

Densidades de población y niveles de fertilización en la producción de grano de una variedad experimental de maíz amarillo

Population densities and fertilization levels in grain yield of an experimental variety of yellow maize



Andrés Gustavo Rodríguez-Núñez¹, Norma Angélica Ruiz-Torres¹,
Celestino Flores-López²

¹Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas, ² Departamento Forestal.
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315,
Saltillo, Coah., México. Tel. (844) 4110236. andresrdz.1409@gmail.com [*Autor responsable].

RESUMEN

De la producción nacional de maíz sólo 8% corresponde al maíz amarillo, del que se importaron seis millones de toneladas en 2013. Para subsanar el déficit y reducir la importación de este grano, es necesario incrementar su producción y rendimiento a través de prácticas agronómicas. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la interacción entre dos niveles de fertilización y tres densidades de población en el rendimiento de grano de maíz amarillo. Este experimento se estableció en el ciclo de P-V 2014, en la localidad El Mezquite, municipio de Galeana, Nuevo León, México. Se utilizó semilla de una variedad experimental de color amarillo derivada de la cruce entre Pool 33 y Pool 34, provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Se evaluaron tres densidades de población: 60, 70 y 80 mil plantas ha⁻¹, y dos niveles de fertilización: 120-60-60 y 180-60-60 de N-P-K, respectivamente. El experimento se analizó con un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 2x3: dos niveles de fertilización, tres densidades de población, con cuatro repeticiones. Se evaluaron los siguientes caracteres agronómicos: altura de planta (APTA), altura de mazorca (AMAZ), floración masculina (FM), floración femenina (FF) y rendimiento (REN). Los resultados no mostraron diferencias significativas para densidades de población y niveles de fertilización en las variables evaluadas, lo que probablemente se debió a que el maíz estudiado era una variedad adaptada a la región, por lo que no requería de altos insumos para mejorar su producción.

Palabras clave: déficit, importación, prácticas agronómicas, interacción

ABSTRACT

Of the national maize production only 8% corresponded to yellow corn in 2013, six million tons were imported. Therefore, it is required to increase production of yellow corn grain, to address the deficit and reduce imports, implementing agronomic practices to increase their performance. The objective of this study was to determine the effect of the interaction between two levels of fertilization and three population densities in grain yield of yellow corn. The experiment was set up in the cycle of P-V 2014 in El Mezquite municipality of Galeana, Nuevo Leon. Seed of an experimental variety of yellow variety derived from a cross between Pool 33 and Pool 34 from the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) was used. Three population densities (60, 70 and 80 thousand plants ha⁻¹) and two fertilization levels (120-60-60 and 180-60-60 of N-P-K, respectively), were evaluated. The experiment was analyzed under an experimental design randomized blocks with factorial 2x3 (two fertilization levels three population densities) with four replications. Agronomic characters plant height (APTA), ear height (AMAZ), male flowering (FM), silking (FF), and efficiency (REN) were evaluated. The results showed no significant differences in population densities and fertilizer levels in the evaluated variables.

Key words: deficits, import, agronomic practices, interaction

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social, en el mundo el maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo agrícola más importante. En relación con su producción, en 2012 ocupó el primer lugar mundial, seguido del arroz de cáscara y el trigo (FAO, 2013). Entre los ciclos comerciales 2004/05 y 2014/15, la producción de maíz en el mundo presentó un crecimiento promedio anual de 3.5% para ubicarse en 1,008.7 millones de toneladas, lo que representa el nivel de producción más alto de la historia (FIRA, 2015).

En México, el maíz es el cultivo de mayor importancia porque contribuye con el 18% del valor de la producción del sector agrícola y concentra 33% de la superficie cultivada en el territorio nacional, la cual es de 7.5 millones de hectáreas, con un volumen de producción de grano de cerca de 22.7 millones de toneladas (SIAP, 2014), del que 8% corresponde al maíz amarillo, lo cual provoca que nuestro país sea deficitario al importar entre siete y diez millones de toneladas (FND, 2014). Ante tal situación, es importante el incremento de la producción de maíz de grano amarillo que permita subsanar el déficit y reducir la importación.

El uso de nuevas tecnologías que incluyan la aplicación de insumos agrícolas, como fertilización, combinadas con densidades de población y materiales criollos adaptados a cada región, es una alternativa para los productores del campo mexicano.

Para incrementar los rendimientos es conveniente un manejo agronómico, que considere la combinación eficiente de los siguientes factores: dosis de fertilización, densidades de población, uso de semillas mejoradas, además de otros.

Para la región sureste de Coahuila existe escasa información sobre la respuesta de los materiales mejorados a la aplicación de niveles de fertilización nitrogenada y densidades de población, aún más para maíz amarillo, por lo que el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de la interacción entre dos niveles de fertilización y tres densidades de población en el rendimiento de semilla de una variedad experimental de maíz amarillo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo primavera-verano de 2014, en la localidad El Mezquite, municipio de Ga-

leana, Nuevo León (24° 49' LN y 100° 05' LO), a una altitud de 1890 msnm. En el suelo del área de estudio predomina el tipo sedimentario del periodo jurásico, con una precipitación pluvial media anual de 412.9 mm, con temperaturas promedio mínima de 4.3 °C y máxima 25.9° C.

Se utilizó semilla de una variedad experimental de grano amarillo, adaptada a la región sureste del estado de Coahuila, resultante de diversas estrategias de manejo y selección; esta variedad se obtuvo a partir de una selección de familias segregantes de la cruce entre pool 33 x pool 34, provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

La preparación del área de siembra consistió en un paso de arado y dos pasos de rastra para desmoranar los terrenos grandes y facilitar la siembra. El tamaño de la parcela experimental estuvo constituida por dos surcos de 4.0 m de longitud, con una separación de 0.85 m entre surcos y un promedio de 30 semillas cada uno.

Durante la siembra se aplicó la dosis de fertilización 60-60-60 (N-P-K) en toda la parcela. En la escarda y previo al aporque se realizó una segunda con 60-00-00 y 120-00-00 (N-P-K), para obtener los niveles de 120-60-60 y 180-60-60, respectivamente; después se realizó un aclareo para obtener una densidad de población de 60, 70 y 80 mil plantas ha⁻¹, con cuatro repeticiones para cada nivel de fertilización y densidad de población.

En la investigación se evaluaron las siguientes variables agronómicas: altura de planta (cm), que se tomó de una planta promedio de la parcela a partir de la base hasta el inicio de la ramificación de la espiga; altura de mazorca (cm), que se obtuvo desde la base de la planta hasta el nudo de la mazorca principal; floración masculina, la cual se consideró desde los días transcurridos al momento de la siembra, hasta que 50% de las plantas inició la liberación de polen de las espigas; floración femenina, la cual se registró considerando los **días transcurridos** desde la siembra, hasta que 50% de las plantas presentó los estigmas receptivos; humedad (%), que se determinó al momento de la cosecha con un medidor de humedad Dickey John, a partir de una muestra de granos tomada de varias mazorcas en cada unidad experimental; rendimiento de grano, que se expresó en t ha⁻¹, se calculó con 12% de humedad a partir de 85% de desgrane, y se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$\text{REND} = \text{PC} * \frac{100 - \% \text{HC}}{100 - \% \text{HD}} * \text{D} * \frac{10000 \text{m}^2}{\text{APUm}^2}$$

Donde:

REND = Rendimiento de grano en t ha⁻¹

PC = Peso de campo; g.

%HD = Contenido de humedad de grano a la cosecha.

%HC = Contenido de humedad al 12% (Constante).

D = Porcentaje de desgrane (porcentaje del peso de la mazorca que corresponde al grano).

APU = Área de parcela útil (distancia entre surco x distancia entre planta x número de plantas establecidas).

El experimento se realizó con un diseño experimental en bloques al azar, con arreglo factorial 2x3. El factor A correspondió a dos niveles de fertilización y el factor B a tres densidades de población.

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Respuesta de la unidad experimental;

μ = Media general;

β_k = Efecto del bloque;

A_i = Efecto del i-ésimo nivel de fertilización;

B_j = Efecto de la j-ésima densidad de población;

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de fertilización con la j-ésima densidad de población;

ε_{ijk} = Error experimental.

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS Institute (2004) y se usó el procedimiento PROC GLM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 1) muestra que no se presentaron diferencias significativas para las variables en estudio, en las fuentes de variación densidades, dosis de fertilización y su interacción únicamente entre bloques. Lo anterior es un resultado inesperado, ya que varios autores (Blumenthal *et al.*, 2003; Yasari *et al.*, 2012) han reportado diferencias significativas en variables agronómicas al incrementar las densidades de población. Asimismo, Mendoza *et al.* (2006) reportaron diferencias significativas al aplicar tres dosis de fertilización nitrogenada.

Para la interacción densidad por fertilización, igualmente no se encontraron diferencias significativas en las variables evaluadas, lo que coincide con los resultados reportados por Cano *et al.* (2001).

En relación con lo anterior, es interesante mencionar que la densidad de población es considerada como el factor controlable más importante para obtener mayores rendimientos en los cultivos; en el maíz esta variable ejerce alta influencia sobre el rendimiento del grano y las características agronómicas, pues el rendimiento se incrementa con la densidad de población hasta llegar a un punto máximo, y disminuye cuando la densidad se incrementa más allá de este punto (Sangoi, 2000). Sin embargo, no todos los genotipos presentan la misma respuesta a altas densidades de plantas (Cano *et al.*, 2001).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables evaluadas.

FV	GL	APTA [cm]	AMAZ [cm]	FM [días]	FF [días]	REN (t ha ⁻¹)
Bloques	3	225.77	193.16	0.48	2.27	2.88*
Densidad	2	52.79	321.50	1.16	2.62	0.52
Fertilización	1	280.16	28.16	1.04	4.16	0.10
Den*Fer	2	78.04	200.66	0.66	0.79	0.21
Error	15	198.27	173.23	1.31	1.91	0.61
C.V. (%)		7.32	13.32	1.25	1.49	7.82

**, * = significativo al 0.01 y 0.05, respectivamente. FV = Fuentes de Variación; GL = Grados de libertad;

APTA = Altura de planta; AMAZ = Altura de mazorca; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina;

REN = Rendimiento; CV (%) = Coeficiente de variación.

En este trabajo, la comparación de medias para densidades de población (Cuadro 2), indica una tendencia numérica de incremento en altura de planta al pasar de 60 a 70 mil plantas ha^{-1} , la que supera a las de 80 mil, mientras que en la variable de altura de mazorca se presenta una tendencia de disminución al incrementar de 60 a 80 mil plantas ha^{-1} . Por otra parte, la diferencia fue mínima en el rendimiento al aumentar la densidad de siembra de 60 a 80 mil plantas ha^{-1} . Estos resultados contrastan con los reportados por Blumenthal *et al.* (2003) y Yasari *et al.* (2012), ya que reportan que el rendimiento de grano se incrementa significativamente con el incremento de la densidad de población. Cruz-Lázaro *et al.* (2009), reportaron de igual manera un aumento en el rendimiento de grano, sin embargo, en las variables agro-nómicas evaluadas: altura de planta, altura de mazorca y días a floración, no hubo respuesta a las densidades de población, esto es, no se presentaron diferencias significativas, lo que coincide con Khan *et al.* (2003).

Por su parte, Cano *et al.* (2001), quienes trabajaron con genotipos de maíz en diferentes densidades de población en condiciones de temporal, mencionan que los resultados obtenidos no presentaron diferencias significativas para rendimiento, aunque el mayor rendimiento (6.29 t ha^{-1}) se encontró con 62,500 plantas ha^{-1} , mientras que el menor rendimiento se presentó con la densidad mayor (125,000 plantas ha^{-1}).

Cruz-Lázaro *et al.* (2009) reportaron resultados diferentes en un estudio sobre rendimiento de grano

de genotipos de maíz sembrados en tres densidades de población: 44,289, 53,200 y 66,500 plantas ha^{-1} . El rendimiento de grano fue la única variable que registró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre densidades de población, el cual presentó su máximo en la densidad de 66,500 plantas ha^{-1} con 4.2 t ha^{-1} . Las variables altura de planta, altura de mazorca y días a floración no presentaron diferencias significativas entre densidades de población; Martínez *et al.* (2013) también reportaron incremento en el rendimiento al aumentar la densidad de población.

Asimismo, en este estudio la fertilización nitrogenada no afectó de manera significativa las variables evaluadas (Cuadro 3); de igual manera, Gutiérrez y Luna (2002) y Cano *et al.* (2001) obtuvieron resultados similares en relación al nulo efecto del nitrógeno.

La falta de respuesta a la fertilización posiblemente se deba a que las unidades de nitrógeno usadas difieren únicamente en 60 unidades, aunado a la falta de un análisis de suelo para corroborar su condición en relación con la disponibilidad de nutrientes, aunque se sabe que son suelos pobres, salinos y de poca profundidad, lo cual puede afectar la disponibilidad de los nutrientes.

Al evaluar Martínez *et al.* (2013) una variedad de maíz mejorado en el ejido El Mezquite, de Galeana, N.L., con tres densidades de población: 40, 50 y 60 mil plantas ha^{-1} y tres niveles de fertilización: 00-00-00, 60-60-60, 120-60-60 unidades de nitrógeno, fosforo y potasio, respectivamente, los resultados

Cuadro 2. Comparación de medias por densidad de población para variables evaluadas en campo.

Densidad (plantas/ha)	APTA (cm)	AMAZ (cm)	FM (días)	FF (días)	REN (t ha^{-1})
60 mil	193.62	106.00	91.12	91.62	9.75
70 mil	194.00	96.00	91.37	92.37	10.02
80 mil	189.37	94.25	91.87	92.75	10.26
Media	192.33	98.75	91.45	92.25	10.01
Tukey ($\alpha = 0.05$)	18.28	17.09	1.49	1.79	1.01

Valores con letras son estadísticamente diferentes [Tukey, 0.05%]. APTA = Altura de planta; AMAZ = Altura de mazorca; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; REN = Rendimiento.

Cuadro 3. Comparación de medias para fertilización para variables evaluadas en campo.

Fertilización	APTA (cm)	AMAZ (cm)	FM (días)	FF (días)	REN (t ha ⁻¹)
120-60-60	195.75	99.83	91.25	91.83	9.94
180-60-60	188.91	97.66	91.66	92.66	10.07
Media	192.33	98.75	91.45	92.25	10.01
Tukey ($\alpha=0.05$)	12.21	11.45	0.99	1.20	0.68

Valores con letras son estadísticamente diferentes [Tukey, 0.05 %]. APTA = Altura de planta; MAZ = Altura de mazorca; FM = Floración masculina; FF = Floración femenina; REN = Rendimiento.

reportados mostraron diferencias significativas para rendimiento ($P \leq 0.01$) en las dosis de fertilización y densidades de población, ya que obtuvieron el mayor rendimiento (7.32 t ha⁻¹) con la dosis de fertilización 120-60-60 y con 60,000 plantas ha⁻¹. Mendoza *et al.* (2006) aplicaron tres dosis de fertilización nitrogenada: 00, 100 y 200 kg ha⁻¹ en maíz, y determinaron que la máxima productividad de grano se alcanzó con la dosis de nitrógeno más alta.

Cervantes-Ortíz *et al.* (2013) evaluaron tres densidades de población: 60, 75 y 90 mil plantas por ha⁻¹ y tres niveles de fertilización nitrogenada: 150, 250 y 350 kg ha⁻¹, en un material híbrido de maíz de cruz simple (CML 176 x CML 142), y reportaron que las densidades de población mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$), de las que sobresalió la de 90 mil plantas ha⁻¹ en las siguientes variables: altura de mazorca (177.2 cm), días a floración femenina (78 días) y rendimiento (7.7 t ha⁻¹), mientras que en las densidades de población no se observaron diferencias significativas.

Los resultados muestran que el rendimiento del material genético utilizado se comportó muy uniforme al aumentar las densidades de población y los niveles de fertilización nitrogenada, lo que puede deberse a que se trata de un material mejorado y adaptado a las condiciones climatológicas de la región sureste de Coahuila que no requiere cantidades exuberantes de insumos, lo que permite rendimientos superiores a los reportados por Martínez *et al.* (2013) de 7.32 t ha⁻¹ para la variedad Jaguan. De igual manera se deben considerar las características edáficas del área a fin de conocer sus propiedades físico químicas

que puedan influir en la asimilación del nitrógeno y de su disponibilidad, para así corroborar la diferencia significativa ($P < 0.05$) que se presentó entre bloques para la variable rendimiento.

CONCLUSIONES

Al incrementar las dosis de fertilización y densidades de población, éstas no favorecieron de manera positiva el rendimiento de grano de maíz, por lo que se puede realizar con la menor densidad (60 mil plantas ha⁻¹) y bajos niveles de fertilización (120-60-60 unidades de N-P-K), ya que se obtienen los mismos rendimientos en t ha⁻¹.

LITERATURA CITADA

- BLUMENTHAL, J., D. Lyon, W. Stroup. 2003. Optimal plant population and nitrogen fertility for dryland corn in western Nebraska. *Agronomy Journal* 95:878-883.
- CANO, O., O. H. Tosquy, M. Sierra y F. A. Rodríguez. 2001. Fertilización y densidad de población en genotipo de maíz cultivado bajo condiciones de temporal. *Agronomía Mesoamericana* 12(2):199-203.
- CERVANTES-ORTÍZ, F., J. Covarrubias-Prieto, J. A. Rangel-Lucio, A. D. Terrón-Ibarra, M. Mendoza-Elos y R. E. Preciado-Ortíz. 2013. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 24(1): 101-110.
- CRUZ-LÁZARO, E. de la, H. Córdoba-Orellana, M. A. Estrada-Botello, J. D. Mendoza-Palacios, A. Gómez-Vázquez

- y N. P. Brito-Manzano. 2009. Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. *Universidad y Ciencia* 25(1): 93-98.
- FIDEICOMISOS INSTITUIDOS EN RELACIÓN CON LA AGRICULTURA (FIRA). 2015. Panorama Agroalimentario. Maíz 2015. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. p. 36.
- FINANCIERA NACIONAL DE DESARROLLO (FND). 2014. Panorama del maíz. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnologías de la Información. México. 2 p.
- GUTIÉRREZ, R. y M. Luna. 2002. Riego, densidad de plantas y fertilización nitrogenada en producción de híbridos de maíz en Zacatecas. *Agricultura Técnica en México* 28(2):95-103.
- KHAN, K. M. Idbal, Z. Shah, B. Ahmad, A. Azim, H. Sher. 2003 Grain and stover yield of corn with varying times of plant density reduction. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 6: 1641-643.
- MARTÍNEZ RAMÍREZ, J. N., N. A. Ruíz Torres, F. Rincón Sánchez, J. M. Martínez Reyna, H. C. Burciaga Dávila. 2013. Densidad de población y niveles de fertilización en el rendimiento y propiedades físicas del grano en semillas de maíz criollo. *Revista Agraria* 10(1): 9-18.
- MENDOZA, E., M., C. Mosqueda V., J. A. Rangel L., A. López B., S. A. Rodríguez H., L. Latournerie M. y E. Moreno M. 2006. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. *Agricultura Técnica en Mexicana*. 32(1): 89-99.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2013. Estadísticas. FAOSTAT. Producción agrícola. (<http://www.fao.org/org/corp/statistics/es/>; 2 de febrero de 2013).
- SANGOI, L. 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciencia Rural*. Santa María. 31(1): 159-158.
- SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP). 2014. Situación Actual y Perspectivas del Maíz en México 1996 - 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). México, D.F., 208 p.
- SAS Institute. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.
- YASARI, E., M. Noori, M. Haddadi. 2012. Comparison of seed corn single crosses SC 704 and SC 770 response to different plant densities and nitrogen levels. *Journal of Agricultural Science* 4(5): 263-272.