

Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento del maíz en Quibor, estado Lara, Venezuela

Effect of plant density on corn yield in Quibor, Lara State, Venezuela

Pedro P. Monasterio^{1*}; Francis Pierre² y Guido Silva²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-Yaracuy, ²INIA-Lara.
Correo electrónico: monasteriopedro@gmail.com

RESUMEN

El aumento de la densidad de plantas es una práctica agronómica que influye en el rendimiento, según las condiciones climáticas y el manejo agronómico aplicado. Con el objetivo de evaluar el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de dos cultivares de maíz amarillo, se estableció un ensayo en la depresión de Quibor, estado Lara, Venezuela. Se utilizó un diseño completamente al azar, con 4 tratamientos: dos densidades de planta (83.000 y 166.000 plantas.ha⁻¹) por cultivar (variedad CENIAP DMR e híbrido Dorado 5[®]) y cinco repeticiones. De acuerdo a la normativa del CIMMYT, al final del ciclo se determinó el rendimiento (kg.ha⁻¹); porcentaje de mazorcas grandes, medianas y pequeñas; para cada tamaño de mazorcas, el peso, número de hileras y número de granos por hilera. En hilera simple, el rendimiento del híbrido disminuyó al aumentar la densidad de plantas y en la variedad se mantuvo estable. El híbrido registró mayor porcentaje de mazorcas grandes y medianas (80,61%), con peso de 626,79 g; y un mínimo para mazorcas pequeñas (19,39%) con peso de 144,06 g. Esta composición fue estadísticamente igual en la variedad, pero con un peso menor en las diferentes mazorcas, 514,10 g para grandes y medianas, y 145,06 g las pequeñas. La diferencia en peso de ambos tratamientos fue 102,69 g. El número de hileras de las mazorcas grandes y de granos por hilera de las medianas en el híbrido fueron superiores y estadísticamente diferentes a la variedad. Los cultivares en hileras dobles mostraron igual tendencia estadística.

Palabras clave: *Zea mays* L, híbridos, población de plantas, producción, variedad.

Recibido: 19/04/16 Aprobado: 29/11/16

ABSTRACT

The increase of the density plants is an agronomic practice that, according to the climatic conditions and the applied agronomic management, influences of yield. In order to evaluate the effect of plants density on yield of two yellow corn cultivars, an assay was established in the depression of Quibor, Lara State, Venezuela. A completely randomized design was used, with 4 treatments: two plant densities (83.000 and 166.000 plants.ha⁻¹) per cultivar (variety CENIAP DMR and hybrid Golden 5[®]) and five repetitions. According to CIMMYT regulations, at the end of the cycle the yield was determined (kg.ha⁻¹); percentage (%) of large, medium and small cob; for each size of cob, the weight, number of rows and number of grains per row. In single row, the yield of the hybrid decreased as the density of plants increased and the variety remained stable. The hybrid registered the highest percentage of large and medium cob (80.61%), with a weight of 626.79 g; and a minimum for small cob (19.39%) weighing 144.06 g. This composition was statistically the same in the variety, but with less weight in the different cobs, 514.10 g for large and medium with 145.06 g for the small ones. The difference in weight of both treatments was 102.69 g. The number of rows of the large cobs and the number of grains per row of the mediums in the hybrid were superior and statistically different from the variety. The cultivars in double rows showed the same statistical tendency.

Key words: *Zea mays* L., hybrids, plant population, production, variety,

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más importante del sector agrícola vegetal. Se considera un rubro estratégico en la dieta diaria del venezolano. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística (INE 2016), en su Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos (ENCA), los cereales representan una frecuencia de consumo de 29,4% sobre los otros grupos de alimentos. Estos constituyen el principal alimento consumido por la población, especialmente los derivados del maíz.

El rubro maíz se cultiva en casi toda la geografía nacional, por lo que representa una actividad generadora de empleos (Segovia y Alfaro 2009). Según cifras del VII Censo Agrícola (MPPAT 2007), la producción nacional se ubicó en 2.441.194 t, con una contribución de 74,44% de maíz blanco y 25,56% de maíz amarillo. El rendimiento promedio nacional fue de 3.118 y 2.364 kg.ha⁻¹ para maíz blanco y amarillo, respectivamente.

El estado Lara no tiene tradición en la producción de maíz. Su contribución al total nacional es de 24.794 t (2,28%), con rendimientos de 3.039 kg.ha⁻¹ para maíz blanco y 1.585 kg.ha⁻¹ para maíz amarillo. No obstante, los rendimientos por municipio, aunque todavía bajos, se destaca que el municipio Jiménez registra los más altos con 3.459 y 2.617 kg.ha⁻¹ para maíz blanco y amarillo, respectivamente (MPPAT 2007).

Con la implementación del sistema de riego Yacambú – Quibor y el potencial del maíz en la zona, el cultivo se ha expandido en la Depresión de Quibor. En este sentido, una de las estrategias para incrementar los rendimientos del rubro es el manejo de la densidad de plantas.

La densidad de plantas es una práctica cultural importante que determina el rendimiento en grano, así como otros atributos agronómicos en el maíz. Sangoi (2000) indica que la densidad de plantas afecta su arquitectura, altera el crecimiento y desarrollo de patrones e influencia la producción y partición de hidratos de carbono.

La siembra del maíz es más sensible a las variaciones de la densidad de plantas, que otros miembros de la familia de las gramíneas. A bajas densidades, muchos híbridos modernos no desarrollan brotes laterales, lo que trae como

consecuencia que sólo produzcan una mazorca por planta. La planta de maíz no presenta el rasgo de la mayoría de las herbáceas de macolla, de compensar una baja área foliar y un reducido número de unidades de reproducción mediante la ramificación.

El uso de alta densidad de plantas, aumenta la competencia entre estas, por luz, agua y nutrientes. Esto puede ser perjudicial para el rendimiento final, porque se estimula la dominancia apical, se induce la esterilidad y, en última instancia, disminuye el número de mazorcas por planta y los granos producidos por mazorca.

Sangoi (2000) demuestra que, para cada sistema de producción, hay una densidad de planta que maximiza la utilización de recursos disponibles y permite la expresión del máximo rendimiento alcanzable en ese ambiente. Por otro lado, Tadeo-Robledo *et al.* (2012) mostraron que la densidad de 70.000 plantas.ha⁻¹ influyó positivamente en el rendimiento (10.150 kg.ha⁻¹) de las cruzas simples de maíz, progenitoras de los híbridos H-47, H-50 y H-51, con respecto a 50.000 plantas.ha⁻¹ (8.995 kg.ha⁻¹).

En condiciones de suelos, manejo y clima de los Valles Altos en el Estado de México, México, Zamudio-González *et al.* (2015) señalan que no alcanzaron mejores rendimientos en grano con el arreglo de siembra a doble hilera, para nuevos genotipos mejorados de maíz. Por el contrario, el híbrido AS-722 obtuvo un mayor rendimiento de grano 8,67 (t.ha⁻¹) bajo el sistema tradicional de hilera sencilla comparado con el arreglo de siembra a doble hilera (5,99 t.ha⁻¹); esto representó un decrecimiento en el rendimiento de 2,68 t.ha⁻¹ para el criterio de cosecha de vigor genético.

Por otro lado, Valentinuz *et al.* (2003) indican que un menor espaciamiento entre hileras no mejora la respuesta de rendimiento en grano ante el incremento de la densidad de plantas; el espaciamiento en la hilera solo mostraría ventajas en presencia de algún tipo de estrés distinto a un exceso de plantas. Tollenaar *et al.* (2006) refieren que, varios estudios muestran efectos no significativos de la variabilidad espacial sobre el rendimiento del maíz y otros revelan que este aumenta con la mejora de la precisión del espacio entre plantas.

Van der Wal *et al.* (2006), reportan que la siembra de maíz de subsistencia con densidad de 7.000 golpes por hectárea, cada uno con seis plantas, podría incrementar el rendimiento en 20% y reducir el área requerida para el cultivo. Los autores recomiendan fomentar el incremento de la densidad de siembra como buena práctica entre las estrategias de los productores, para reforzar el uso eficiente de la tierra.

Los diversos cambios en el manejo de la siembra de maíz han incluido reducciones en la distancia entre hileras, mayor precisión de la distancia entre plantas dentro de la hilera y de la emergencia de plantas; estos aspectos influyen en la reducción de la variabilidad en el estrés de aglomeración entre las plantas dentro de la población.

En la depresión de Quibor el maíz se comercializa, principalmente, como jojoto y es común sembrar cinco plantas por metro lineal, con distancia entre hileras de 60 cm; distancia inferior a la tradicional de 80 cm entre hileras, que se observa en zonas maiceras más importantes del país. Una propuesta de aumento de la densidad de plantas debe considerar la tradición local y condiciones de siembra de los agricultores. En atención a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de dos cultivares de maíz en Quibor, estado Lara, Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló durante el periodo marzo – julio 2012, en el sector Los Ejidos, ubicado en la zona de aprovechamiento agrícola de la depresión de Quibor, a una altura de 680 m.s.n.m. El suelo del área corresponde a la serie Quibor, clasificado por Guedez y Pérez (1996) como Haplocambids, arcilloso muy fino, ilítico

e isohipertérmico; con características de suelo calcáreo, alta actividad y dominio del calcio (Ca) en el complejo de cambio, salino, bajo en materia orgánica (MO).

Se evaluaron dos cultivares de maíz amarillo, la variedad CENIAP DMR y el híbrido Dorado 5[®]. La selección se basó en atención a las preferencias expresadas por sembradores de maíz de la zona, que comercializan maíz amarillo, especialmente en etapa de jojoto.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (Cuadro 1) y cinco repeticiones.

El área de siembra consistió en 40 hileras, cada una de 40 m de largo y separadas a 0,6 m; distancia utilizada por los productores de la zona. El tamaño cada una de las parcelas experimentales para cada tratamiento fue de dos surcos con las distancias señaladas. Para la siembra se colocó una semilla por punto y se cubrió con humus sólido. La semilla se sembró a la mitad de la altura entre el fondo y el lomo del surco (15 cm aproximadamente) para hileras sencillas. En el caso de hileras dobles, una semilla a cada lado del surco, es decir, en la pared frontal, usando como referencia cada gotero de la manguera de riego, a 20 cm entre planta. Esto representó un total de 5 y 10 plantas por metro lineal para hileras sencillas y dobles, respectivamente.

La separación entre plantas, por punto de siembra, a cada lado del gotero en la pared del surco fue de 10 cm. La germinación de ambos cultivares fue superior al 92%. No obstante, las plantas faltantes se resembraron luego de la emergencia, con la finalidad de mantener el número de plantas totales.

Cuadro 1. Identificación y características de los tratamientos.

Tratamientos	Cultivar	Hilera	Nº de plantas/ metro lineal	Densidad plantas.ha ⁻¹
T1	Híbrido Dorado 5 [®]	Simple	5	83.000
T2	Variedad CENIAP DMR	Simple	5	83.000
T3	Híbrido Dorado 5 [®]	Doble	10	166.000
T4	Variedad CENIAP DMR	Doble	10	166.000

El suelo se preparó con dos pases de rastra y un pase de niveladora. En cada surco se colocó cinta de riego de 5,08 cm de diámetro, con goteros cada 20 cm. Se suministró un riego de asiento dos veces al día (8 a.m. y 3 p.m.), durante 15 min, por tres días. El cuarto día se aplicó un herbicida sistémico (Glifosán) a razón de 1 L.ha⁻¹ para el control principalmente de corocillo (*Cyperus rotundus*). Hasta el final del ciclo, los cultivares fueron regados diariamente por 15 min. Este patrón de riego sólo se alteró cuando llovió entre dos riegos. La fertilización se realizó con la fórmula completa 10-10-12 y urea como reabono, para valores bajos en potasio, fósforo, materia orgánica y pH de 7,6 según el análisis de suelo realizado en el laboratorio del INIA Yaracuy. El nitrógeno se fraccionó según la etapa fenológica de seis hojas en el desarrollo vegetativo (Monasterio *et al.* 2007).

Los valores diarios de las variables climáticas de interés durante el ensayo, se tomaron de la base de datos de la estación meteorológica del campo experimental de Quibor, adscrito al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Lara. Está ubicada a 09° 53' N y 69° 39' O, 680 m.s.n.m. El promedio de precipitación fue de 66,6 mm; la temperatura máxima de 30,3 °C; media de 22,9 y mínima de 16,7 °C. La evapotranspiración potencial (ETP) fue de 119,5 mm y la evapotranspiración potencial media (ETP/2) de 59,7 mm.

En la Figura 1 se muestra el balance hídrico del sector Los Ejidos, ubicado en la zona de aprovechamiento agrícola de la depresión de Quibor, durante los primeros siete meses

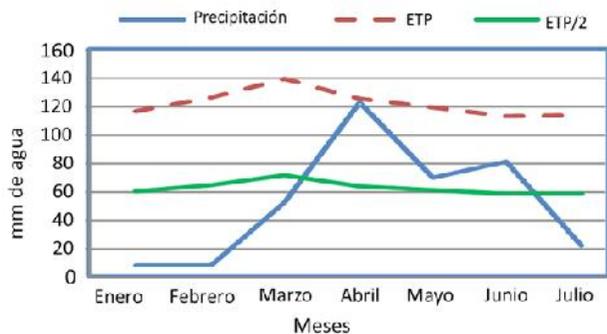


Figura 1. Balance hídrico enero-julio 2012 del sector los Ejidos, zona de aprovechamiento agrícola de la depresión de Quibor, estado Lara, Venezuela.

del año 2012. En esta se observa que la ETP supera los aportes de precipitación y la ETP/2 está por debajo, situación característica de zonas semiáridas; de tal manera que se requiere aplicar riego para la siembra de maíz. Al final del ciclo, se midieron las variables biométricas: altura de planta (m) y diámetro de tallo (cm).

Se cosecharon las plantas en 10 m lineales, seleccionados al azar por repetición, para la determinación del rendimiento (kg.ha⁻¹); porcentaje de mazorcas según el tamaño (grandes, medianas y pequeñas) y el peso de los granos (g); número de hileras de grano y número de granos por hilera, de acuerdo a las normas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo-International Board for Plant Genetic Resources/ International Board for Plant Genetic Resources (CIMMYT/IBPGR 1991) y Monasterio (2015).

En el análisis estadístico, la normalidad de los datos se verificó con la prueba de Shapiro – Wilks y posteriormente se realizó el ANAVAR. Para las variables donde los cultivares presentaron diferencias significativas se realizó un análisis de medias según la prueba de la mínima diferencia significativa (LDS) a un nivel de probabilidad del 5%. El Programa utilizado fue el Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta y diámetro de tallo

En los tratamientos de hileras simples (T1 y T2), la altura de la planta fue superior en el híbrido con respecto a la variedad. No obstante, estas diferencias fueron estadísticamente no significativas ($P > 0,05$). En los tratamientos de hilera doble (T3 y T4), la variedad registró una mayor altura de planta con respecto al híbrido, pero las diferencias fueron estadísticamente no significativas (Cuadro 2). Se observó que la densidad de planta en T1 y T2 no afectó este carácter, registrándose valores muy cercanos y no significativos ($P > 0,05$) entre los tratamientos. Se espera una mayor altura de planta al incrementarse la densidad poblacional por la competencia de luz.

En un estudio de Sharifi *et al.* (2009) encontraron que el aumento en la densidad poblacional de siembra incrementó la altura de planta.

Cuadro 2. Altura de planta y diámetro de tallo de cultivares de maíz de acuerdo a los tratamientos

Tratamientos		Variables	
		Altura (m)	Diámetro (cm)
Híbrido hilera simple	T1	1,948 a	2,304 a
Variedad hilera simple	T2	1,882 a	2,060 ab
Híbrido hilera doble	T3	1,844 a	2,224 a
Variedad hilera doble	T4	1,942 a	1,842 b

Letras distintas corresponden a diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según LSD

Esta tendencia se verificó en la variedad, que incrementó la altura en 6 cm. Alfaro y Segovia (2008) reportan para la variedad CENIAP–DMR una altura de planta promedio de 2,32 m; superior a la obtenida en esta investigación, en ambas densidades plantas (83.000 y 166.000 plantas.ha⁻¹).

El híbrido disminuyó su altura de planta en 10,4 cm, resultado contrario al reportado por Sharifi et al. (2009); sin embargo, los autores acotan que el proceso de elongación del tallo es altamente influenciado por factores ambientales, aspecto que pudo incidir sobre estos resultados. Se observó que la altura de planta no fue influenciada por la densidad de planta en los tratamientos, registrándose valores muy cercanos y no significativos estadísticamente.

Forero et al. (2010) señalan que en el maíz tropical, una altura reducida de la planta y una menor área foliar son consideradas deseables, ya que las plantas generalmente altas tienen mucho follaje y un bajo índice de cosecha.

El diámetro del tallo en los tratamientos T1 y T2 fue superior en el híbrido, aunque con un comportamiento estadísticamente similar. En hilera doble, el híbrido registró mayor diámetro del tallo que la variedad, con diferencia estadística significativa a un nivel de confianza de 0,05 (Cuadro 2). Los dos cultivares redujeron el diámetro del tallo al aumentar la densidad de la planta; se puede inferir que la competencia entre plantas afectó a esta variable. La variedad disminuyó significativamente el diámetro del tallo, aunque su valor más bajo fue de 1,84 cm, que no se corresponde exactamente con un tallo delgado.

Turgut et al. (2005) registraron en maíz una disminución progresiva del diámetro del tallo de 1,82; 1,73; 1,62 y 1,59 cm al incrementar la densidad de planta a 65.000; 85.000; 105.000 y 125.000 plantas.ha⁻¹, respectivamente. Igualmente, Sharifi et al. (2009) reportaron una disminución progresiva del diámetro del tallo de en maíz de 2,37; 2,19 y 1,94 cm cuando se incrementó la densidad poblacional en 8; 10 y 12 plantas por m², respectivamente.

Rendimiento

El híbrido mostró un rendimiento superior (6.497,3 kg.ha⁻¹) en el tratamiento T1, con respecto al T3 (5.987,2 kg.ha⁻¹). Esta diferencia en rendimiento (510,1 kg.ha⁻¹) fue estadísticamente significativa ($P \leq 0,05$). En la variedad la diferencia entre T2 y T4 fue de 89,9 kg.ha⁻¹ a favor del tratamiento de hilera doble; no obstante, esta diferencia fue estadísticamente similar. Al comparar los cultivares en hileras simples, el híbrido superó a la variedad en 805,8 kg.ha⁻¹, con diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0,05$). En hilera doble, el híbrido superó a la variedad

Cuadro 3. Rendimientos en cultivares de maíz evaluados.

Tratamientos		Rendimiento (kg.ha ⁻¹)
Híbrido hilera simple	T1	6.497,3 a
Variedad hilera simple	T2	5.691,5 b
Híbrido hilera doble	T3	5.987,2 b
Variedad hilera doble	T4	5.781,4 b

Letras distintas corresponden a diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según LSD

en 205,8 kg.ha⁻¹, pero esta diferencia fue estadísticamente similar (Cuadro 3).

La diferencia de rendimiento entre los cultivares sembrados en hileras simples se explican, por la superioridad genética del híbrido sobre la variedad, que bajo las mismas condiciones expresó un mayor rendimiento. Al compararse el híbrido y la variedad se tiene que considerar algunas ventajas genéticas del primero. El vigor híbrido de estos cultivares se expresa fenotípicamente de diversas formas, como el aumento en rendimiento; aspecto en que, los programas de mejoramiento genético han hecho énfasis.

En los Estados Unidos en la década de 1920, el maíz híbrido ya mostraba un rendimiento 15% superior al de las mejores variedades de polinización abierta; 15 años más tarde, el 95% del maíz sembrado en ese país era híbrido y para 1965 un 100% (Duvick 1999).

Diferentes estudios señalan que entre 50-60% del incremento del rendimiento en maíz es debido a cambios en el genotipo (Duvick 1999). En la presente investigación, los resultados muestran que al comparar los cultivares, en hileras simples (83.000 plantas.ha⁻¹), la ventaja que el vigor híbrido le confiere al híbrido Dorado 5[®] se manifestó en un mayor rendimiento (6.497,3 kg.ha⁻¹) frente a la variedad CENIAP DMR (5.691,50 kg.ha⁻¹). No obstante, los dos cultivares estuvieron por encima de los rendimientos promedios nacionales y regionales.

En un estudio sobre el rendimiento de maíz en los estados productores de Venezuela, Monasterio *et al.* (2010) reportan un aumento en todos los estados, durante el periodo 1960 y 2007. En promedio, el estado Yaracuy mostró el mayor incremento (613,26 kg.ha⁻¹). También destacaron los estados Barinas, en la década del 90 con 1.241,23 kg.ha⁻¹ y Cojedes, en la década del 2000, con 1.094,00 kg.ha⁻¹. Los autores, reportan que en la década de los 80' se logró duplicar los rendimientos en casi todas las áreas productoras; debido a los nuevos avances en el mejoramiento genético de los cultivares y el auge de nuevas tecnologías aplicadas al campo.

San Vicente *et al.* (2005) evaluaron siete híbridos (dos simples y cinco de tres líneas) con endospermo QPM provenientes del programa

de maíz tropical del CIMMYT, junto con cinco híbridos testigos de endospermo normal, sembrados con una densidad de población de 74.000 plantas.ha⁻¹ en 18 localidades de Venezuela distribuidas en los estados Portuguesa, Apure, Barinas, Yaracuy, Guárico, Monagas y Aragua. En el estudio reportaron una media general de rendimiento de 6.270 kg.ha⁻¹, valor similar al obtenido en esta investigación para el híbrido. Para la variedad CENIAP DMR, Alfaro y Segovia (2008) reportan rendimientos promedios de 5.508 kg.ha⁻¹ en los Ensayos Regionales Uniformes de Maíz (ERU), que son ligeramente inferiores a los obtenidos en esta investigación.

Estas diferencias de rendimiento entre los cultivares se explican básicamente por la competencia entre plantas, con mayor afectación del híbrido más afectado que de la variedad. Esto pone en evidencia una ventaja de la variedad, ya que fue capaz de expresar mejor su potencial genético en condiciones de mayor competencia por agua, luz y nutrientes.

Los resultados concuerdan con lo señalado por Xue *et al.* (2002), quienes indican que cuando se incrementa la densidad de plantas entre 54.000 y 94.000 plantas.ha⁻¹ aumenta el rendimiento; aunque por encima de 97.000 plantas.ha⁻¹ disminuye. Gonzalo *et al.* (2006) reportan en híbridos una reducción del rendimiento al incrementarse la densidad de plantas de 50.000 a 100.000. Otros autores complementan al señalar que un incremento en la densidad de plantas aumenta los rendimientos, pero hasta un límite donde la competencia inter específica lo reduce (Turgut *et al.* 2005; Sharifi *et al.* 2009).

Porcentaje de mazorcas según tamaño y peso

En el Cuadro 4 puede apreciarse que en hilera simple (T1 y T2), para el híbrido (T1) el porcentaje de mazorcas grandes y medianas representó el 80,61% y fueron estadísticamente similares; mientras que, las mazorcas pequeñas constituyeron menos del 19,39%, con diferencia estadística significativa ($P \leq 0,05$) con respecto al porcentaje de mazorcas grandes.

Por otro lado, la diferencia de peso en hileras simples (T1 y T2) con la combinación de mazorcas grandes y mazorcas medianas fue

Cuadro 4. Porcentaje de mazorcas por tamaño y peso en gramos de acuerdo al tratamiento.

Tratamiento	Tamaño de mazorcas (%)			Peso de mazorcas (g)		
	Grande	Mediana	Pequeña	Grande	Mediana	Pequeña
T1	46,21a	34,40 ab	19,39 b	353,94 a	262,85 a	144,06 ab
T2	47,20 a	31,35 b	21,44 b	309,13 a	204,97 b	145,06 ab
T3	52,06 a	31,42 b	16,52 b	356,10 a	215,80 b	113,51 b
T4	33,21 b	38,52 a	28,25 a	209,89 b	236,66 ab	165,69 a

Letras distintas corresponden a diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según LSD. T1 (Híbrido hileras simples), T2 (Variedad en hileras simples), T3 (Híbrido en hileras dobles), T4 (Variedad en hileras dobles).

de 102,69 g a favor del híbrido. En mazorcas pequeñas la diferencia fue de 1 g, a favor de la variedad.

Sin embargo, al analizar los pesos se observa que las diferencias entre las mazorcas grandes en el híbrido fue de 43,81 g y en mazorcas mediana fue de 57,88 g ambos con superioridad del híbrido.

En lo que respecta, al porcentaje de mazorcas y el peso en mazorca grande para ambos cultivares fue estadísticamente no significativo ($P > 0,05$). La relación entre % de mazorcas y peso explican el mayor rendimiento del híbrido en estas condiciones.

En hilera doble, para el híbrido (T3) el porcentaje de mazorcas grandes y mazorcas medianas representó el 83,48%, con diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0,05$); mientras que, las mazorcas pequeñas representaron el 16,52% con comportamiento estadístico similar al porcentaje de mazorcas medianas. Para la variedad (T4), el porcentaje de mazorcas grandes y mazorcas medianas constituyó el 71,73% y mantuvo el mismo comportamiento estadístico que el T3, con superioridad de las mazorcas medianas en este caso.

Al analizar los cultivares individualmente se observó en el híbrido (T1 y T3) que al aumentar la densidad de planta aumentó ligeramente el peso de las mazorcas grandes y disminuyó el peso de las medianas y pequeñas.

En la variedad (T2 y T4), al aumentar la densidad de plantas disminuyó el peso de las mazorcas grandes, pero aumentó el peso de las medianas y pequeñas. No obstante, en hilera simple, el peso promedio de mazorcas grandes y medianas

en la variedad fue 257,05 g mientras que en hilera doble fue de 223,27 g. Ambos valores son superiores a los reportados por Alfaro y Segovia (2008), para la mazorca promedio de ese cultivar (215 g).

Número de hileras de granos y número de granos por hilera en mazorcas

El Cuadro 5 muestra que en hilera simple, el híbrido registra un incremento en el número de hileras de granos en todas las categorías de mazorcas con respecto a la variedad, diferencias que fueron estadísticamente significativas ($P \leq 0,05$) en mazorcas grande y no significativa ($P > 0,05$) en mazorcas mediana y pequeñas.

En hilera doble, el híbrido conservó el número de hileras de granos en mazorcas grande, lo disminuye en mazorcas mediana y lo aumenta en mazorcas pequeña. Estas diferencias fueron estadísticamente no significativas ($P > 0,05$) con relación a los valores en hilera simple, pudiéndose afirmar que al incrementarse la densidad de planta, el híbrido mantuvo el número de hileras de granos en todas las categorías de mazorcas.

En la variedad, el número de hileras de granos aumentó en mazorcas grandes y medianas y se mantuvo en las mazorcas pequeñas, pero estas diferencias fueron estadísticamente no significativas ($P > 0,05$), de modo que la variedad mantuvo el número de hileras de granos en los distintos tamaños de mazorcas independientemente de la densidad de plantas.

El número de hileras de granos es un carácter asociado con la genética del cultivar y varía

Cuadro 5. Número de hileras de granos según tamaño de mazorca

Tratamientos		Número de hileras de granos		
		Grandes	Medianas	Pequeñas
Híbrido hilera simple	T1	14,16 a	13,68 a	13,24 ab
Variedad hilera simple	T2	12,86 b	12,30 a	12,56 b
Híbrido hilera doble	T3	14,32 a	13,04 a	13,76 a
Variedad hilera doble	T4	13,68 ab	13,36 a	12,56 b

Letras distintas corresponden a diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según LSD

poco, incluso ante cambios de las condiciones ambientales.

El Cuadro 6 muestra el número de granos por hileras en los diferentes tamaños de mazorca del híbrido y de la variedad. En hilera simple el número de granos por hileras en el híbrido, disminuyó en las mazorcas grandes y aumentó en las mazorcas medianas y pequeñas, con respecto a la variedad. La diferencia para las mazorcas grandes y mazorcas pequeñas fue estadísticamente no significativa ($P > 0,05$) y significativa para las mazorcas medianas ($P \leq 0,05$).

En hilera doble, el número de granos por hilera en el híbrido fue superior con respecto a la variedad, solo en las mazorcas medianas, siendo igual en las mazorcas medianas e inferior en las mazorcas grandes. Estas diferencias fueron estadísticamente no significativas ($P > 0,05$). Se puede inferir que la densidad de plantas afectó significativamente el número de granos por hileras de los cultivares (híbrido y variedad) para las mazorcas pequeñas, disminuyendo en ambos casos el número de granos por hileras.

Reta *et al.* (2003b) reportaron que al aumentar la densidad de planta y la distribución de plantas

en surcos dobles a 0,90 m, incrementó en 8% el número de óvulos por planta, comparado con la siembra en surcos tradicionales (0,76 m), aunque esto no se reflejó en un mayor número de granos por m^2 , debido al aumento de 2,2% en el número de óvulos y granos abortados.

Al incrementarse la densidad de planta de 5,5 a 16,5 plantas. m^{-2} se disminuyó el número de óvulos por planta hasta 42%, lo cual se relacionó con valores bajos de área foliar y de peso seco por planta en densidad de plantas superiores a 5,5 plantas. m^{-2} ; lo cual concuerda con los resultados del presente ensayo donde se demostró que a mayor densidad de planta, hubo una disminución del número de granos por hilera en mazorcas grandes y pequeñas; mientras que en mazorcas medianas la tendencia en el híbrido fue, al contrario, pero muy pequeña y estadísticamente no significativa ($P \geq 0,05$).

En un ensayo de poblaciones, Martínez *et al.* (2010), encontraron en los componentes del rendimiento, correlaciones positivas ($R^2=0,911$) entre el número de granos por hilera y el número de granos por mazorca; y entre el número de granos por hilera y el peso de 100 granos ($R^2=0,790$). Este mismo autor propone la

Cuadro 6. Número de granos por hilera según tamaño de mazorca.

Tratamientos		Número de granos por hilera		
		Grandes	Medianas	Pequeñas
Híbrido hilera simple	T1	35,840 ab	31,880 a	31,680 a
Variedad hilera simple	T2	37,340 a	28,480 b	29,000 a
Híbrido hilera doble	T3	33,920 b	32,000 a	25,560 b
Variedad hilera doble	T4	35,480 ab	30,440 ab	25,780 b

Letras distintas corresponden a diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según LSD.

clasificación: ($R^2 > 0,701$) muy fuerte; ($R^2 > 0,501-700$) fuerte; ($R^2 > 0,301-500$) moderadamente fuerte; ($R^2 > 0,101-300$) moderada y ($R^2 \leq 100$) débil; se deben resaltar estas fuertes correlaciones entre caracteres morfológicos como las de mayor importancia biológica. En hileras simple, el mayor número de granos por hileras e hileras por mazorca en los híbridos, son los componentes del rendimiento que explican las diferencias entre los cultivares.

Monasterio et al. (2011) señalan que en maíz la etapa más sensible a las deficiencias de agua en los ciclos productivos analizados fue la de floración, seguida de la etapa de desarrollo vegetativo y llenado de grano. Si el déficit ocurre en la semana antes de la polinización, el número de granos por hilera se reduce, afectando el rendimiento.

El Instituto Nacional de Tecnología Agraria (INTA 2009) de Argentina, reportó diferencias estadísticamente significativas en el número de granos por hileras y en el peso de los granos, señalando que los mejores valores se obtuvieron en hileras simples separadas 0,525 m.

Reta et al. (2003a) indican que el uso de surcos estrechos en maíz (surcos sencillos a 0,38 y 0,50 m. y dobles a 1,0 m), incrementó el rendimiento en grano entre 13-32% respecto a surcos convencionales de 0,76 m, debido a un mayor número de granos por m^2 (16 a 18%). Los autores concluyen que la mejor distribución entre plantas en surcos estrechos, en genotipos de alto rendimiento, fue donde se redujo la competencia entre planta después de la floración, que ocasionó una menor cantidad de óvulos abortados y obviamente una mayor cantidad de granos por m^2 .

CONCLUSIONES

Los cultivares evaluados (híbrido y variedad) manejados de acuerdo a las prácticas tradicionales de la zona, registraron rendimientos (híbrido: 6.242,25 $kg \cdot ha^{-1}$ y variedad: 5.736,35 $kg \cdot ha^{-1}$) que superaron los registros locales (2.617 $kg \cdot ha^{-1}$).

Los cultivares evaluados (híbrido y variedad) en ambas densidades mostraron diferencias en rendimientos de 805,20 $kg \cdot ha^{-1}$ en hileras simple

y 205,89 $kg \cdot ha^{-1}$ en hileras dobles. Ambos a favor del híbrido.

Al aumentar la densidad de planta disminuyó la altura de planta en el híbrido y aumentó en la variedad; pero el diámetro del tallo se redujo en ambos cultivares, registrándose la mayor disminución en la variedad, sin presentar acame en ningún tratamiento.

Los cultivares evaluados mostraron mejor comportamiento en las siembras de hileras simple. El alto porcentaje de mazorcas grandes y medianas obtenidos podrían permitir su comercialización como jojoto, que constituye un producto de alto consumo en la zona

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Agrónomo Rogelio Ortega, del INIA Yaracuy, por su colaboración en la cosecha, trilla y pesaje de los cultivares evaluados en el ensayo.

LITERATURA CITADA

Alfaro, Y; Segovia, V. 2008. Variedad de maíz amarillo CENIAP DMR. INIA DIVULGA. N° 11 enero – diciembre. 13 – 16 p. Disponible: http://sian.inia.gov.ve/inia_divulga/divulga_11/rid11_alfaro_13-16.pdf

CIMMYT (Centro Investigaciones Mejoramiento Maíz y Trigo)/IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources). 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center. CIMMYT. México City/International board for plant genetic resources, Rome. 10 p. Disponible en: http://archive-ecpgr.cgiar.org/fileadmin/bioiversity/publications/pdfs/104_Descriptors_for_maize.Descriptores_para_maiz.Descripteurs_pour_le_mais-cache=1415188810.pdf

Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. InfoStat versión 2012. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Duvick, D. 1999. Heterosis: feeding people and protecting natural resources. En: J. G.

- Coors and S. Pandey (ed.). The genetics and exploitation of heterosis in crops. 19-29 p. Disponible: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/acesspublicati/thegeneticsande/19/preview/pdf>
- Forero, FE; Fernández, JP; Álvarez-Herrera, JG. 2010. Efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica 13 (1): 77-86. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v13n1/v13n1a09.pdf>
- Guedez, J; Pérez, R. 1996. Colección de suelos de referencia: Principales suelos de uso agrícola del estado Lara (en línea). Bioagro 8(3): 77-83. Disponible en: <http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Cont8-3.htm> [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev8\(3\)/3.%20Colecci%C3%B3n%20de%20suelos.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev8(3)/3.%20Colecci%C3%B3n%20de%20suelos.pdf).
- Gonzalo, M; Vyn, TJ; Holland, JB; McIntyre, LM. 2006. Mapping density response in maize: A direct approach for testing genotype and treatment interactions. Genetics 173: 331–348. Disponible: <http://www.genetics.org/content/genetics/early/2006/02/19/genetics.105.045757.full.pdf>
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2016. Encuesta nacional de consumo de alimentos (en línea). Gerencia general de estadísticas sociales y ambientales. República Bolivariana de Venezuela. 22p. Disponible en: http://www.ine.gov.ve/documentos/Social/ConsumodeAlimentos/pdf/informe_enca.pdf
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2009. Sistema de siembra con surcos apareados en cultivo de maíz. Proyecto agricultura de precisión y máquinas precisas. INTA. Argentina. 25p. Disponible en: https://inta.gob.ar/taxonomy/term/8429/palabra-clave/ma%C3%ADz-7419?field_palabras_clave=7047&search=1&search_api_views_fulltext=Sistema%20de%20Siembra%20con%20Surcos%20Apareados%20en%20Cultivo%20de%20Ma%C3%ADz.%20Proyecto%20Agricultura%20de%20Precisi%C3%B3n%20y%20
- M%C3%A1quinas%20Precisas.&sort_by=created&sort_order=DESC
- Martínez, M; Ortiz, R; Ríos, H; Acosta, R. 2010. Análisis de las correlaciones en poblaciones cubanas de maíz. Cultivos tropicales 31(2): 82-91. Disponible en: <http://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/104/pdf>.
- MPPAT (Ministerio del Poder Popular para Agricultura y Tierra). 2007. VII Censo Agrícola Nacional. Disponible en: <http://censo.mat.gob.ve/>
- Miranda, F; Cerovich, M; Díaz, J; Figueroa, R; Peñaloza, M. 2009. Bases para una nueva clasificación dimensional de la semilla certificada de maíz para la siembra de precisión en Venezuela. Revista Facultad de Agronomía (UCV) 35(3): 112 -118. Disponible: http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/163/140
- Monasterio, P; Velásquez, L; Alejos, G; Lugo, L; Maturet, W; Tablante, J; Rodríguez, L; Araujo, D. 2007. Propuesta para la evaluación fenológica del cultivo de maíz en Venezuela. INIA Divulga 10 enero – diciembre. pp. 59-63. Disponible: http://sian.inia.gob.ve/inia_divulga/divulga_10/rid10_monasterio_59-63.pdf
- Monasterio, P; García, P; Alejos, G; Pérez, A; Tablante, J; Maturet, W; Rodríguez, L. 2008. Influencia de la precipitación sobre el rendimiento del maíz: caso híbridos blancos. Agronomía Tropical Volumen 58 (1): 69 -72. Disponible: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000100015
- Monasterio, P; Pierre, F; Tablante, J; Maturet, W. 2010. Rendimiento del maíz en los estados productores de Venezuela (1960 al 2007). INIA HOY. N° 7 enero – mayo. pp. 288 – 291.
- Monasterio, P; Pierre, F; Barreto, T; Marín C; Mora, O; Tablante, J; Maturet, W; Mendoza, C. 2011. Influencia del fenómeno el niño/oscilación del sur sobre la precipitación y rendimiento del cultivo de maíz en el municipio Peña, estado Yaracuy, Venezuela. Agronomía Tropical 61(1): 59-

72. Disponible: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2011000100006
- Monasterio, P; Pierre, F; Tablante, J; Maturét, W; Ortega, R; y Sanchez F. C. 2015. Método para la estimación de rendimiento en siembras de maíz. *Agronomía Tropical* 65(1-2):97-102. Disponible: [http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at65_12/pdf/09%20P.%20Monasterio%20Vol%2065%20\(1-2\)2017.pdf](http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at65_12/pdf/09%20P.%20Monasterio%20Vol%2065%20(1-2)2017.pdf)
- Reta S, DG; Gaytán M, A; Carrillo A, JS. 2003a. Rendimientos y componentes del rendimiento de maíz en respuesta a arreglos topológicos. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 26(2): 75-80. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/610/61026201.pdf>
- Reta S, DG; Gaytán M, A; Carrillo A, JS; Cueto W, JA. 2003b. Influencia de métodos de siembra y densidades de población en la formación de granos en maíz. *Fitotecnia Mexicana* 26(3): 75-80. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61026303>
- Tadeo-Robledo, M; Espinosa-Calderon, A; Chimal, N; Arteaga-Escamilla, I; Trejo-Pastor, V; Canales-Islas, E; Sierra-Macias, M; Valdivia-Bernal, R; Gómez-Montiel, NO; Palafox-Caballero, A; Zamudio-González, B. 2012. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana* 30(2): 157-164. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Disponible <http://www.redalyc.org/pdf/573/57324446007>.
- Tollenaar, M; Deen, W; Echarte, L; Liu, W. 2006. Effect of crowding stress on dry matter accumulation and harvest index in maize. *Agronomy Journal* 98:930-937. Disponible: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/98/4/930?access=0&view=pdf>
- Turgut, I; Duman, A; Bilgili, U; Acikgoz, E. 2005. Alternate row spacing and plant density. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191: 146-151. Disponible: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1439-037X.2004.00146.x>
- San Vicente, F; Marín, C; Díaz, D. 2005. Estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de híbridos de maíz de alta calidad de proteína (QPM) en Venezuela. *Agronomía Tropical* 55(3): 397-410. Disponible: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000300005
- Sangoi, L. 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciência Rural*, Santa María 31(1): 159-168. Disponible: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782001000100027
- Segovia, V; Alfaro Y. 2009. El maíz: un rubro estratégico para la soberanía agroalimentaria de los venezolanos. *Agronomía Tropical* 59(3): 237-247. Disponible: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2009000300001
- Sharifi, RS; Sedghi, M; Gholipouri, A. 2009. Effect of population density on yield and yield attributes of maize hybrids. *Research Journal of Biological Sciences* 4(4): 375-379. Disponible: <https://www.medwelljournals.com/abstract/?doi=rjbsci.2009.375.379>
- Van der Wal, H; Golicher, JD; Caudillo-Caudillo, S; Vargas-Domínguez, M. 2006. Densidades de siembra, rendimientos y área requerida para maíz en la agricultura de roza, tumba y quema en la Chinantla, México. *Revista Agrociencia* 40(4): 449-460. Disponible: <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2006/jul-ago/art-4.pdf>
- Valentinuz, O; Barbagelata, P; Papparotti, O. 2003. Espaciamento entre hileras en híbridos de maíz (*zea mays* L.) Con diferente estructura de planta. Facultad de Ciencias Agropecuarias-UNER. *Revista Científica Agropecuaria* 7(1):7-11.
- Xue, J; Liang, Z; Ma, G; Lu, H; Ren, J. 2002. Population physiological indices on density-tolerance of maize in different plant type. *Chinese Journal of Applied Ecology* 1(13): 55-59. Disponible: <https://europepmc.org/abstract/med/11962320>

Zamudio-González, B; Espinosa-Calderon, A; Tadeo-Robledo, M; Encastín-Dionicio, JJ; Martínez-Rodríguez, JN; Felix-Reyes, A; Cárdenas-Marcelo, AL; Turrent-Fernández, A. 2015. Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6(7): 1491-1505. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/2631/263142146006/>