

DENSIDAD DE POBLACIÓN Y CORRELACIONES FENOTÍPICAS EN CARACTERES AGRONÓMICOS Y DE RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE MAÍZ

Francisco Cervantes Ortiz^{1§}; María Teresa Gasca Ortíz²; Enrique Andrio Enríquez¹; Mariano Mendoza Elos¹; Luis P. Guevara Acevedo¹; Fabián Vázquez Moreno³; Sergio Rodríguez Herrera⁴

¹Instituto Tecnológico de Roque. Celaya, Guanajuato, México. ²Estudiante. Maestría en Ciencias en Producción y Tecnología de Semillas del IT Roque,

³Universidad de la Costa, Oaxaca, México. ⁴Universidad Autónoma Antonio Narro-Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.

[§]Autor para correspondencia: frcervantes@itroque.edu.mx. Recibido Abril 25, 2014 Aceptado: Junio 13, 2014

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el efecto de la densidad de población y genotipos de maíz en el vigor inicial de la plántula, y medir su relación con la respuesta agronómica y productiva del cultivo bajo condiciones de campo, en primavera/verano 2012. Para ello se utilizaron los genotipos (G) de maíz Cimarrón, 30P16, H-374C y un Mestizo, y las densidades de población (DP) de 60, 75 y 90 mil plantas/ha. Los tratamientos se distribuyeron en un Diseño Experimental de Parcelas Divididas con tres repeticiones. En estado de plántula se determinó: porcentaje de emergencia, altura de plántula, vigor inicial y número de hojas/plántula; mientras que en estado adulto: altura de planta y mazorca, número de hojas por arriba de la mazorca, número total de hojas, días a floración masculina y femenina, madurez fisiológica, rendimiento de grano y sus componentes. En el primer grupo, los genotipos fueron significativamente diferentes en vigor inicial y altura de

plántula, en particular el vigor inicial de la plántula Cimarrón; mientras que Mestizo tuvo mayor altura y número de hojas de plántula. En el segundo grupo hubo diferencias significativas entre genotipos de maíz para floración masculina y femenina y rendimiento de campo, y entre componentes de rendimiento el número de granos por hilera, hileras por mazorca y peso de grano. La densidad de población y la interacción G*DP modificaron estadísticamente el número de granos por hilera. El vigor inicial de plántula se correlacionó con número de hileras por mazorca, peso y rendimiento de grano. Sólo número de hileras por mazorca, como componente, presentó correlación significativa y positiva con el rendimiento de grano.

Palabras Clave: Vigor inicial, características agronómicas, correlación de caracteres, rendimiento de grano, componentes de rendimiento.

ABSTRACT

This research was conducted in order to evaluate the effect of population density on maize genotypes in the initial seedling vigor and measure its relationship to agronomic and productive crop response under field conditions in spring/summer, 2012. This Corn genotype (G) Cimarron, 30P16, H-374C and Mestizo and population densities (DP) of 60, 75 and 90 thousand plants/ha were used. Treatments were arranged in a split plot experimental design with three replications. In seedling was determined: percentage of emergency, seedling height, early vigor and number of leaves/seedling; while in adult state: plant and ear height, number of leaves above the ear, total number of leaves, days to male and female flowering, physiological maturity, grain yield and its components. In the first group, genotypes were significantly different in early vigor and seedling height, particularly in the

seedling initial vigor was the Cimarron; whereas, Mestizo had greater height and number of leaves of seedlings. In the second group there were significant differences between maize genotypes for male and female flowering and field yield and yield components in the number of kernels per row, rows per ear and grain weight. The population density and G*DP interaction statistically modified the number of kernels per row. The initial seedling vigor was correlated with number of rows per ear, weight and grain yield. Only number of rows per ear, as a component, had a significant positive correlation with grain yield.

Key words: Initial vigour, agronomic characteristics, correlation of characters, grain yield, yield components.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de maíz de 2000 a 2009 registró una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 3.2%, que lo ubicó como el cereal más cultivado. En 2009, el maíz alcanzó 787 millones de toneladas, y superó a trigo en 13.3% y arroz 13.7%. Estados Unidos fue el principal productor con 42%, seguido de China (20.7%), Brasil (6.5%), México (2.6%) e Indonesia (2.2%); en cambio, la mayor TCMA de 2000 a 2009 fue registrada por Indonesia con 6.8% y la mínima por México, con 1.57% (FAO, 2011).

En México, la superficie sembrada total de maíz durante 2010 ascendió a ca. 8 millones de hectáreas, de las cuales sólo 18% se sembró con riego y el resto (82%) en condiciones de secano. El Estado de Sinaloa concentró la mayor superficie sembrada bajo riego con 35% (497,644 ha), seguido por Guanajuato (7.38%), Michoacán (6.99%), Edo. de México (6.94%) y Chihuahua (6.37%) que, en conjunto, sumaron 394,593 ha. La superficie sembrada en temporal en el año citado, la concentraron Chiapas (10.71%), Veracruz (8.87%), Jalisco (8.79%), Oaxaca (8.70%) y Puebla (8.66%), para alcanzar 2,943 millones de hectáreas (SAGARPA-SIAP, 2011). En los últimos tres años, en Guanajuato fueron sembradas alrededor de 400 mil hectáreas de maíz, de las cuales más de 75% fue grano blanco y el resto forrajero. En Celaya se destinan alrededor de 5,000 ha para cultivo de maíz, principalmente tipo blanco. El rendimiento de maíz fluctúa entre 1.5 y 4.2 t ha⁻¹, pero sólo 13.5 % se destina al autoconsumo (SIAP, 2011).

Los cambios en el rendimiento al aumentar densidad de plantas, alto al inicio y posteriormente bajo, forman una parábola; además, los rendimientos bajos al disminuir la densidad de siembra, son debidos a la escasez de plantas pero con densidades altas se provoca esterilidad. Estas afirmaciones de Ajamnouroozi y Bohrani (1998) son válidas para cada región, dada la competencia por agua, luz y nutrientes. En el mismo sentido, Kresovic *et al.* (1997) concluyeron que un aumento en la densidad de las plantas de 49,300 a 59,500 plantas/ha, el rendimiento de grano de híbridos de maíz incrementó de 11.14 a 15.02 t ha⁻¹. Sin embargo, Nielson (1988) encontró que un aumento en la densidad de plantas de 44,444 a 88,888 plantas/ha, la producción de maíz subió 2.7%. Además, señala que el estrés por agua y la falta

de nitrógeno requerido por la planta, también puede presionar crecimiento y rendimiento de maíz.

Estudios indican que las correlaciones entre caracteres de plántula y planta adulta son inconsistentes. Mock y Bakri (1976) determinaron correlación baja entre vigor de plántula (medido como porcentaje de emergencia), índice de emergencia y materia seca de plántula a 42 días después de la siembra, con el rendimiento de grano en la población de maíz BSSS13. Mock y Skrdla (1978) obtuvieron resultados similares entre vigor de plántula y días a floración femenina. Además, Mock y McNeill (1979) encontraron coeficientes de correlación bajos entre caracteres de vigor de plántula con altura y número de hojas de planta juvenil, días a floración femenina, altura de planta adulta y rendimiento de grano de 34 líneas endogámicas de maíz, pero la acumulación de materia seca inicial afectó positiva y significativamente ($r^2=0.48$) rendimiento de grano.

Algunos resultados demuestran que entre tamaño de grano y crecimiento inicial de la plántula, la asociación resultó positiva (Hawkins y Cooper, 1979; Deieux *et al.*, 1989; Bockstaller y Girardin, 1994). En otros casos, aunque el efecto entre tamaño de grano y crecimiento de plántula es significativo en el periodo heterótrofo (porcentaje de emergencia, altura de plántula y materia seca), tiende a desaparecer previo a antesis (Hawkins y Copper, 1979). Otros autores, Faiguenbaum y Romero (1991), señalan que la calidad fisiológica de la semilla para distintas especies se relaciona con el tamaño de la misma, o correlación entre peso de grano y vigor inicial, materia seca final y días a floración (Revilla *et al.*, 1999). Estos últimos también encontraron inconsistencias correlativas entre vigor de plántula y planta adulta. Adicionalmente, Martinelli y Moreira de Carvalho (1999), demostraron que semillas grandes de maíz presentan mayor velocidad de germinación, forman plantas de mayor porte y mazorcas con mayor número de granos por hilera y logran mayor rendimiento. En este sentido, se afirma que la diferencia en semillas con alto y bajo vigor se aprecian sólo en fases iniciales de crecimiento y bajo condiciones adversas, pero las evidencias no son suficientes para demostrar que se conserva la expresión del rendimiento (Cervantes-Ortiz *et al.*, 2007). En base a lo anterior, el objetivo de

ésta investigación fue evaluar el efecto de la densidad de población y genotipos de maíz en el vigor inicial de la plántula, y medir la relación con la respuesta

agronómica y productiva del cultivo bajo condiciones de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en el Campo Experimental del Instituto Tecnológico de Roque, en Celaya, Guanajuato, durante el período Primavera-Verano 2012, a 20° 31' N y 100° 45' O y 1765 m de altura. El clima del sitio experimental es BS1Hw(e), semicálido, precipitación pluvial de 550 a 710 mm al año y temperatura media anual de 18.4 °C (García, 1973). Los suelos son tipo Vertisol Pélico. Los factores evaluados fueron a) Genotipos de maíz: Cimarrón, 30P16, H-374C y un criollo mejorado (Mestizo) y; b) Densidad de población: 60, 75 y 90 mil plantas/ha. Se usó un Diseño Experimental de Parcelas Divididas; a la parcela grande se le asignó el genotipo y a la parcela chica densidad de población que, al ser combinados, formaron 12 tratamientos, repetidos tres veces. La parcela experimental estuvo constituida por seis surcos de 5 m de longitud con una separación de 0.76 m. La parcela útil consistió de dos surcos centrales de 3 m de longitud. En banda se aplicó la dosis de fertilización 240-60-60: al momento de la siembra el 50% de nitrógeno, todo el fósforo y potasio; la otra mitad de nitrógeno 40 días después de la siembra (dds). Esta se hizo con una densidad mayor a la requerida y 20 dds se ajustó a la población de plantas deseada. Hubo suministro de tres riegos de auxilio, pues durante el ciclo agrícola se registró una precipitación pluvial de 700 mm de Junio a Septiembre. Para mantener el cultivo libre de malezas se aplicó Atrazina (25%) y Metolachlor (25%) en dosis de 4 L ha⁻¹ y se hicieron dos escardas mecánicas (20 y 40 dds). El control de plagas del suelo se hizo con Carbofuran granulado, mezclado con el fertilizante de siembra. Por otro lado, al inicio de desarrollo del cultivo hubo presencia de trips y controlados con

Dimetoato, en dosis de 0.5 L ha⁻¹; posteriormente se aplicó 1 L ha⁻¹ Cipermetrina para controlar gusano cogollero (*Spodoptera fugiperda*).

Los caracteres de vigor de plántula evaluados fueron: porcentaje de emergencia (PE), 7 dds; altura de plántula (LPL), 40 dds; vigor inicial (VI), 40 dds, con la siguiente escala: 1=excelente, hasta 5=pobre y; número de hojas en la plántula (HPL). Por otro lado, en la parcela útil se determinaron días de la siembra al 50 + 1% de la floración femenina (FF) y masculina (FM) y, en una muestra de tres plantas por unidad experimental, altura de planta (AP) y altura de mazorca (AM) en madurez fisiológica. Del mismo modo, número de hojas por arriba de la mazorca (HAM) y número total de hojas (HT). Los días a madurez fisiológica (DMF) correspondieron a los días transcurridos desde el primer riego hasta 75% de grado lechoso del grano. Finalmente, rendimiento de campo se obtuvo al cosechar dos surcos centrales de la parcela útil (3 m por surco). Por otra parte, en cinco mazorcas elegidas al azar de cada unidad experimental, se determinó diámetro de mazorca (DM), longitud de mazorca (LM), número de granos por hilera (NGH) y número de hileras por mazorca (NHM). Así mismo, se registró peso de grano (PG), partir del peso cuatro repeticiones de 100 granos.

Los datos registrados fueron analizados mediante PROC GLM, del paquete estadístico SAS (SAS, 1999) ver 9.1. La comparación múltiple de medias se realizó de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). También se realizó un análisis de correlación entre los caracteres involucrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre genotipos (G) para vigor inicial y altura de plántula; mientras que, para número de hojas, la diferencia fue altamente significativa ($P \leq 0.01$). La densidad de población (DP) y la interacción G x DP no modificaron estadísticamente ninguna de las variables antes indicadas. Respecto a la prueba la comparación

de medias (Tukey, 0.05), se aprecia que los genotipos mostraron variación para vigor inicial en la plántula, donde el híbrido Cimarrón (Monsanto) fue consistente con el mejor comportamiento (82.2 %), mientras que el híbrido triple H374C, de INIFAP, presentó la menor respuesta (67%). Por otro lado, altura de planta y número de hojas en estado de plántula del mestizo

(criollo x mejorado) presentó los valores más altos y superó a los híbridos de Pioneer, Monsanto e INIFAP. Como se había señalado anteriormente, la densidad de población no modificó significativamente estos caracte-

res (Cuadro 2). En éste sentido, se puede inferir que estas características están gobernadas por el efecto del genotipo o por algún manejo agronómico particular proporcionado por el genotipo.

Cuadro 1. Cuadrados medios para caracteres de vigor inicial de plántula de maíz, evaluado en campo. Roque, Celaya, Guanajuato. 2012.

Fuente de variación	Grados de libertad	PE (%)	VI	APL (cm)	HPL
Repetición	2	21.62	77.77	32.52	2.91
Genotipo (G)	3	192.14	396.29*	114.97*	2.93**
Error (a)	6	13.28	62.96	38.07	0.27
Densidad de población (DP)	2	29.71	44.44	21.91	0.09
G*DP	6	47.45	162.96	48.43	0.18
Error (b)	16	80.14	116.66	29.16	0.40
CV (%)		9.85	19.24	12.98	7.74

PE, Porcentaje de emergencia; VI, Vigor inicial; APL, Altura de plántula; HPL, Nmero de hojas por plántula; CV, Coeficiente de variación. * y **, Diferencias estadísticas significativas al nivel 0.05 y 0.01 de probabilidad de error, respectivamente.

Cuadro 2. Comparación de medias de caracteres de plántula de maíz evaluadas en campo en genotipos de maíz. Roque, Celaya, Guanajuato. 2012.

Factor	VI	APL (cm)	HPL
<u>Genotipos de maíz</u>			
Cimarrón	82.22 a	41.27 ab	7.97 b
30P16	77.30 ab	39.66 ab	7.96 b
H374c	66.66 b	38.68 b	7.82 b
Mestizo	77.77 ab	46.70 a	9.05 a
<u>Densidad de población</u>			
60000	58.33 a	41.51 a	8.22 a
75000	55.00 a	40.26 a	8.28 a
90000	55.00 a	42.96 a	8.10 a

VI, Vigor inicial; APL, Altura de plántula; HPL, Número de hojas por plántula. Medias con letras iguales por columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El Cuadro 3 muestra la ausencia de efectos significativos entre genotipos y en densidad de población, así como para la interacción de estos dos factores para hojas por arriba de la mazorca, número de hojas, altura de planta y de mazorca. Estos resultados difieren con los de Cervantes-Ortiz *et al.* (2007), quienes encontraron una fuerte diversidad genética en cruza simples de maíz para estas características. Del mismo modo, Tetio y Gardner (1988) y Cervantes *et al.* (2013) indican que la densidad de población ejerce una fuerte influencia en el crecimiento de maíz y Esehie (1992) señala que el incremento de la densidad de población, generalmente

resulta en plantas de maíz de mayor porte.

Los cuadrados medios para rendimiento de grano y otras características agronómicas, se muestran en el Cuadro 4. En éste aparecen diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre genotipos para rendimiento de campo, días a floración masculina y peso de grano, y altamente significativas ($P \leq 0.05$) para días a floración femenina. Por otro lado, la variación de la densidad de población y la interacción G*DP, no afectó estadísticamente a estas mismas características evaluadas. Para componentes de rendimiento, se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre

genotipos para número de granos por hilera y diámetro de olote y fueron altamente significativos ($P \leq 0.01$) para número de hileras por mazorca (Cuadro 5). La densidad de población y la interacción G*DP, modificaron significativamente ($P \leq 0.01$; $P \leq 0.05$) número de granos por hilera. En cambio, longitud y

diámetro de mazorca no fueron modificados por los factores evaluados. Estos resultados coinciden con los de Cervantes *et al.* (2013) y se contraponen a los Oyervides *et al.* (1990) y Roy y Biswas (1992), quienes determinaron un efecto negativo en los componentes de rendimiento al incrementar densidad de población.

Cuadro 3. Cuadrados medios para caracteres agronómicos evaluados en campo. Roque, Celaya, Guanajuato, 2012.

Fuente de variación	Grados de libertad	HAM	HT	AM (cm)	AP (cm)
Repetición	2	0.14	0.27	969.23	14.92
Genotipo (G)	3	0.17	1.21	317.64	562.60
Error (a)	6	0.19	0.21	536.02	452.95
Densidad de Población (DP)	2	0.20	0.15	459.07	544.57
G*DP	6	0.22	1.71	1139.55	579.50
Error (b)	16	0.15	0.79	853.15	531.89
CV (%)	—	7.93	7.53	13.27	20.57

HAM, Hojas por arriba de la mazorca; HT, Número total de hojas; AM, Altura de mazorca; AP, Altura de planta; CV, Coeficiente de variación.

Cuadro 4. Cuadrados medios para caracteres agronómicos de genotipos de maíz. Roque, Celaya, Guanajuato, 2012.

Fuente de variación	GL	R (kg ha ⁻¹)	IP	MF (d)	FF (d)	FM (d)	PG (g)
Repetición	2	1476914.56	0.02	4.00	9.75	18.08	0.98
Genotipo (G)	3	18498397.25**	0.03	1.07	3.5*	11.50**	207.55**
Error (a)	6	2329615.42	0.01	8.62	2.49	5.23	15.41
Densidad de población (DP)	2	2269514.12	0.006	1.08	0.75	2.58	4.42
G*DP	6	825686.04	0.01	9.04	0.82	2.17	5.73
Error (b)	16	946190.27	0.01	9.97	1.05	1.27	7.19
C.V (%)	—	12.36	12.83	2.33	1.32	1.41	6.72

GL, Grados de libertad; R, Rendimiento de grano; IP, Índice de prolificidad; MF, Madurez fisiológica; FF, Floración femenina; FM, Floración masculina; PG, Peso de grano. * y ** = Diferencias estadísticas significativas al nivel 0.05 y 0.01 de probabilidad de error, respectivamente.

Los resultados de la prueba de comparación de medias, de acuerdo con Tukey al 0.05 (Cuadro 6), indica que el híbrido Cimarrón presentó el mayor número de hileras por mazorca (16.6), mientras que H-374C tuvo el valor más bajo (12.7). Sin embargo, cuando se registró número de granos por hilera, éste último híbrido fue consistente con el valor más alto (37.8), mientras el criollo mejorado (Mestizo) generó la menor cantidad de granos por hilera. Por otro lado, las densidades de población intermedia y alta indujeron la mayor cantidad de granos. Estos resultados difieren de Maddonni (2001), al mencionar que ésta característica presenta un efecto negativo al

incrementar la población de plantas. También se observa que Cimarrón fue consistente con el mayor rendimiento de grano (10 t ha⁻¹) y granos con mayor peso. El resto de los materiales tuvo un comportamiento similar. El Mestizo fue el genotipo más precoz, mientras que Cimarrón el más tardío. Nuestros resultados concuerdan con Esehie (1992) y Espinoza y Tadeo (1992), quienes determinaron que la densidad de población no afectó la floración, pero la comparación entre cultivares mostró diferencias significativas en días a floración femenina y masculina. Sin embargo, los resultados se contraponen al efecto

de la densidad de población en el rendimiento, comúnmente establecido, en los que el rendimiento se incrementa con el aumento de la densidad de siembra (Sprague, 1985; Esehie, 1992; Gutiérrez y Luna, 2002; Blumenthal *et al.* 2003; Yasari, 2012 y Cervantes *et al.*, 2013).

Cuadro 5. Cuadrados medios para componentes de rendimiento de genotipos de maíz. Roque, Celaya, Guanajuato. 2012.

Fuente de variación	Grados de libertad	DM (mm)	LM (cm)	HPM	GPH
Repetición	2	187.12	11.53	0.01	116.82
Genotipo (G)	3	7.82	19.92	6.36**	100.03*
Error (a)	6	36.06	7.74	1.14	52.99
Densidad de población (DP)	2	0.23	2.32	0.01	161.86**
G*DP	6	80.99	4.86	0.58	88.09*
Error (b)	16	102.08	8.19	0.58	22.24
CV (%)		22.18	16.73	5.55	14.32

DM, Diámetro de mazorca; LM, Longitud de mazorca; HPM, Hileras por mazorca; GPH, Granos por hilera; CV, Coeficiente de variación; * y ** = Diferencias estadísticas significativas al nivel 0.05 y 0.01 de probabilidad de error, respectivamente.

Cuadro 6. Comparación de medias de variables de componentes de rendimiento evaluadas en genotipos de maíz. Roque, Celaya, Guanajuato. 2102.

Factor	HPM	GPH	R (kg ha ⁻¹)	FF (d)	FM (d)	PG (g)
<u>Genotipos de maíz</u>						
Cimarrón	14.62 a	31.87 a b	9939.1 a	78.44 a	80.77 a	43.21 a
30P16	13.42 b c	31.58 a b	7701.9 b	77.22ab	80.88 a	44.10 a
H374c	12.71 c	37.84 a	7063.5 b	77.66ab	80.22 a	33.71 c
Mestizo	14.17 a b	30.42 b	6771.6 b	77 b	78.44 b	38.41 b
<u>Densidad de población</u>						
60000	13.70 a	28.72 b	7420.8 a	77.83 a	80.50 a	39.34 a
75000	13.76 a	34.58 a	7897.1 a	77.33 a	79.58 a	40.52 a
90000	13.73 a	35.49 a	8289.2 a	77.58 a	80.16 a	39.34 a

HPM, Hileras por mazorca; GPH, Granos por hilera; R, Rendimiento de grano; FF, Floración femenina; FM, Floración masculina; PG, Peso de grano, respectivamente. Medias con la misma letra por columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Finalmente, los coeficientes de correlación mostrados en el Cuadro 7, indican que el vigor inicial de la plántula medido a través del vigor visual sólo se relaciona con el número de hileras por mazorca, rendimiento de grano y peso de grano; lo que significa que aquellos genotipos con alto vigor inicial de plántula tienden a producir mayor rendimiento y granos más pesados. Por otro lado, la altura de la plántula registrada 40 dde, presentó una correlación negativa con las floraciones masculina y femenina. De tal modo, que los genotipos con mayor altura de

plántula tienden a ser más precoces. El número de hojas en estado de plántula, únicamente se relacionó con el peso de grano. Además, el número de hileras por mazorca tuvo una relación negativa con número de granos por hilera y estuvo positivamente relacionado con rendimiento de grano y peso de grano; una condición esperada, ya que ésta característica es un componente del rendimiento y, por lo tanto, influye su expresión.

El rendimiento de grano en campo presentó una corre-

lación significativa y positiva con peso de grano y floraciones masculina y femenina. En este sentido, se puede decir que el rendimiento alto de los genotipos de maíz, podría ser debido al grano pesado que formaron y son fenológicamente más tardíos para alcanzar la floración. Los componentes de rendimiento fueron inconsistencias para correlacionarse con rendimiento de grano. Resultados que difieren de Jawaharlal *et al.* (2011), cuando mencionan una positiva y estrecha asociación entre rendimiento y sus componentes. También se observa correlación baja entre vigor inicial de maíz en estado de plántula con

los de la planta adulta. Hechos coincidentes con Mock y Bakri (1976), quienes concluyeron la existencia de correlación baja entre vigor de plántula medido como porcentaje de emergencia, índice de emergencia y materia seca de plántula de 42 dde y rendimiento de grano. Poco después, Mock y McNeill (1979) también encontraron coeficientes de correlación bajos entre vigor de plántula y altura y número de hojas de planta juvenil, días a floración femenina, altura de planta adulta y rendimiento de grano en líneas endogámicas de maíz.

Cuadro 7. Coeficientes de correlación y niveles de significancia para caracteres de plántula y planta adulta de genotipos de maíz. Roque, Celaya, Guanajuato. 2012.

Caracter	VI	APL	HT	AP	DM	LM	HPM	GPH	RC	PG	FF	FM
VI	1	0.20	0.28	-0.18	-0.11	0.20	0.45**	-0.19	0.35*	0.40*	-0.06	-0.08
APL		1	0.19	-0.23	-0.22	0.30	0.08	0.03	-0.18	0.10	-0.37*	-0.44**
HT			1	0.26	-0.14	0.21	0.23	0.06	0.11	0.40*	-0.02	-0.24
AP				1	0.23	-0.25	-0.09	-0.31*	-0.19	-0.06	0.002	0.05
DM					1	0.08	-0.005	-0.22	-0.01	0.01	0.28*	0.36*
LM						1	0.23	0.05	0.07	0.06	-0.05	-0.31*
HPM							1	-0.29*	0.34*	0.35*	0.14	-0.11
GPH								1	-0.06	-0.14	-0.14	-0.31*
RC									1	0.50**	0.31*	0.33*
PG										1	-0.03	0.11
FF											1	0.13
FM												1

VI, Vigor inicial; APL, Altura de plántula; HT, Número total de hojas; AP, Altura de planta; DM, Diámetro de la mazorca; LM, Longitud de mazorca; HPM, Hileras por mazorca; GPM, Granos por hilera; RC, Rendimiento de campo; PG, Peso de grano; FF, Floración femenina; FM, Floración masculina. * y **, Diferencias estadísticas significativas al nivel 0.05 y 0.01 de probabilidad de error, respectivamente.

CONCLUSIONES

Los genotipos respondieron de forma diferente en el vigor inicial de la plántula evaluado a 40 días de edad, donde los híbridos Cimarrón y 30P16 fueron consistentes con los valores más altos. Sin embargo, en altura de plántula el criollo mejorado (mestizo) superó a los tres híbridos. En relación a rendimiento de grano y sus componentes, Cimarrón mostró los valores más altos. Por último, la densidad de población no influyó en el vigor inicial de plántula,

características agronómicas de planta adulta, rendimiento de campo y, entre los componentes de rendimiento, sólo modificó número de granos por hilera. El vigor inicial de plántula tuvo correlación positiva con número de hileras por mazorca, rendimiento y peso de grano y entre componentes de rendimiento evaluados; el número de hileras por mazorca sólo se correlacionó con el rendimiento de grano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ajamnourozi H; Bohrani J (1998). The effects of planting configuration and plant density on the yield and yield components of the late maturing grain corn cultivar of S.C 704 and the intermediate maturing corn cultivar of S. C 704 in the region of Aliabad Kamin in the province of Fars. *In: Proceeding 5th Congress of Iranian Agronomy and Plant breeding*, Karaj, Iran. p. 380.
- Blumenthal J; Lyon D; Stroup W (2003). Optimal plant population and nitrogen fertility for dryland corn in western Nebraska. *Agronomy Journal* 95:878-883.
- Cervantes OF; Covarrubias PJ; Rangel LJA; Terrón IAD; Mendoza EM; Preciado ORE (2013). Densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de semilla híbrida de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 24(1): 101-110.
- Cervantes-Ortiz F; García-De los Santos G; Carballo-Carballo A; Bergvinson D; Crossa JL; Mendoza-EM; Moreno ME (2007). Herencia del vigor de plántula y su relación con caracteres de planta adulta en líneas endogámicas de maíz tropical. *Agrociencia* 41:425-433.
- Derieux M; Boardu R; Durburq JB; Boizard H (1989). La crise de croissance de la plante de maïs à basse température. *Agronomie* 9: 207-212.
- Esechie HA (1992). Effect of planting density on growth and yield of irrigated maize (*Zea mays*) in the Batinah Coast region of Oman. *Journal of Agricultural Science* 119:165-169.
- Espinosa A; Tadeo M (1992). Producción de semilla del híbrido doble de maíz en respuesta a la fertilización nitrogenada y densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 15:1-9.
- Faiguenbaum MH; Romero AL (1991). Efecto del tamaño de semilla sobre la germinación, el vigor y el rendimiento en un híbrido de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia e Investigación Agraria* 18(3):111-117.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2011). FAOSTAT-Statistical Databases. (en línea). México. Disponible: <http://faostat.fao.org/site/351/default.aspx>. Consulta: Julio 22, 2011.
- García E (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (adaptación a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. México. 264 p.
- Gutiérrez R; Luna M (2002). Riego, densidad de plantas y fertilización nitrogenada en producción de híbridos de maíz en Zacatecas. *Agricultura Técnica en México* 28(2):95-103.
- Hawkins RC; Cooper PJM (1979). Effects of seed size on growth and yield of maize in the Kenya highlands. *Experimental Agriculture* 15: 73-79.
- Jawaharlal J; Reddy GL; Kumir SS (2011). Character association between yield and yield attributing traits in maize (*Zea mays* L.). *Agricultural Science Digest* 33(3): 232-234.
- Kresovic B; Tolimir M; Pajic Z (1997). Growing of sweet corn as a second or stubble crop. *Journal of Science of Agricultural Aes.* 48: 23-30.
- Maddoni GA; Otegui ME; Cirilo AG (2001). Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light interception. *Field Crops Research* 71: 183-193.
- Martinelli A; Moreira de Carvalho N (1999). Seed size and genotype effects on maize (*Zea mays* L.) yield under different technology levels. *Seed Science and Technology* 27:999-1006.
- Mock JJ; AA Bakri (1976). Recurrent selection for cold tolerance in maize. *Crop Science* 16: 230-233.
- Mock JJ; MJ McNeill (1979). Cold tolerance of maize inbred lines adapted to various latitudes in North America. *Crop Science* 19(2): 239-242
- Mock JJ; Skrdla WH (1978). Evaluation of maize plant introductions for cold tolerance. *Euphytica* 27: 27-32.
- Nielson R (1988). Influence of hybrids and plant density on grain yield and stair breakage in corn growth in 15-inch row spacing. *Journal of Production Agriculture* 1(3): 190-195.
- Oyervides A; Ortiz J; González V; Carballo A (1990). El número de mazorcas por planta y la formación de arquetipos de maíz. *Agrociencia Serie Fitotecnia* 1(4):103-118.
- Revilla P; Butrón A; Malval RA; Ordás A (1999). Relationships among kernel weight, early vigor and growth in maize. *Crop Science* 39:654-658.
- Roy S; Biswas P (1992). Effect of density and detopping following silking on cob growth, fodder and grain yield of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Science* 119:297-301.
- SAGARPA-SIAP (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca) (2010). Sistema de Información del Sector Agrícola: 1980-2010. (en línea). México. Disponible: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>. Consulta: Julio 5, 2011.
- SAS (1999). SAS Institute Inc. SAS/STAT User's Guide. Versión 9.1. Cary, NC. USA. 359 p.
- Sprague G (1985). Corn and Corn Improvement. American Society of Agronomy Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA. Pp. 645-648.
- Tetio KF; Gardner FP (1988). Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustment. *Agronomy Journal* 80:935-940.
- Yasari E; Noori M; Haddadi M (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.