

Calidad física y fisiológica de semilla en función de la densidad de población en dos híbridos de maíz*

Physical and physiological seed quality in function of the density of population in two maize hybrids

Juan Carlos Raya Pérez¹, César Leobardo Aguirre Mancilla¹, J. Guadalupe Medina Ortíz², Juan Gabriel Ramírez Pimentel¹, Enrique Andrio Enriquez¹, Alejandro Castellanos Sánchez³ y Jorge Covarrubias Prieto^{1,8}

¹Instituto Tecnológico de Roque. Carretera Celaya-Juventino Rosas, km 8. C. P. 38110. Tel. 014616115904. Celaya, Guanajuato. (juraya@itroque.edu.mx^a), (ceaguirre@itroque.edu.mx^b), (juramirez@itroque.edu.mx^c), (invesita33@hotmail.com). ²*In memoriam*. ³Semillas Iyaldipro y Ya S. A. de C. V. Jamay, Jalisco. Carretera Jamay-La Barca. Jamay, Jalisco, km. 5.0. (iyadilpro@prodigy.net.mx). ⁸Autor para correspondencia: depi@itroque.edu.mx.

Resumen

La densidad de población afecta algunos caracteres agronómicos en las variedades, como la calidad física y fisiológica de la semilla. Con el objetivo de evaluar este efecto, se sembraron dos genotipos hembra de dos híbridos comerciales de maíz (*Zea mays* L.); las densidades evaluadas fueron 52 630, 65 789, 78 789, 92 013 y 105 263 plantas ha⁻¹ en el campo experimental del Instituto Tecnológico de Roque, Guanajuato. Se eligió un experimento factorial con diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluó altura de planta, de mazorca, días a floración femenina, hojas fotosintéticamente activas, amacollamiento, ataque de *Fusarium* spp., acame de tallo, plantas “horras” y rendimiento de grano; la calidad de la semilla fue evaluada mediante peso volumétrico, análisis de pureza, peso de 1 000 semillas y clases de semilla. La calidad fisiológica, a través de la germinación estándar y el vigor. Los resultados obtenidos muestran que la densidad de población tuvo efectos estadísticamente significativos en las siguientes variables agronómicas: altura de planta y de mazorca, número de hojas fotosintéticamente activas, amacollamiento, porcentaje de plantas “horras” y rendimiento de grano; así, al menos una densidad es superior o permite observar diferencias entre

Abstract

Population density affects some agronomic traits in varieties such as physical and physiological quality of the seed. In order to assess this effect, two female genotypes were grown of two commercial hybrids of maize (*Zea mays* L.); the evaluated densities were 52 630, 65 789, 78 789, 92 013 and 105 263 plants ha⁻¹ in the experimental field of Roque Institute of Technology, Guanajuato. A factorial experiment was chosen, using a randomized complete block design with four replications. We evaluated plant height, ear size, days to silking, photosynthetically active leaves, tillering, attack of *Fusarium* spp., stalk lodging, plant “horras” and grain yield; seed quality was evaluated by volumetric weight, purity analysis, weight of 1000 seeds and seed classes. The physiological quality, through the standard germination and vigor. The results show that, the density of population had statistically significant effects on the following agronomic traits: plant height and ear size, photosynthetically active leaf number, tillering, percentage of plants “horras” and grain yield; so, at least one density is higher or allow to see differences between them; in none of the variables of this group, showed interaction effects between genotypes and densities, indicating independence among these factors.

* Recibido: agosto de 2011
Aceptado: abril de 2012

ellas; en ninguna variable de este grupo se presentó efectos de interacción entre genotipos y densidades, indicando independencia entre estos factores.

Palabras claves: *Zea mays* L., acame, amacollamiento, clases de semilla, germinación, plantas “horras”, vigor.

Introducción

La calidad de la semilla de maíz se conforma con los efectos de sus atributos genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios, además de la interacción entre ellas, mismas que se determinan durante el ciclo biológico de la planta materna y son afectadas por factores climáticos y factores fisiológicos (Sierra *et al.*, 2008).

El estudio de factores controlables de la producción de semilla en maíz es de primordial importancia, debido a que muchos de ellos o sus interacciones pueden afectar la obtención de un mejor rendimiento y calidad de la semilla producida (Hernández *et al.*, 2010).

En México cuando se produce semilla de maíz, es dominante el empleo de fórmulas de producción recomendadas para el cultivo de grano; sin embargo, la semilla puede tener características que es probable no pueda alcanzar su óptimo con los paquetes tecnológicos. Tal generalidad es particular cuando se trata de decidir la cantidad de semilla a emplear en la siembra (Mendoza *et al.*, 2002).

En progenitores de cruza híbridas de maíz, se ha observado que algunos caracteres fisiotécnicos y componentes de calidad física y fisiológica, son fuertemente influenciados por la densidad de población. En este sentido, es necesario un conocimiento más amplio de los factores de la producción involucrados con un mayor rendimiento y mejor calidad de la semilla y, en particular, los niveles poblacionales para los cuales existe una respuesta positiva. Al respecto se ha observado que la heterosis se expresa mejor para características reproductivas relacionadas con el rendimiento (Flint-García *et al.*, 2009), lo cual puede ser útil para generar fórmulas tecnológicas específicas que permitan producir grandes cantidades de semilla por unidad de superficie y de buena calidad, para beneficio del productor (Edmeades y Daynard, 1979).

La presente investigación se orientó a estudiar en dos genotipos hembra de maíz, el efecto de las variaciones en los niveles de población sobre las características agronómicas

Key words: *Zea mays* L., lodging, tillering, seed types, germination, plants “horras”, vigor.

Introduction

The quality of maize's seeds conforms to the effects of their genetic attributes, physical, physiological and health, as well as the interaction between them, which are being determined during the life cycle of the parent plant and are affected by climatic and physiological factors (Sierra *et al.*, 2008).

The study of the controllable factors in maize seed production is of great importance since many of them or their interactions can affect the achievement of better performance and quality of the seed produced (Hernández *et al.*, 2010).

In Mexico, when producing maize seed, the use of production formulas is dominant recommended for growing grain; however, the seed may have characteristics that are likely not to reach its optimum technological packages. Such generality it's especial when it comes to deciding the amount of seed used for sowing (Mendoza *et al.*, 2002).

In parents of a hybrid cross of maize, it has been noticed that some characters and physical and quality physiological components are strongly influenced by the population density. In this sense, we need a broader understanding of the factors of production involved with higher yields and better seed quality, in particular, the population levels for which there is a positive response, this connection has been observed that, the is best expressed heterosis for reproductive traits related to yield (Flint-García *et al.*, 2009), which can be useful for generating technological specific formulas allowing the production of large quantities of seed per unit area and good quality for the benefit of the producer (Edmeades and Daynard, 1979).

This research aimed to study two female genotypes of maize, the effect of changes in population levels on plant agronomic characteristics and attributes of physical and physiological quality; the general hypothesis is that the high international competition modifies the plant's agronomic characteristics and the physical and physiological quality of seed.

Environmental factors greatly influence the development and quality of the seeds, the plants have the ability to adjust the production of seeds to the availability of resources, and

de la planta y los atributos de calidad física y fisiológica; se planteó como hipótesis general que la alta competencia inter plantas modifica las características agronómicas de la planta, así como la calidad física y fisiológica de la semilla.

Los factores del ambiente tienen gran influencia sobre el desarrollo y la calidad de las semillas; las plantas tienen la capacidad de ajustar la producción de semillas a la disponibilidad de recursos; el ambiente en el cual las plantas se desarrollan y completan su ciclo de vida, puede influenciar la calidad de la semilla (Delouche, 1981; Luna *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2010).

La evaluación de la calidad de la semilla permite diferenciar y sugerir los mejores progenitores para la formación de híbridos, así como los ambientes más adecuados para su producción (Espinosa y Carballo, 1986; Sierra *et al.*, 2008).

Algunas características de la calidad de las semillas están influenciadas por el ambiente total de producción. La densidad de población es, entre otros, el de mayor importancia en la producción de semilla híbrida de maíz, dado su efecto en la calidad de la semilla comercial.

Tetio y Gardner (1988) encontraron que la densidad de población ejerce una fuerte influencia sobre el crecimiento y el rendimiento de grano de maíz. Al probar 15 densidades de población en un diseño circular, se afectó el número de hileras por mazorca, el número de semillas por hilera y el número de semillas por mazorca; el rendimiento de grano por unidad de área se incrementó parabólicamente, mientras que el rendimiento de tallos y la materia seca total se incrementaron asintóticamente.

Esechie (1992), al estudiar en maíz densidades de población de 24 000, 48 000 y 74 000 plantas ha^{-1} , encontró que el rendimiento de grano y sus componentes fueron más altos a 48 000 plantas ha^{-1} ; también, generalmente los incrementos en las densidades resultaron en plantas más altas en dos cultivares. La densidad no afectó la floración, pero la comparación entre cultivares mostró diferencias significativas en días a floración femenina y masculina.

Roy y Biswas (1992) asientan que el rendimiento de grano y el número de mazorcas por m^2 se incrementan significativamente con el aumento en la densidad de 33 300 a 66 600 plantas ha^{-1} ; además, el peso por mazorca más alto se obtuvo con la densidad más baja.

the environment in which the plants will grow and complete their life cycle may influence the quality of the seed too (Delouche, 1981; Luna *et al.*, 2005; Torres *et al.*, 2010).

The assessment of seed quality to differentiate and suggest the best parents for hybrid formation and, environments best suited for their production (Espinosa and Carballo, 1986; Sierra *et al.*, 2008).

Some characteristics of the quality of the seeds are influenced by the overall production environment. The population density, among others is the most important in the production of hybrid seed, given its effect on the quality of the commercial seed.

Tetio and Gardner (1988) found that, the population density has a strong influence on growth and grain yield of maize. By testing 15 population densities in a circular design, it affected the number of rows per ear, number of seeds per row and the number of seeds per ear; grain yield per unit area increased parabolically, while the yield stems and total dry matter increased asymptotically.

Esechie (1992), by studying in maize population densities of 24 000, 48 000 and 74 000 plants ha^{-1} , found that grain yield and its components were higher at 48 000 plants ha^{-1} also it generally increases in densities higher in plants of two cultivars. The density did not affect flowering at all, but the comparison between cultivars showed significant differences in days to silking and male flowering.

Roy and Biswas (1992) stated that, the grain yield and the number of ears per m^2 increases significantly with the increase in density from 33 300-66 600 plants ha^{-1} , also the highest weight per ear was obtained with the lowest density.

Materials and methods

The field experiment was conducted during the spring-summer in the Experimental Roque Institute of Technology, Guanajuato, Mexico. The laboratory-experimental phase was conducted in the seed laboratory at the same institute.

Genetic material was used as two commercial hybrids: ACT1 x ACT2 and CSA1 x CSA2, whose parents were crossed to form the respective hybrids. Each genotype was planted

Materiales y métodos

El experimento de campo se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano en el Campo Experimental del Instituto Tecnológico de Roque, Guanajuato, México. La fase experimental de laboratorio se realizó en el laboratorio de semillas del mismo instituto.

Se usó como material genético dos híbridos comerciales: ACT1 x ACT2 y CSA1 x CSA2, cuyos progenitores fueron cruzados para formar los híbridos respectivos. Cada genotipo fue sembrado en cinco diferentes densidades de población: 52 630, 65 789, 78 789 y 105 263 plantas ha⁻¹, con lo cual se generaron 10 tratamientos que fueron arreglados en un experimento factorial, evaluados mediante un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

La unidad experimental consistió de 6 surcos de 6 m de longitud y 0.76 m de separación. De estos, los cuatro centrales fueron hembras y los dos laterales se emplearon como polinizadores; estos últimos fueron sembrados a una densidad común de 52 630 plantas ha⁻¹. La parcela útil comprendió 4.56 m² de los dos surcos centrales hembra, eliminando 1.5 m de ambos extremos de los surcos.

Se evaluaron variables de tipo agronómico en planta y de calidad física y fisiológica de la semilla. Las características agronómicas en estudio fueron: altura de planta, altura de mazorca, días a floración femenina, número de hojas fotosintéticamente activas, amacollamiento al final de la floración y al momento de cosecha, plantas atacadas por *Fusarium*, acame de tallo, plantas “horras” y rendimiento de grano; se evaluaron como características de calidad física de la semilla: peso volumétrico, análisis de pureza y las diferentes clases de semilla. Asimismo, los componentes fisiológicos estudiados fueron la germinación estándar y el vigor, mediante el método de longitud de plúmula.

Acada una de las variables estudiadas se les realizó el análisis de varianza correspondiente, con lo cual se identificaron las diferencias estadísticas significativas de sus medias. Previamente, los datos originales de algunas variables fueron transformadas a raíz cuadrada de $x + 1$, debido a que presentaron distribuciones probabilísticas diferentes a la distribución normal.

in five different population densities: 52 630, 65 789, 78 789 and 105 263 plants ha⁻¹, which generated 10 treatments that were arranged in a factorial experiment, evaluated by a complete block design with four replications.

The experimental unit consisted of 6 rows, 6 m long and 0.76 m apart. Out of these, four plants were females and the two sides were used as pollinators, the latter were seeded at a density of 52 630 common plants ha⁻¹. The useful plot comprised 4.56 m² of the two female central rows, eliminating 1.5 m at both ends of the furrows.

The variables were evaluated for agronomic plant type and physical and physiological quality of the seeds. The agronomic traits studied were: plant height, ear height, days to silking, number of leaves photosynthetically active, tillering at the end of flowering and at harvest, plants attacked by *Fusarium*, stalk lodging, plant “horras” and grain yield, evaluated as physical quality characteristics of the seed volume weight, purity analysis and the different kinds of seed. Also, the physiological components studied were the standard germination and vigor, by the method of plumule length.

Each of the variables studied were performed for analysis of variance, which were identified statistically significant differences of their means. Previously, the original data of some variables were transformed to square root of $x + 1$, because they had different probability distributions to the normal distribution.

The variables in the analysis of variance had significant statistical differences, performing the regression analysis computed and then the orthogonal polynomials in order to find the polynomial degree that best explains this functional relationship, and then calculated their models response.

Results and discussion

The Table 1 shows that except for the percentage of ear rot and the percentage of plants “horras” all the other agronomic traits studied had highly significant differences between genotypes, indicating that somehow the two progenitors have genetic characteristics and physiological differences. It also shows that, the population density had

A las variables que en el análisis de varianza resultaron con diferencias estadísticas significativas, se les hizo el análisis de regresión y después se computaron los polinomios ortogonales con el objeto de encontrar el grado polinomial que mejor explicara tal relación funcional, y posteriormente se calcularon sus modelos de respuesta.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se observa que con excepción del porcentaje de mazorcas podridas y el porcentaje de plantas “horras”, todas las características agronómicas restantes estudiadas, tuvieron diferencias estadísticas altamente significativas entre genotipos, lo que indica que de alguna forma los dos progenitores poseen características genéticas y fisiológicas diferentes. Se aprecia además que la densidad de población no tuvo efectos estadísticamente significativos en las variables: días a floración femenina, porcentaje de plantas afectadas por *Fusarium*, porcentaje de mazorcas podridas y porcentaje de acame de tallo, pero sí existieron diferencias significativas en las variables: altura de planta, altura de mazorca, número de hojas fotosintéticamente activas, amacollamiento al final de la floración y al momento de la cosecha, rendimiento de grano y porcentaje de plantas “horras”. Para este grupo de variables, en ninguna de ellas se presentó interacción significativa entre los genotipos usados y las densidades de población probadas; es decir, que no existe respuesta diferencial de las variedades ante los cambios en las diferentes densidades de población, o sea que la densidad causa efectos similares en ambos genotipos.

no statistically significant effects on the variables: days to silking, percentage of plants affected by *Fusarium* ear rot and percentage of stalk lodging, but significant differences in the variables: plant, ear height, number of leaves photosynthetically active, tillering at the end of flowering and at harvest, grain yield and percentage of plants “horras”. For this group of variables, none of them showed significant interaction between the genotypes used and the population densities tested, i.e. there is no differential response of varieties to changes in different population densities, or whether the density cause similar effects in both genotypes or not.

The Table 2 shows the statistical differences of the regression analysis and the orthogonal polynomials of the variables that were statistically significant. It's seen that with the exception of number of photosynthetically active leaves, all the other variables were statistically significant in this regression. Also, only for the variable tillering to harvest, the quadratic polynomial was significant, so its response function was fitted to the polynomial (Table 3).

Thus, we can say that the increase in population density caused significant effects on the following agronomic traits: induced greater plant height and ear size, reduced tillering, higher grain yield and lower percentage of plants “horras”. Similar results were obtained by Tetio and Gardner (1988), Esehie (1992), and Roy and Biswas (1992).

As established in Table 4 for physical quality characteristics, the genotypes differed in all the components except for the pure seeds. Furthermore, these results indicate that the

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables evaluadas en el estudio de densidad de población en progenitores híbridos.

Table 1. Mean squares and statistical significance for the variables evaluated in the study of population density in hybrid parents.

| Variable | Repetición | Genotipo (G) ^a | Densidad (D) | G x D | C.V. (%) ^b |
|---------------------------------|------------|---------------------------|--------------|----------|-----------------------|
| g. l. | 3 | 1 | 4 | 4 | |
| Altura de planta (m) | | 4068.30** | 195.90* | 105.60ns | 4.25 |
| Altura de mazorca (m) | | 2805.60** | 137.00** | 27.50ns | 6.70 |
| Días a floración femenina | | 60.00** | 0.70ns | 0.40ns | 1.22 |
| Núm. de hojas verdes | | 9.60** | 1.09* | 0.73ns | 4.78 |
| Amacollamiento al final de flor | | 2.62** | 1.87* | 0.22ns | 27.12 |
| Rendimiento de grano | | 249.14** | 18.88* | 3.19ns | 8.89 |
| Porcentaje de <i>Fusarium</i> | | 5.70** | 1.24ns | 0.60ns | 20.08 |
| Porcentaje de mazorcas podridas | | 0.55ns | 0.50ns | 1.04ns | 29.35 |
| Amacollamiento a la cosecha | | 6.43** | 31.61** | 1.72ns | 23.89 |
| Porcentaje de plantas horas | | 0.32ns | 4.99** | 0.75ns | 34.50 |
| Acame de tallo | | 5.70** | 1.24ns | 0.60ns | 20.08 |

^a *, **= indican significancia estadística al nivel 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns= indica no significativo; ^b C. V.= coeficiente de variación.

En el Cuadro 2 se muestran las diferencias estadísticas del análisis de regresión y de los polinomios ortogonales de las variables que resultaron estadísticamente significativas. Se aprecia que con excepción del número de hojas fotosintéticamente activas, todas las demás variables tuvieron significancia estadística en su regresión. Asimismo, sólo en la variable amacollamiento a cosecha el polinomio cuadrático fue significativo, por lo que su función de respuesta se ajustó a este polinomio (Cuadro 3).

density had no significant effect on any of these statistical variables at all. The interaction between genotypes and densities was significant only in the weight of 1 000 seeds. Thereon, one of the most influenced by the population densities are among others, the weight of 1 000 seeds and furthermore there is a tendency to increased seed size, larger at low densities, and vice versa (Gonzalo *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Cuadrados medios de la regresión y la suma de cuadrados de los polinomios de las variables en estudio con significancia estadística en el análisis de varianza.

Table 2. Mean squares regression and the sum of squares of polynomials of the studied variables with statistical significance in the analysis of variance.

| Variable | Cuadrados medios de la regresión | Suma de cuadrados de los polinomios | | |
|--------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------|----------|
| | | Lineal | Cuadrática | Residual |
| Altura de planta | 83.3 * | 665.9 ** | 12.9 ns | 104.8 ns |
| Altura de mazorca | 55.8 * | 445.6 ** | 0.0 ns | 102.4 ns |
| NHFA ¹ | 0.4 ns | | | |
| AFF ² | 0.9 ** | 7.2 ** | 0.3 ns | 0.1 ns |
| Rendimiento de grano | 1'933,030.4 * | 15.5 ** | 0.2 ns | 3.2 ns |
| Amacollamiento a cosecha | 13.4 * | 107.7 ** | 18.4 ** | 0.4 ns |
| % de plantas "horras" | 2.4 ** | 19.4 ** | 0.2 ns | 0.4 ns |

¹Número de hojas fotosintéticamente activas; ²Amacollamiento al final de la floración. *, **= significativo al 0.05 y 0.01, respectivamente. Ns= no significativo.

Cuadro 3. Modelos de respuesta de las variables estudiadas de los polinomios ortogonales estadísticamente significativos.

Table 3. Models of response of the orthogonal polynomials variables statistically significant.

| Variable | Ecuación de respuesta | | Correlación (r) |
|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| | Lineal | Cuadrática | |
| Altura de planta | $\hat{y} = 151.8 + 0.0002194 x$ | | 0.92 |
| Altura de mazorca | $\hat{y} = 76.6 + 0.0001796 x$ | | 0.90 |
| Amacollamiento al final de floración | $\hat{y} = 3.47 - 0.00002277 x$ | | -0.98 |
| Rendimiento de grano | $\hat{y} = 10210.1 + 0.033437 x$ | | 0.90 |
| Amacollamiento a cosecha | | $\hat{y} = 10.06 - 3.61x + 0.4x^2$ | -0.92 |
| Plantas "horras" | $\hat{y} = -0.51 + 0.000037 x$ | | 0.98 |

De esta forma, se puede afirmar que el aumento en la densidad de población ocasionó efectos importantes en las siguientes características agronómicas: indujeron una mayor altura de planta y de mazorca, menor amacollamiento, mayor rendimiento de grano y menor porcentaje de plantas "horras". Resultados similares fueron obtenidos por Tetio y Gardner (1988), Esehie (1992), y Roy y Biswas (1992).

Según lo asentado en el Cuadro 4, para las características de calidad física, los genotipos difirieron en todos los componentes, excepto en la semilla pura. Por otro lado, estos mismos resultados indican que la densidad no tuvo efectos significativamente estadísticos sobre ninguna de estas

The results show that, for the standard germination test, there was no statistically significant difference between genotypes and not between different population densities and no further effect of the genotypes when levels of competition changed inter-plant; i.e. did not show genotype-density (Table 5). Other researchers had reported that the population density and the dose of fertilization did not significantly affect the germination test (Martínez *et al.*, 2005).

On the other hand, in the component of vigor, there were no statistical significant differences between densities, only between genotypes. In addition, there was no genotype x density (Table 5).

variables. La interacción entre genotipos y densidades, sólo fue significativa en el peso de 1 000 semillas. Al respecto, una de las características más influenciadas por las densidades de población son, entre otras, el peso de 1 000 semillas y además existe la tendencia al incremento de los tamaños de semilla más grandes en bajas densidades, y viceversa (Gonzalo *et al.*, 2006).

Conclusions

The population density had no statistically significant effects on the variables: days to silking, number of photosynthetically active leaves, percentage of plants affected by *Fusarium*, ear rot percentage and stalk lodging

Cuadro 4. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables de calidad física en el estudio de densidades de población en progenitores híbridos.

Table 4. Mean squares and statistical significance for physical quality variable in the study of population densities in hybrid parents.

| Variable | Genotipo (G) ^a | Densidad (D) | G x D | Coefficiente de variación (%) |
|------------------------|---------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|
| Peso volumétrico | 12.1 ** | 0.7 ^{ns} | 0.9 ^{ns} | 0.9 |
| Semilla pura | 2.1 ^{ns} | 1.5 ^{ns} | 2.8 ^{ns} | 1.7 |
| Peso de 1 000 semillas | 307,374.5 ** | 596.2 ^{ns} | 1,372.5 ** | 4.7 |
| Plano grande | 4,463.9 ** | 42.5 ^{ns} | 52.3 ^{ns} | 9.7 |
| Plano medio | 5,096.3 ** | 12.9 ^{ns} | 11.4 ^{ns} | 22.4 |
| Plano chico | 1,229.9 ** | 12.2 ^{ns} | 16.3 ^{ns} | 39.7 |
| Desecho de plano | 158.0 ** | 3.0 ^{ns} | 3.6 ^{ns} | 71.2 |
| Bola grande | 4,161.6 ** | 4.3 ^{ns} | 7.6 ^{ns} | 19.3 |
| Bola media | 6.9 ** | 0.6 ^{ns} | 0.2 ^{ns} | 25.2 |
| Bola chica | 52.9 ** | 1.0 ^{ns} | 0.3 ^{ns} | 28.5 |
| Desecho de bola | 5.7 ** | 0.0 ^{ns} | 0.0 ^{ns} | 34.7 |
| Total de planos | 2,717.6 ** | 3.4 ^{ns} | 3.3 ^{ns} | 3.5 |
| Total de bolas | 2,725.8 ** | 3.4 ^{ns} | 3.4 ^{ns} | 14.5 |
| Semilla útil | 223.5 ** | 3.2 ^{ns} | 4.2 ^{ns} | 1.9 |
| Semilla de desecho | 249.1 ** | 4.7 ^{ns} | 0.8 ^{ns} | 62.1 |

^a*, **= refiere significancia al nivel de 0.05 y 0.01, respectivamente. ^{ns}= indica diferencias no significativa.

Los resultados obtenidos muestran que en la prueba de germinación estándar, no existió diferencia estadística significativa ni entre genotipos ni entre las diferentes densidades de población y no hubo además, efecto de los genotipos cuando se cambiaron los niveles de competencia interplanta; es decir, que no se presentó interacción genotipo-densidad (Cuadro 5). Otros investigadores(as) habían reportado que la densidad de población y las dosis de fertilización no afectaron de manera significativa la prueba de germinación (Martínez *et al.*, 2005).

percentage; but on the other hand, it did had statistically significant for the variables: plant height and ear size, tillering, grain yield and percentage of plants “horras”. For this set of variables, none of them showed interactions between genotypes and densities, or densities that cause similar effects in both genotypes.

Changes in population densities, did not differ the effects in any of the physical characteristics studied volume to weight, pure seed, weight of 1 000 seeds and the different

Cuadro 5. Cuadrados medios y significancia estadística para las variables de calidad fisiológica, en el estudio de densidades de población en progenitores híbridos.

Table 5. Mean squares and statistical significance for the variable physiological quality, the study of population densities in hybrid parents.

| Variable | Genotipo (G) | Cuadrados medios ^a | | Coefficiente de variación (%) |
|----------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| | | Densidad (D) | G X D | |
| Germinación estándar | 92.2 ^{ns} | 14.1 ^{ns} | 63.2 ^{ns} | 5.7 |
| Vigor | 12.9** | 0.7 ^{ns} | 0.4 ^{ns} | 15.9 |

^a*, **= indican significancia estadística al nivel 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente; ^{ns}= indica diferencias no significativas.

Por otra parte, en el componente de vigor no existieron diferencias estadísticamente significativas entre densidades, sólo entre genotipos. Además, no se observó interacción genotipo x densidad (Cuadro 5).

Conclusiones

La densidad de población no tuvo efectos estadísticamente significativos en las variables: días a floración femenina, número de hojas fotosintéticamente activas, porcentaje de plantas afectadas por *Fusarium*, porcentaje de mazorcas podridas y porcentaje de acame de tallo; aunque por otra parte, tuvo efectos estadísticamente significativos en las variables: altura de planta y de mazorca, amacollamiento, rendimiento de grano y porcentaje de plantas "horras". Para este conjunto de variables, en ninguna de ellas se presentó interacción entre los genotipos y las densidades, o sea que las densidades poblacionales causan efectos similares en ambos genotipos.

Los cambios en las densidades de población, no variaron los efectos en ninguna de las características físicas estudiadas respecto al peso volumétrico, semilla pura, peso de 1 000 semillas y las diferentes clases de semillas. De todas las variables de calidad física estudiadas, sólo el peso de 1 000 semillas presentó interacción genotipo-densidades. Otras características estudiadas en grano de maíz por otros investigadores permitieron concluir que algunos de estos atributos son más influenciados por el componente genético que por el ambiente (Flint-García *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2010).

Los atributos fisiológicos no son influenciados por las densidades de población, al menos en las aquí probadas, por lo que deben ser controladas genéticamente; ya que la germinación y el vigor, no mostraron diferencias significativas estadísticamente cuando se varió la densidad de población. De igual forma, no existe respuesta diferencial de los genotipos ante los cambios en la densidad poblacional.

Literatura citada

Delouche, J. C. 1981. Environmental effects on seed production and quality. Proceeding 1981 Short Course for Seedsmen. Seed Technology Laboratory, Mississippi State University. Vol. 23.

kinds of seeds. Of all the physical quality variables studied, only weight of 1 000 seeds showed genotype-densities interaction. Other features studied in maize grain by other researchers allow concluding that some of these attributes are more influenced by genetic components than the environment (Flint-García *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2010).

The physiological attributes are not influenced by population densities, at least in the ones tested here, so they must be genetically controlled, since germination and vigor showed no statistically significant differences when the population density varied. Similarly, there is no differential response of genotypes to the changes in population density.

End of the English version



- Edmeades, G. O. and Daynard, T. B. 1979. The development of plant-to-plant variability in maize at different planting densities. *Canadian J. Plant. Sci.* 59:561-576.
- Esechie, H. A. 1992. Effect of planting density on growth and yield of irrigated maize (*Zea mays*) in the Batinah Coast region of Oman. *J. Agric. Sci. Cambridge.* 119:165-169.
- Espinosa, C. A. y Carballo, C. A. 1986. Productividad y calidad de semillas en líneas e híbridos de maíz para la zona de transición "El Bajío-Valles Altos de México". *Fitotecnia* 8:35-53.
- Flint-García, S. A.; Buckler, E. S.; Tiffin, P.; Ersoz, E. and Springer, N. M. 2009. Heterosis is prevalent for multiple traits in diverse maize germplasm. *Plos One* 4:1-11.
- Gonzalo, M.; Vyn, T. J.; Holland, J. B. and McIntyre, L. M. 2006. Mapping density response in maize: a direct approach for testing genotype and treatments interactions. *Genetics* 173:331-348.
- Hernández, A.; San Vicente, F. y Figueroa-Ruiz, R. 2010. Evaluación y caracterización de líneas parentales de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) en tres ambientes de Venezuela. *Interciencia* 35:290-298.
- Luna, F. M.; Gutiérrez, S. J. R.; Peña, R. A.; Echavarría, Ch. F. G. y Martínez, G. J. 2005. Comportamiento de variedades precoces de maíz en la región semiárida y árida del Centro-Norte de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:39-45.

- Martínez, L. C.; Mendoza, O.; García de los Santos, L. E.; Mendoza, C. Ma. del C. y Martínez, G. A. 2005. Producción de semilla híbrida de maíz con líneas androfértiles y androestériles isogénicas y su respuesta a la fertilización. *Rev. Fitotec. Mex.* 28:127-133.
- Mendoza, R.; Hernández, E.; Cortéz, J. I.; Turrent, F. A.; Lerma, F. L. A.; Aceves, R. V. 2002. Tecnologías sobre fertilización, densidad de población y variedades en maíz a escala comercial. *Terra Latinoam.* 20:485-495.
- Roy, S. K. and Biswas, P. K. 1992. Effect of plant density and detopping following silking on cob growth, fodder and grain yield of maize (*Zea mays*). *J. Agric. Sci. Cambridge.* 119:297-301.
- Sierra, M. M.; Palafox, C. A. F.; Rodríguez, M.; Espinosa, C. A.; Gómez, M. N.; Caballero, H. F.; Barrón, F. S.; Zambada, M. A. y Vázquez, C. G. 2008. H-520 híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agric. Téc. Méx.* 34:119-122.
- Tetio, K. F. and Gardner, F. P. 1988. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustment. *Agron. J.* 80:935-940.
- Torres, M, B.; Coutiño, E. B.; Muñoz, O. A.; Santacruz, Varela, A.; Mejía, C. A.; Serna, S.; García, L. S. y Palacios, R. N. 2010. Selección para contenido de aceite en el grano de variedades de maíz de la raza comiteco de Chiapas, México. *Agrociencia* 44:679-689.