan Manuel Martínez Reyna**, por ser una persona admirable, excelente profesor y tutor, por todo el conocimiento que compartió conmigo, los buenos consejos que me dio, por influir mucho en mi formación académica y por hacerme una mejor persona.

Al **Dr. Francisco Javier Sánchez Ramírez**, por su valioso tiempo y por su dedicación a la revisión de este trabajo, muchas gracias.

A la **Dra. Susana Gómez Martínez**, por ser una excelente persona, profesora y profesionista. Por apoyarme durante toda mi formación académica, por sus consejos y por el conocimiento que adquirí gracias a ella.

Al **Dr. Jorge Raúl González Domínguez**, por todas las enseñanzas que me brindó, por el apoyo que recibí de él para poder concluir esta etapa tan importante en mi vida.

A todos mis **compañeros y amigos en especial a Heriberto, Gustavo, Rober, Efraín, José Manuel, José Guadalupe, Marco Antonio, Rigoberto**, por brindarme su amistad y hacer mi estancia en la universidad más amena por compartir buenos momentos, también para mi equipo de futbol “los cuchis” y amigo Anthony Velasco que nunca olvidare, gracias por todo.

A toda la **familia Pérez Mendoza**, por apoyarme a cumplir este gran objetivo, por estar ahí siempre apoyándome, estoy muy agradecido y orgulloso de tener y formar parte de esta familia.

## DEDICATORIA

Especialmente a mis queridos padres **Ma. Reina Mendoza Pérez y Celso Pérez Estrada** por estar siempre cuando los necesito, por el apoyo que me dan, la fuerza que recibo de ellos para seguir cumpliendo mis objetivos, por los sacrificios y esfuerzo que hicieron para que pudiera culminar mi carrera y por todo el amor que me dan, me hacen sentir tan especial, muchas gracias los amo mucho.

A mis hermanos **Ana María, Orlando, Jorge Luis, Liliana y Erika Lizeth**, por apoyarme en todo, por los consejos que me dan, los buenos momentos que pasamos juntos que nunca olvidaré, por confiar en mí, por hacerme sentir muy especial y por todo el amor que me dan, me alegro mucho de que sean mis hermanos, muchas gracias los amo mucho.

A mis sobrinos, **Itzel Marely, Angely Mariany, Elani Lucía, Fernanda Yisell, Ximena Guadalupe, Keyli Nicole, Adán Gael, Hannia Lucía y Héctor Elías**, por el cariño que me brindan, cada momento que paso con ellos y por esos momentos de alegría que me hacen pasar, los quiero mucho.

A mi mejor amigo y hermano **Yoan Carlos Jiménez Barreto** por todo el apoyo que me da, por los buenos consejos, por enseñarme a luchar por lo que queremos y que con perseverancia lo podemos lograr, por permitirme formar parte de su vida con esta larga y bonita amistad, por ser una persona admirable y digno de gran ejemplo a seguir, muchas gracias hermano.

A toda mi familia, a **mis abuelas, mis primos**, y todos los que forman esta gran familia, que cada uno aportó su “granito de arena” para que concluyera este gran objetivo.

A mis grandes amigas **Alondra Osorio y Yessenia Rodríguez** por apoyarme, por brindarme esa hermosa amistad y por ser esas personas en quien confiar y estar siempre para mí, muchas gracias por confiar en mí, y permitirme conocerlas, las quiero mucho.

A mis amigos **René Hazael, Baldo Israel, Fernando David, Ramiro, Gustavo, José Ángel, Rafael y Samuel** por permitirme conocerlos y formar parte de mi vida y por el apoyo que me dan.

A todas las personas que forman parte de mi vida, que han influido en mi persona, en quien soy y que contribuyen a que pueda seguir adelante, que me apoyan y confía en mí, muchas gracias.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Objetivos .....	3
Hipótesis.....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
Importancia del maíz en México .....	4
Densidad de siembra.....	6
Efectos de la densidad en el rendimiento en maíz .....	7
Densidad de siembra y su efecto en caracteres de mazorca y grano de maíz.....	8
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
Material genético .....	9
Ubicación del sitio experimental .....	9
Labores culturales .....	10
Siembra .....	10
Densidades .....	10
Fertilización .....	11
Riego .....	11
Diseño experimental.....	11
Caracterización de mazorcas .....	12

Variables estudiadas .....	12
Análisis de la información.....	15
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>28</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Características climáticas de las localidades incluidas en el estudio. ....	10
<b>Cuadro 2.</b> Cuadrados medios del análisis de varianza de los caracteres de la mazorca y grano en genotipos de maíz a través de dos localidades evaluadas en el 2016. ....	19
<b>Cuadro 3.</b> Comparación de medias de los dos ambientes de evaluación, General Cepeda, Coahuila y El Mezquite, N. L. 2016. ....	20
<b>Cuadro 4.</b> Comparación de medias de los genotipos evaluados para caracteres de la mazorca y grano de maíz; en dos ambientes contrastantes en 2016.....	23
<b>Cuadro 5.</b> Comparación de medias de densidades para caracteres de mazorca y grano de maíz evaluadas en las localidades de General Cepeda, Coahuila y El Mezquite, N. L. 2016.....	25

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>figura 1.</b> Comparación relativa de la producción de cereales en México en 2016. ....	5

## RESUMEN

En México el maíz es la especie más cultivada y la segunda a nivel mundial. En nuestro país se produce en dos ciclos: primavera-verano y otoño-invierno con riego y bajo condiciones de temporal o seco. Este trabajo de investigación se llevó a cabo durante el ciclo de primavera-verano de 2016, en dos localidades: General Cepeda, Coahuila y el Mezquite, Galeana, Nuevo León. Los objetivos fueron: 1) Analizar la influencia de la densidad de siembra en la expresión de los caracteres de la mazorca y grano en poblaciones de maíz; 2) Analizar los efectos de la interacción genotipo x ambiente en caracteres de la mazorca y grano en maíz. En el ensayo se utilizaron seis genotipos de maíz, de los cuales, cuatro son variedades nativas, dos adaptadas a alturas intermedias de las razas Celaya y Ratón (PT14C y PT14R), y dos poblaciones adaptadas a Valles Altos (Chapul y Jagüey) de la raza Cónico Norteño. También se incluyó la variedad mejorada JAGUAN y una variedad experimental (VAM). Los seis genotipos fueron establecidos en densidades de siembra de 30, 40, 50 y 60 mil plantas  $ha^{-1}$  en ensayos repetidos en las dos localidades. Se encontraron diferencias estadísticas entre localidades y variedades, debido a que las localidades cuentan con condiciones climáticas y altitudes contrastantes, en tanto que, en las variedades, representan a poblaciones nativas de diferente grupo racial y diferente origen, además de dos variedades mejoradas. La interacción localidades x variedades sólo se encontró en el número de granos por hilera, la proporción de grano y las dimensiones del grano. El efecto de la densidad de siembra se manifestó sólo en el número de granos por hilera, el diámetro de la mazorca y las dimensiones del grano como el ancho y espesor. La interacción localidades x densidades fue de importancia sólo en el número de granos por hilera y longitud de la mazorca, por lo que, bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio, la densidad de siembra no tiene implicaciones en la expresión de la mayoría de los caracteres de la mazorca y grano en poblaciones de maíz.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., densidad de siembra, caracteres de mazorca y grano.

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es la especie más cultivada en México y la segunda más cultivada en el mundo. En México tiene un alto valor cultural, social y alto impacto económico, al ocupar la mayor superficie sembrada en áreas de temporal y riego; en el año 2016 se sembraron 7,567,017 ha obteniendo una producción de 26,582,280 toneladas con un rendimiento promedio nacional de 3.759 t ha<sup>-1</sup> (SAGARPA-SIAP, 2016).

En México, el maíz se produce en dos ciclos: primavera-verano y otoño invierno y con dos posibles alternativas hídricas (riego y temporal). En el año 2016 en el estado de Coahuila de Zaragoza, las siembras de maíz para grano de temporal fueron de 24,516 ha con una producción de 17,999 toneladas y un rendimiento promedio de 0.734 t ha<sup>-1</sup> (SAGARPA-SIAP, 2016).

El cultivo de maíz es un ejemplo de que el rendimiento máximo en grano se presenta a una densidad de siembra definida (Fery y Janick, 1971). Es por esto, que para su siembra, la elección de la densidad de siembra constituye uno de los aspectos de manejo que incide en el rendimiento final, diferenciándose de otros cultivos como trigo, soya o girasol, que tienen una mayor capacidad de ajuste ante variaciones en la densidad.

A través de los años se han podido identificar los diferentes factores que tienen un efecto en el rendimiento del cultivo de maíz; los factores que destacan son: clima, nutrición, riego, genotipo, densidad de siembra, entre otros. Debido a esto, la tecnología agrícola para el cultivo de maíz ha sido mejorada, lo cual tiene un impacto sobre cada factor, teniendo como objetivo lograr que la planta exprese su máximo potencial de rendimiento (INTAGRI, 2018).

De estos factores, la densidad de siembra, es decir, la cantidad de plantas a establecer en el terreno es una de las decisiones más complejas que toman los agricultores al momento de establecer el cultivo de maíz, porque al utilizar una densidad que no es la adecuada, la planta se ve afectada en cuanto a su expresión máxima de rendimiento.

La densidad de plantas por superficie puede aumentar o disminuir la captación de luz solar, por lo que una densidad de siembra alta no será soportada por la competencia que se genera, en tanto que una densidad baja, limita el rendimiento por unidad de superficie. Además del rendimiento de grano, el análisis de los efectos de la densidad de siembra en los caracteres morfológicos y los componentes del rendimiento, pueden influir de manera significativa en la descripción y comparación relativa de genotipos específicos y en la caracterización de germoplasma en general.

En el presente trabajo se planteó realizar un estudio sobre los efectos que tiene la densidad de siembra en la expresión de caracteres de la mazorca y grano de maíz, para lo cual se usaron diferentes genotipos en dos localidades contrastantes y se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis:

**Objetivos:**

1. Analizar la influencia de la densidad de siembra en la expresión de los caracteres de la mazorca y grano en poblaciones de maíz.
2. Analizar los efectos de la interacción genotipo x ambiente en caracteres de la mazorca y grano en maíz.

**Hipótesis:**

1. La expresión de los caracteres de la mazorca y grano maíz de alguno de los genotipos estudiados se ve afectada por la densidad de siembra.
2. La expresión de los caracteres de la mazorca y grano de los genotipos de maíz es afectada por factores ambientales.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

El maíz (*Zea mays* L.) es una especie de la familia botánica Poaceae o Gramineae, al igual que el trigo, el arroz, la cebada, el centeno y la avena. Este cultivo se originó mediante el proceso de domesticación que llevaron a cabo los antiguos habitantes de Mesoamérica, a partir de los “teocintles”, pariente silvestre del maíz, que crecen de manera natural principalmente en México y en parte de Centroamérica. Se considera que las poblaciones de teocintle del centro del México (Kato, 1984) o los que crecen en el trópico seco de la Cuenca del Balsas (Matsuoka *et al.*, 2002), pudieron ser los ancestros de los cuales se domesticó el maíz como planta cultivada.

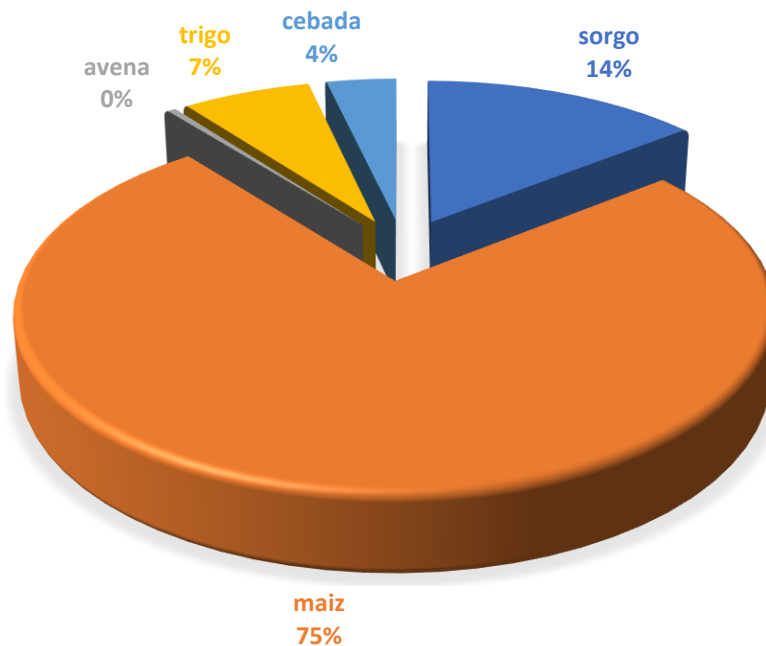
El maíz es una especie que no se encuentra en estado silvestre debido a que los individuos de esta especie son incapaces de sobrevivir en condiciones naturales porque no cuentan con mecanismos adecuados para la diseminación de sus semillas, ya que cuando germinan, por permanecer unidas al olote se produce una competencia muy alta entre plantas, esto impide que se desarrollen y que puedan producir nuevas semillas.

### **Importancia del maíz en México**

México es reconocido como el centro de origen del maíz, donde se concentra la mayor diversidad del mundo y donde ha evolucionado, y existe la presencia de sus parientes silvestres, los teocintles, y otro conjunto de gramíneas relacionadas, las especies del género *Tripsacum* (maicillos).



El maíz se siembra en una amplia gama de condiciones climáticas y altitudes, y se encuentra en todos los estados de la república mexicana. Se siembran diversas variedades y se consume de distintas formas. Es el principal cultivo tanto por la superficie que se siembra como por el volumen de producción que se obtiene. En la producción de cultivos en México, el maíz se ubica como el principal cultivo comparado con el sorgo, trigo, cebada, arroz y avena, (SAGARPA-SIAP, 2016). La producción de los principales cereales producidos en México se presenta en la Figura 1, en ella se muestra el porcentaje de la producción que ocupa el cultivo maíz con respecto a otros cereales que se cultivan en México (SAGARPA-SIAP, 2016).



**Figura 1.** Comparación relativa de la producción de cereales en México en 2016 (SAGARPA-SIAP, 2016).

En la Figura 1 se muestra el porcentaje de la producción que ocupa el cultivo maíz con respecto a otros cereales que se cultivan en México (SAGARPA-SIAP, 2016).

En México el maíz tiene un alto valor cultural, social y alto impacto económico, al ocupar la mayor superficie sembrada en áreas de temporal y riego. En 2016 se sembraron 7,567,017 con un valor de la producción de 26,582,280 toneladas y con un rendimiento promedio nacional de 3.759 t ha<sup>-1</sup> (SAGARPA-SIAP, 2016). El maíz de grano blanco y amarillo son variantes estratégicas para México, por su importancia tanto en la alimentación humana, en la que sin duda contribuye a la seguridad alimentaria, como en la ganadera.

### **Densidad de siembra**

La densidad de siembra se refiere al número de plantas que se establecen en una determinada unidad de superficie, por lo general es expresada en plantas por hectárea (plantas ha<sup>-1</sup>).

La densidad de siembra está estrechamente relacionada con los efectos asociados en la competencia de otras plantas de la misma o de otra especie, y además, con las variaciones que esto implica en la captación de la radiación solar (Fageria, 1992).

La densidad de plantas por superficie puede aumentar o disminuir la captación de luz solar, por lo que es importante decidir la densidad que se establecerá. Una densidad de siembra alta no será soportada por la competencia

que se genera, en tanto que una densidad baja, limita el rendimiento por unidad de superficie y permite el establecimiento de arvenses.

### **Efectos de la densidad en el rendimiento en maíz**

El factor controlable más importante para poder obtener mayor rendimiento en el cultivo es la densidad de siembra. Un ejemplo claro es el cultivo de maíz que tiene alta influencia por la densidad de siembra; ésta influye en el rendimiento de grano y en las características agronómicas. El rendimiento de grano se incrementa con una densidad alta, pero llega a un punto máximo en que se disminuye el rendimiento, esto es cuando la densidad de población sobrepasa el límite (Sangoi, 2000).

Los productores de maíz frecuentemente modifican la densidad de población para obtener mejores rendimientos de grano, aunque no siempre establecen la densidad de población óptima. Cuando se utiliza una densidad superior a la adecuada para el genotipo de maíz, se incrementa la competencia por agua, nutrientes y luz solar, esto ocasiona que se tenga una reducción en el volumen radical, número de mazorcas, cantidad y calidad de grano en cada planta, se incrementan enfermedades de raíz y las plantas son más propensas al acame (Njoka *et al.*, 2005).

Según Andrade *et al.* (1994), la mayor parte de la respuesta de rendimiento de grano de maíz a la reducción de la distancia entre surcos estuvo estrechamente relacionada con el incremento en la intercepción de la radiación solar durante el periodo crítico de formación de grano.

De acuerdo con Barbieri *et al.* (2000), los surcos angostos (0.35 y 0.7 m) incrementaron significativamente el número de granos por unidad de superficie, en consecuencia, el rendimiento de grano de maíz fue incrementado. Los surcos angostos tuvieron respuesta positiva en el incremento del rendimiento de grano y número de granos, con un 20.5 % y 14.5 %, respectivamente.

Según Shapiro y Wortmann (2006), la reducción del espaciamiento entre surcos de 0.76 a 0.51 m incrementó el rendimiento de grano en maíz en un 4 %, este rendimiento no fue afectado por el incremento en la densidad de plantas superiores a 61 800 plantas ha<sup>-1</sup>, pero se obtuvo un mayor rendimiento con el espaciamiento en surcos angostos.

### **Densidad de siembra y su efecto en caracteres de mazorca y grano de maíz**

Mandić (2011), encontró que la longitud de mazorca, número de granos por mazorca, número de granos por hilera, peso de granos por mazorca, peso de la mazorca, peso de 1000 granos se ven afectados negativamente con un incremento de en la densidad de siembra, mientras que el número de hileras por mazorca no cambia al incrementar la densidad.

Según Lima *et al.* (2014), el rendimiento en grano es mayor en una densidad alta, debido al aumento del número de mazorcas por hectárea; mientras que la longitud de mazorca y número de granos disminuyen. Por otra parte, el peso de 100 granos no se ve afectado por el aumento de la densidad.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Material genético**

En el ensayo se utilizaron seis genotipos de maíz, de los cuales cuatro son variedades criollas: PT14C y PT14R provenientes de la localidad Porvenir de Tacubaya, General Cepeda, Coahuila, de las razas Celaya y Ratón respectivamente, adaptados a alturas intermedias; dos poblaciones adaptadas a valles altos, Chapul y Jagüey de la raza Cónico Norteño, provenientes de las localidades Chapultepec, Arteaga y Jagüey de Ferniza, Saltillo Coah. También se utilizó una variedad mejorada (JAGUAN) y una variedad experimental (VAM).

En el presente estudio se realizó la descripción de caracteres cuantitativos de una muestra representativa de cuatro mazorcas obtenidas de la unidad experimental de dos repeticiones de la evaluación en dos localidades.

#### **Ubicación del sitio experimental**

La evaluación agronómica fue realizada en dos localidades contrastantes: El Mezquite, Galeana, N. L., localizada a 10 km de los límites de Saltillo, Coah., y General Cepeda, Coah. La localidad General Cepeda, Coahuila, está localizada en 25° 22' 35" latitud Norte y 101° 28' 30" longitud Oeste a una altura de 1 468 m. La localidad El Mezquite, Galeana, Nuevo León, se localiza a 25° 08' 34" latitud Norte, 100° 44' longitud Oeste, a una altura de 1 890 m. La descripción general de las condiciones ambientales de cada localidad se presenta en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Características climáticas de las localidades incluidas en el estudio.

	<b>General Cepeda, Coahuila</b>	<b>El Mezquite, Galeana, Nuevo León</b>
Precipitación media anual (mm)	285.4	372.2
Temperatura media anual (°c)	19.54	16.24
Altitud (msnm)	1 468	1 980

Fuente: INIFAP, 2018.

### **Labores culturales**

Las labores culturales, se realizaron de acuerdo con las necesidades del cultivo en cada localidad.

### **Siembra**

La fecha de siembra para la localidad El Mezquite, Galeana, Nuevo León se llevó a cabo el 2 de mayo de 2016; y para la localidad General Cepeda, Coahuila el 31 de mayo de 2016.

### **Densidades**

Las densidades de siembra para el estudio fueron de 30.000, 40.000, 50.000 y 60.000 plantas por hectárea para cada genotipo utilizado en el ensayo.

## **Fertilización**

La dosis de fertilización que se utilizó fue de 120-60-60 en las dos localidades contrastantes. Al momento de siembra se aplicó la mitad del Nitrógeno, todo el Fósforo y todo el Potasio con fertilizante químico Triple 17 (17-17-17); la otra mitad del Nitrógeno se aplicó cuando se realizó el primer cultivo con fertilizante Urea (46-00-00).

## **Riego**

El riego en la localidad de El Mezquite, Galeana, Nuevo León se realizó con Pivote Central de acuerdo con las necesidades hídricas del cultivo. En la localidad General Cepeda el riego se realizó con un sistema de goteo por cintilla de acuerdo con las necesidades del cultivo.

## **Diseño experimental**

Los genotipos fueron establecidos en un diseño experimental de bloques completos con arreglo factorial 6x4, correspondiente a los seis genotipos y cuatro densidades de siembra, respectivamente. Las densidades de siembra fueron de 30, 40, 50 y 60,000 plantas por hectárea. La aleatorización fue generada con el software CropStat (IRRI, 2007). La unidad experimental estuvo constituida de dos surcos de 4 metros de largo. Se sembraron semillas suficientes por cada surco para posteriormente realizar un aclareo, de acuerdo con la densidad de población requerida.

## **Caracterización de mazorcas**

Las mazorcas que fueron utilizadas como muestras en el ensayo fueron obtenidas de la siembra de los genotipos evaluados en las dos localidades. En la cosecha se identificaron cuatro mazorcas representativas de cada unidad experimental para realizar su caracterización.

La caracterización del material genético se realizó en el laboratorio de análisis de semillas del Centro de Conservación de Semillas Ortodoxas, Región Norte, del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para Alimentación y la Agricultura (SINAREFI).

Para realizar la caracterización de las mazorcas y la obtención de datos de los granos se usaron los descriptores para maíz (IBPGR, 1991) y el Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz (SAGARPA-SNICS-COLPOS, 2010).

Para la obtención de datos cuantitativos se utilizaron instrumentos de medición tales como: vernier, regla y báscula; para el secado de grano se utilizó una estufa de secado.

## **Variables estudiadas**

Los datos de la mazorca fueron obtenidos de cuatro mazorcas representativas de cada unidad experimental, de las cuales se tomaron los siguientes datos:



**Peso de mazorca (PMAZ).** El peso de la mazorca se obtuvo con una balanza analítica y los datos se reportaron en gramos.

**Número Hileras (HIL).** Se contó el número de hileras en cada una de las mazorcas incluidas en la muestra.

**Granos por hilera (GHIL).** Se eligió una hilera representativa de la mazorca y se contó el número de granos en la hilera.

**Longitud de mazorca (LMAZ).** Se midió la longitud de la mazorca y se registró en centímetros.

**Diámetro de mazorca (DMAZ).** El diámetro se midió en la parte ecuatorial de la mazorca y los datos se registraron en centímetros.

**Dimensiones del grano.** Se obtuvieron al medir 10 granos de la mazorca tomados de la parte media de la mazorca y de una hilera al azar para que sean representativos.

**Largo de grano (LMG).** Se midió el largo de 10 granos y el registro se reportó el promedio por grano en centímetros.

**Ancho de grano (AMG).** El ancho de grano se determinó al medir la anchura de 10 granos de mazorca y se reportó el promedio por grano en centímetros.

**Espesor de grano (EMG).** El espesor de los granos se midió de 10 granos representativos de la mazorca y el registro se reportó en promedio por grano en centímetros.

**Peso de 100 semillas (P100S).** Con el peso de 10 granos cada mazorca se estimó el peso de 100 semillas expresado al 12 % de humedad.

**Peso seco de 100 semillas (PS100S).** Las semillas utilizadas para las dimensiones del grano de cada mazorca fueron sometidas al secado por el método de la estufa, y posteriormente se estimó el peso seco de 100 semillas expresado en gramos.

**Peso de semillas (PSEM).** Se desgranó la mazorca y se pesaron todos los granos con una balanza analítica, y se reportó en gramos.

**Proporción total de semilla, porcentaje de desgrane (DESG).** Se calculó de dividir el peso de la semilla (PSEM) entre el peso de la mazorca (PMAZ).

**Diámetro de olote (DOLO).** El diámetro del olote se midió de la parte ecuatorial del olote y se reportó en centímetros.

## **Análisis de la información**

El análisis de los datos de las características de la mazorca y grano de maíz se realizó mediante un análisis de varianza con el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute, 2004), donde se probaron los efectos de variedades, las densidades y la interacción de variedades x densidades y cada uno de estos factores por las localidades de evaluación. Se realizó la comparación de medias de cada factor a través de la comparación múltiple de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 2 presenta los cuadrados medios del análisis de varianza para las variables de la mazorca y grano a través de las localidades.

En nueve de las de 11 variables estudiadas se presentó diferencia estadística ( $P \leq 0.05$ ), ( $P \leq 0.01$ ) entre las localidades, lo que es explicado por la diferencia en las condiciones ambientales entre las localidades donde se realizó la evaluación (Cuadro 1).

En lo que respecta a las variedades, con excepción del número de hileras en la mazorca, se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en todas las variables incluidas en el estudio. Esto se explica debido a las diferencias que hay entre los genotipos de este estudio. En la densidad de siembra, sólo se encontró diferencia significativa ( $P \leq 0.01$ ) en GHIL, DMAZ y EMG; y diferencia al 0.05 de probabilidad en AMG. Esto indica que las densidades afectaron en promedio al número de granos por hilera, además, el diámetro de la mazorca también mostró una interacción con la densidad; el diámetro de la mazorca mostró diferencias debido a que el espesor y el ancho de grano tuvieron variaciones con las diferentes densidades de población.

En la interacción de las localidades por variedades no se encontraron diferencias en la mayoría de las variables, no obstante, si se mostró diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) para las variables GHIL, DESG, LMG, AMG, EMG, esto indica que el ambiente tiene interacción con dichas variables.

En la interacción variedades por densidades sólo mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para las variables P100S y PS100S, las demás variables no se vieron afectadas por las densidades de siembra evaluadas. En la interacción localidades por densidades se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) para dos variables (GHIL y LMAZ) lo cual quiere decir que estas variables mostraron expresión diferenciada en cada localidad evaluada.

Se encontraron diferencias significativas entre localidades y variedades, lo que era de esperarse debido a que son localidades contrastantes en clima; en tanto que en variedades, los genotipos son diferentes al incluir variedades nativas de diferente origen y grupo racial, y por otro lado, la presencia de dos variedades mejoradas. En el caso de densidades sólo en cuatro variables se encontraron diferencias, principalmente en variables que son afectadas por el ambiente como los componentes de rendimiento.

La interacción localidades x variedades encontrada en cinco variables explica el comportamiento diferente de las variedades en los dos ambientes. En el caso de las densidades de siembra y localidades x densidades, la respuesta en la expresión de los caracteres de la mazorca y grano no es consistente, lo que pudiera interpretarse que su efecto no es de gran relevancia bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio. Diversos autores (Mandić, 2011; Lima *et al.*, 2014), han señalado que los caracteres de la mazorca son afectados por el incremento en la densidad de siembra. Sin embargo, en este caso particular, para la descripción se obtuvo una muestra representativa de mazorcas por cada combinación de localidades x poblaciones x repeticiones, lo que pudiera estar sesgando los efectos de las densidades por efecto de muestreo, comparado con una muestra tomada de manera aleatoria.

En la fuente de variación mazorcas dentro de variedades por densidades solo se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) en LMAZ y diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en la variable GHIL. Esto indica que en general no hubo diferencia significativa en el muestreo de las mazorcas por cada unidad experimental, debido al método de obtención de la muestra, por lo tanto, no contribuyen a las diferencias en otra fuente de variación.

**Cuadro 2.** Cuadrados medios del análisis de varianza de los caracteres de la mazorca y grano en genotipos de maíz a través de dos localidades evaluadas en el 2016.

FV	GL	HIL	GHIL		LMAZ	DMAZ	DOLO	P100S	DESG	PS100S	LMG	AMG	EMG
					(cm)	(cm)	(cm)	(g)	(g)	(g)	(cm)	(cm)	(cm)
Localidades (Loc)	1	147.450	788.710 *	255.850 *	26.401 **	9.649 **	3530.170 *	0.021 *	2733.764 *	0.914 *	0.092 *	0.007	
Repeticiones/Loc	2	32.110	20.650	5.330 *	0.199	0.024	42.424	0.001	32.853	0.023	0.004	0.002	
Variedades (Var)	5	18.720	1230.290 **	152.420 **	1.228 **	4.514 **	269.679 **	0.022 **	208.840 **	0.358 **	0.097 **	0.031 **	
Densidades (Den)	3	43.780	130.620 **	3.480	0.695 **	0.103	31.179	0.003	24.145	0.027	0.020 *	0.009 **	
Var x Den	15	31.880	24.870	2.590	0.139	0.128	55.447 *	0.002	42.938 *	0.011	0.005	0.002	
Mazorcas/Var x Den	72	31.710	21.710 *	4.960 **	0.086	0.078	27.682	0.004	21.437	0.012	0.006	0.002	
Loc x Var	5	22.940	49.050 *	2.440	0.155	0.123	27.654	0.007 *	21.416	0.029 *	0.010 *	0.004 *	
Loc x Den	3	18.080	71.430 **	12.910 **	0.106	0.110	13.799	0.001	10.686	0.007	0.002	0.001	
Loc x Var x Den	15	34.630	24.640	2.610 **	0.094	0.135	21.426	0.005	16.593	0.009	0.003	0.002	
Error	258	29.130	16.055	1.211	0.101	0.087	23.413	0.003	18.131	0.011	0.004	0.002	
C.V. (%)		37.464	11.275	6.874	7.219	12.557	14.932	6.516	14.932	8.249	8.124	10.627	

\*, \*\* = Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente. HIL= Número de hileras; GHIL= Número de granos por hilera; LMAZ= Longitud de mazorca; DMAZ= Diámetro de mazorca; DOLO= Diámetro de olote; P100S= Peso de 100 semillas; DESG= Porcentaje de desgrane; PS100S= Peso seco de 100 semillas; LMG= Longitud de grano; AMG= Ancho de grano; EMG=Espesor de grano; Mazorcas/Var x Den= Mazorcas dentro de Variedades x Densidades.

**Cuadro 3.** Comparación de medias de los dos ambientes de evaluación, General Cepeda, Coahuila y El Mezquite, N. L. 2016.

LOC	HIL	GHIL	LMAZ (cm)	DMAZ (cm)	DOLO (cm)	P100S (cm)	DESG (%)	PS100S (cm)	LMG (cm)	AMG (cm)	EMG (cm)
GC	13.76 <sup>+</sup> a	34.18 b	15.21 b	4.13 b	2.19 b	29.36 b	0.84 b	25.84 b	1.20 b	0.81 b	0.40 a
MEZ	15.03 a	36.86 a	16.79 a	4.66 a	2.51 a	35.39 a	0.85 a	31.14 a	1.30 a	0.84 a	0.41 a
Tukey ( $\alpha=0.05$ )	2.50	2.01	1.02	0.20	0.07	2.88	0.01	2.53	0.07	0.03	0.02

+ Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey  $\alpha=0.05$ ); LOC= Localidades; HIL= Número de hileras; GHIL= Número de granos por hilera; LMAZ= Longitud de mazorca; DMAZ= Diámetro de mazorca; DOLO= Diámetro de olote; P100S= Peso de 100 semillas; DESG= Porcentaje de desgrane; PS100S= Peso seco de 100 semillas;



LMG= Longitud de grano; AMG= Ancho de grano; EMG= Espesor de grano; GC= Localidad General Cepeda, Coahuila;  
MEZ= Localidad El Mezquite, N. L.

En el Cuadro 3 se presenta la comparación de medias de los ambientes de evaluación. En dicho Cuadro se muestra que El Mezquite, N. L. es superior de acuerdo con las medias de todas las variables estudiadas. Sin embargo, la variable HIL y EMG pertenecen al mismo grupo estadístico de acuerdo con la prueba de Tukey  $\alpha=0.05$ , pero de acuerdo con las medias es superior El Mezquite, N. L. para hileras en la mazorca y espesor de grano con un promedio de 15.04 y 0.41, respectivamente para dichas características. Lo anterior indica que la mayoría de las variables se comportó diferente en cada localidad, excepto por las variables HIL y EMG.

La comparación de medias de los ambientes de evaluación muestra en el Cuadro 3 que los genotipos estudiados con excepción del número de hileras y el espesor de grano presentaron valores superiores en la localidad El Mezquite, N. L. Lo anterior indica que los ambientes tienen un efecto en la expresión de caracteres de la mazorca, y en este caso, la localidad El Mezquite se considera un ambiente favorable para la expresión de las variables estudiadas y por lo tanto, para el rendimiento de grano, en comparación con la localidad de General Cepeda, el cual se consideró un ambiente más restrictivo para la producción, dadas las condiciones de estrés para el cultivo asociado principalmente con temperaturas altas.

**Cuadro 4.** Comparación de medias de los genotipos evaluados para caracteres de la mazorca y grano de maíz; en dos ambientes contrastantes en 2016.

VAR	HIL	GHIL	LMAZ (cm)	DMAZ (cm)	DOLO (cm)	P100S (g)	DESG (%)	PS100S (g)	LMG (cm)	AMG (cm)	EMG (cm)
Chapul	14.76 <sup>+</sup> a	33.73 b	15.04 c	4.41 ab	2.10 c	32.35 ab	0.87 a	28.47 ab	1.36 a	0.79 cd	0.40 b
JAGUAN	14.37 a	31.19 c	14.33 c	4.52 ab	2.46 b	32.26 b	0.84 abc	28.39 b	1.26 b	0.82 bc	0.40 b
Jagüey	14.81 a	32.98 bc	15.03 c	4.38 b	2.14 c	31.42 bc	0.87 ab	27.65 bc	1.32 a	0.77 d	0.40 b
PT14C	13.34 a	41.42 a	18.51 a	4.41 ab	2.48 b	34.14 ab	0.84 bc	30.04 ab	1.22 b	0.87 a	0.41 b
PT14R	14.56 a	40.56 a	16.85 b	4.15 c	2.15 c	29.22 c	0.85 abc	25.71 c	1.20 bc	0.83 b	0.37 c
VAM	14.61 a	33.19 bc	16.24 b	4.53 a	2.78 a	35.05 a	0.82 c	30.85 a	1.15 c	0.86 ab	0.44 a
Tukey $\alpha=0.05$	2.93	2.42	1.16	0.15	0.15	2.74	0.03	2.41	0.06	0.04	0.02

+ Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey  $\alpha=0.05$ ); VAR= Variedades; HIL= Número de hileras; GHIL= Número de granos por hilera; LMAZ= Longitud de mazorca; DMAZ= Diámetro de mazorca; DOLO= Diámetro de olote; P100S= Peso de 100 semillas; DESG= Porcentaje de desgrane; PS100S= Peso seco de 100 semillas; LMG= Longitud de grano; AMG= Ancho de grano; EMG= Espesor de grano; Chapul= Maíz de la raza Cónico Norteño de la localidad Chapultepec, Arteaga, Coahuila; JAGUAN= Variedad mejorada; Jagüey = Maíz de la raza Cónico Norteño de la localidad de Jagüey de Ferniza, Saltillo, Coahuila; PT14C y PT14R= Poblaciones de la localidad Porvenir de Tacubaya, General Cepeda, Coah. de las razas Celaya y Ratón, respectivamente ; VAM= Variedad experimental.

El Cuadro 4 muestra la comparación de medias de los genotipos evaluados para caracteres de la mazorca y grano de maíz.

Con excepción de número de hieras, la información del Cuadro 4 muestra la variación genética que existe entre los genotipos evaluados, la cual es explicada por el tipo de material genético y su adaptación. Las variedades Chapul, Jagüey y JAGUAN en general son similares en varios caracteres debido a que, son adaptados condiciones de clima de valles altos. Por otro lado, las variedades PT14C y PT14R también son similares en varios de los caracteres evaluados, debido a que son poblaciones adaptadas a áreas intermedias de las razas Celaya y Ratón, respectivamente, y además, proceden de la misma localidad.

**Cuadro 5.** Comparación de medias de densidades para caracteres de mazorca y grano de maíz evaluadas en las localidades de General Cepeda, Coahuila y El Mezquite, N. L. 2016

DEN	HIL	GHIL	LMAZ (cm)	DMAZ (cm)	DOLO (cm)	P100S (g)	DESG (%)	PS100S (g)	LMG (cm)	AMG (cm)	EMG (cm)
30	14.30 <sup>+</sup> a	36.83 a	16.23 a	4.49 a	2.40 a	33.16 a	0.85 a	29.18 a	1.27 a	0.84 a	0.39 b
40	14.27 a	35.28 ab	15.83 a	4.37 bc	2.33 a	31.87 a	0.85 a	28.05 a	1.24 a	0.81 b	0.41 ab
50	15.35 a	35.61 ab	15.99 a	4.43 ab	2.36 a	32.15 a	0.84 a	28.29 a	1.26 a	0.81 ab	0.40 ab
60	13.67 a	34.37 b	15.98 a	4.30 c	2.33 a	32.44 a	0.84 a	28.55 a	1.23 a	0.84 a	0.41 a
Tukey $\alpha=0.05$	2.14	1.78	0.85	0.11	0.11	2.01	0.02	1.77	0.04	0.03	0.02

+ Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey 0.05); DEN= Densidades de 30,40, 50 y 60 mil plantas ha<sup>-1</sup>; HIL= Número de hileras; GHIL= Número de granos por hilera; LMAZ= Longitud de mazorca; DMAZ= Diámetro de mazorca; DOLO= Diámetro de olote; P100S= Peso de 100 semillas; DESG= Porcentaje de desgrane; PS100S= Peso seco de 100 semillas; LMG= Longitud de grano; AMG= Ancho de grano; EMG= Espesor de grano.

El Cuadro 5 muestra la comparación de medias de las diferentes densidades evaluadas para caracteres de la mazorca y grano de maíz. Se puede observar que no hubo efectos significativos de las densidades de siembra en la mayoría de las variables estudiadas. En las variables donde se notó una respuesta a las densidades de siembra fueron el número de granos por hileras, diámetro de mazorca y espesor del grano, existe un patrón de asociación al efecto de las densidades. En GHIL y DMAZ, caracteres asociados a la expresión del rendimiento, en la medida que se incrementa la densidad de siembra se reducen los granos por hilera y el diámetro de la mazorca. Esto se puede explicar debido a que, a una mayor densidad, se genera una mayor competencia y por lo tanto una reducción de GHIL y DMAZ, esto es similar a lo que encontró (Fageria,1992). La densidad de siembra está estrechamente relacionada con los efectos asociados en la planta la competencia de otras plantas de la misma o de otra especie, y, además, con las variaciones que esto implica en la captación de la radiación solar.

## V. CONCLUSIONES

La interacción localidades x variedades sólo se encontró en el número de granos por hilera, la proporción de grano y las dimensiones del grano (longitud, ancho y espesor).

El efecto de la densidad de siembra se manifestó sólo en el número de granos por hilera, el diámetro de la mazorca y las dimensiones del grano como el ancho y espesor.

La interacción localidades x densidades fue de importancia sólo en el número de granos por hilera y longitud de la mazorca, por lo que, bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio, la densidad de siembra no tiene implicaciones en la expresión de la mayoría de los caracteres de la mazorca y grano en poblaciones de maíz.

## VI. LITERATURA CITADA

- Andrade, F. H., F.A. Margiotta, R. M. Martínez, P. Heiland, S. Uhart, A. Cirilo and M. Frugone. 1994. Densidad de plantas de maíz. Boletín Técnico N- 108. Est. Exp. Agrop. Balearce. INTA.
- Barbieri, P.A., H.R. Saínez Rozas, H.E. Echeverría y F. H. Andrade. 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. Agron. J. 92:282-288.
- Fageria N. K. 1992. Maximizing crops yield. New York, Marcel Dekker.
- Fery, R. L. and J. Janick, 1971. Response of corn (*Zea mays* L.) to population pressure. Crop Science. 11: 220-224.
- IBPGR. 1991. Descriptores para Maíz. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). Roma, Italia. 88 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2018. Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. Disponible en línea <http://clima.inifap.gob.mx> fecha de consulta 6 de diciembre de 2018.
- INTAGRI. 2018. Densidad de Siembra en el Cultivo de Maíz. Serie Cereales Núm. 38. Artículos Técnicos del Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI). México. 4 p.
- IRRI. 2007. CropStat for Windows versión 7.2. International Rice Research Institute. Metro Manila, Philippines.
- Kato Y., T.A. 1984. Chromosome morphology and the origin of maize and its races. Evolutionary Biology 17: 219-253.



- Lima E. S., P.S., P.I. Barbosa E. S., E. Bezerra S., E. Macedo D. S., L.E. Barreto D. S. 2014. Green ear and grain yield of maize grown at sowing densities. *RevistaCaatinga*, Mossoró, 27, 1, 116-121. Consulta: 16 de octubre de 2018. Disponible en línea. [https://www.researchgate.net/publication/289340751\\_Green\\_ear\\_and\\_grain\\_yield\\_of\\_maize\\_grown\\_at\\_sowing\\_densities](https://www.researchgate.net/publication/289340751_Green_ear_and_grain_yield_of_maize_grown_at_sowing_densities)
- Mandić, V. 2011. Genotipski odgovor *stay green* hibrida kukuruza na povećanu gustinu useva. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Republika Srbija, 1-162.
- Matsuoka Y., Y. Vigouroux, M. M. Goodman, J. Sánchez G., E. Buckler, and J. Doebley. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences, U. S. A.* 99 (9): 6080-6084.
- Njoka E.M., M. Muraya, M. Okumo. 2005. Plant density and thinning regime effect on maize (*Zea mays*) grain and fodder yield. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 44: 1215-1219.
- SAGARPA – SNICS - COLPOS 2010. Manual Gráfico para la Descripción Varietal de Maíz. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas - Colegio de Posgraduados. Ed. SNICS. 138p.
- SAGARPA-SIAP. 2016. Producción Agrícola Anual. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Disponible en línea. <http://www.sagarpa.gob.mx/>. (marzo 2018).
- Sangoi L 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciencia Rural*, Santa Maria. 31(1): 159-158.
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.

Shapiro, C. A. and C. S., Wortmann. 2006. Corn response to nitrogen rate, row spacing, and plant density in eastern Nebraska. *Agron. J.* 98:529-535.