

Respuesta de cuatro variedades de maíz (*Zea mays* L.) en tres densidades de población y cuatro métodos de labranza

Francisco Gutiérrez Rodríguez, Antonio Laguna Cerda, Rodolfo Serrato Cuevas y Isaías Valencia Becerril.

Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento (C.I.E.A.F.). Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario N° 100 C.P.50 000. Tel/fax: 01(722) 296 55 18;

E-mail: fgrfca@hotmail.com

RESUMEN. Este estudio se realizó en 2001 para determinar los efectos de los métodos de labranza arado más dos rastras; multiarado más dos rastras; multiarado cruzado más una rastra y dos rastras, en las densidades de población de 53 571; 62 500 y 75 000 plantas por hectárea, usando las variedades: Halcón, Gavilán, AS-820 y AS-721. En el experimento se usó un arreglo de parcelas divididas en bloques completos al azar. Los tres factores fueron asignados a las parcelas grande, mediana y chica, en ese mismo orden. La parcela chica estuvo constituida por tres surcos distanciados a 80 cm y la separación entre plantas fue de 50; 60 y 70 cm. El rendimiento y otras cinco variables fueron evaluados con el análisis de varianza, la comparación de medias de tratamientos (Tukey, $p < 0,01$) y con el análisis de correlación. Las principales conclusiones fueron: a) aun cuando entre los métodos de labranza no existieron diferencias significativas, con multiarado más dos rastras se obtuvo un mayor rendimiento (8,31 t/ha), b) en 75 000 plantas se observó el mayor rendimiento de grano (9,22 t/ha).

Palabras clave: maíz, densidades, labranza, variedades, multiarado.

ABSTRACT. This study was carried out in 2001 to determine the effects of the plowed farm methods more two trails; multiplow more two trails; crossed multiplow more a trail and two trails, in population's of 53 571 densities; 62 500 and 75 000 plants for hectare, using the varieties: Hawk, Sparrow hawk, AS-820 and AS-721. In the experiment an arrangement of parcels was used divided at random in complete blocks. The three factors were assigned to the big, medium and small parcels, in that same order. The small parcel was constituted by three furrows distanced to 80 cm and the separation among undergrowths it was of 50; 60 and 70 cm. The yield and other five variables were evaluated with the variance analysis, the comparison of stockings of treatments (Tukey, $p < 0,01$) and with the correlation analysis. The main conclusions were: to) a still when among farm methods significant differences didn't exist, with multiplow more two trails a bigger yield was obtained (8,31 t/ha), b) in 75 000 plants the biggest grain yield was observed (9,22 t/ha).

Key words: corn, densities, farm, varieties, multiplow.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo más importante en la agricultura mexicana, ya que ocupa el cuarto lugar tanto en superficie sembrada como en producción a nivel mundial, solo detrás de EE.UU., Brasil y China. La superficie sembrada de México (INEGI, 2004) fue de 8 500 000 ha de maíz, lo cual significa el 50,3 % de la superficie agrícola cultivada. El 90 % de los agricultores tienen menos de cinco hectáreas y de estos el 80 % utilizan semillas propias y solo el 15 % utilizan semillas híbridas y comerciales. El rendimiento de maíz a nivel nacional en suelos con sistemas de riego es de 3,3 t/ha y en suelos de secano (temporal) es de 2,9 t/ha.

En el estado de México, donde se encuentra enclavado el Valle de Toluca, el rendimiento con maíces criollos es de 3,0 t/ha y se siembran 457 000 ha (Sagarpa, 2004).

En los últimos años el mejoramiento genético del maíz ha permitido la liberación de variedades mejoradas e híbridos con mayor potencial en el rendimiento. Conjuntamente con esto, por medio de la generación de tecnología de producción se busca aumentar el rendimiento utilizando una densidad de población óptima y métodos de labranza más apropiados que contribuyan a una buena siembra, cuando se manejen apropiadamente las propiedades físicas y químicas del suelo, ya que el aumento de la

mecanización y un manejo inapropiado del suelo originan un deterioro en estas propiedades. La labranza tradicional o convencional, se basa en una serie de operaciones, que a su vez se subdividen en labranza de preparación primaria y preparación secundaria de suelos (FAO, 2001), y en ellas intervienen el arado, varios pases de rastra, siembra mecanizada y una o dos escardas (Studdert, 2000).

La labranza de conservación presenta ventajas sobre la labranza tradicional, con la primera se mejora la estructura y se propicia la agregación de las partículas en el suelo, favorece una mejor actividad biológica, permite un mejor desarrollo de raíces, con una consecuente reducción en la erosión tanto hídrica como eólica de hasta un 95 %, se disminuye grandemente la costra superficial aparecida fundamentalmente en suelos vertisoles, se manifiesta una baja susceptibilidad a la compactación y requiere un menor gasto de energía. Además, este mismo investigador plantea que con el aumento de la densidad de siembra hasta las 80 000 se aumenta el rendimiento, sin que se afecte sensiblemente la calidad de la cosecha (Clavaran *et. al.*, 2002).

Un buen método de labranza de conservación, aunado a una correcta elección de la densidad de población en el cultivo del maíz, contribuye a un mayor rendimiento cuando las variedades de maíz tienen una buena adaptación al nicho ecológico donde se cultivan (FAO, 2006). Landeros y Serrato (2005), concluyeron que la densidad óptima en las diferentes variedades investigadas es de 60 000 plantas/ha y al aumentar la densidad el rendimiento también se incrementa, pero la calidad del grano disminuyó, así como la densidad volumétrica y el tamaño de la mazorca lo que repercutió negativamente en el rendimiento de grano por hectárea.

En este trabajo se formularon los objetivos siguientes:

1. Realizar un estudio comparativo de cuatro variedades de maíz sembradas en tres

densidades de población y evaluadas bajo cuatro métodos de labranza.

2. Determinar la naturaleza de la relación entre el rendimiento de grano y sus componentes morfológicos cuando se consideran todos los datos registrados en el experimento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano de 2001 en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del estado de México, ubicada a 18 km al norte de la ciudad de Toluca. La textura de estos suelos corresponde al tipo vertisol, que se caracterizan por ser muy difíciles de laborar cuando no existe humedad en el suelo o cuando ésta se encuentra en exceso. Los factores y niveles de estudio fueron cuatro métodos de labranza (M-1= arado + dos rastras; M-2= multiarado + dos rastras; M-3= multiarado cruzado + una rastra y M-4= dos rastras); cuatro variedades de maíz (Halcón, Gavilán, AS-820 y AS-721) y tres densidades de población (53 571, 62 500 y 75 000 plantas por hectárea), que al combinarse en todas sus posibilidades con las tres repeticiones originaron un total de 144 unidades experimentales.

Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), el cual se aplicó a un experimento trifactorial para un arreglo de parcelas subdivididas bajo un diseño experimental de bloques completos al azar; con este paquete se determinó el análisis de varianza, la comparación de medias de tratamientos (Tukey, $p = 0,01$) y los coeficientes de correlación.

La parcela experimental chica constó de tres surcos; el surco central se consideró como parcela experimental útil con la finalidad de evitar la competencia desigual entre parcelas chicas contiguas. La separación entre hileras fue

de 80 cm y la distancia entre plantas fue de 50; 60 y 70 cm (tres plantas por golpe), valores que corresponden a las tres densidades de población utilizadas. Las variables registradas fueron el número de plantas por parcela útil, la longitud de la mazorca (cm), el diámetro de la mazorca (cm), el número de hileras por mazorca, el peso volumétrico del grano (g/L) y el índice de prolificidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan los resultados del análisis de varianza para las características de las plantas y las mazorcas, así como para el rendimiento de granos y en las tablas 2, 3 y 4 se muestran los valores de la comparación de medias para los niveles de cada uno de los factores de estudio, así como para sus interacciones.

Los valores de F entre métodos de labranza (Factor A) fueron altamente significativos sólo en el número de hileras de la mazorca. En densidades de población (Factor B), se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$)

y altamente significativas ($p < 1 \%$) en el índice de prolificidad y rendimiento de grano por hectárea, respectivamente. Entre variedades de maíz (Factor C), a excepción del peso volumétrico del grano, en el resto de las variables los valores de F fueron altamente significativos. Las interacciones de primer orden (métodos x densidades, métodos x variedades, densidades x variedades); segundo orden (métodos por densidades por variedades), así como los efectos entre repeticiones, no fueron significativos en ninguna de las variables evaluadas en este estudio. El promedio aritmético en cuanto al rendimiento de granos por hectárea presentó 8,13 t/ha y los coeficientes de variación para la longitud de la mazorca, diámetro de la mazorca, número de hileras de la mazorca, índice de prolificidad, peso volumétrico del grano y rendimiento de granos por hectárea fueron del 7,25; 10,61; 7,70; 14,24; 4,97 y 21,81 %, respectivamente, (tabla 1). Estos resultados indican que la hipótesis de igualdad de efectos de tratamientos sólo debe aceptarse parcialmente, debido a que en las variables morfológicas previamente citadas las diferencias detectadas en el análisis de varianza sugieren que al menos dos

Tabla 1. Valores de F para rendimiento de grano y componentes del rendimiento de las cuatro variedades de maíz evaluadas en tres densidades de población y bajo cuatro métodos de labranza

Fuentes de variación	Grados de libertad	Longitud de mazorca	Diámetro de mazorca	Número de hileras	Índice de prolificidad	Peso volumétrico del grano	Rendimiento de granos por hectárea
Repeticiones	2	0,94 ns	0,01 ns	0,13 ns	0,51 ns	1,56 ns	0,19 ns
Métodos de Labranza (A)	3	0,29 ns	0,42 ns	9,80 **	1,74 ns	0,40 ns	0,40 ns
Densidad de población (B)	2	2,24 ns	1,42 ns	0,09 ns	4,22 *	1,21 ns	27,3 **
Variedades (C)	3	11,84 **	10,72 **	39,3 **	10,38 **	1,39 ns	14,44 **
Métodos x densidades (AxB)	6	1,30 ns	0,46 ns	1,20 ns	0,84 ns	0,37 ns	0,81 ns
Métodos x variedades (AxC)	9	1,36 ns	1,07 ns	0,62 ns	0,64 ns	0,41 ns	0,65 ns
Densidades x variedades (BxC)	6	1,33 ns	1,22 ns	1,59 ns	0,60 ns	1,16 ns	0,40 ns
Métodos x densidades x variedades (AxBxC)	18	1,11 ns	0,99 ns	1,00 ns	1,13 ns	0,76 ns	0,81 ns
Promedio aritmético		13,76 cm	4,62 cm	15,64	1,12	738,8 g/L	8,13 t/ha
Coefficiente de variación (%)		7,25	10,61	7,70	14,24	4,97	21,81

de los niveles correspondientes a los factores de estudio aquí considerados fueron estadísticamente diferentes.

La interacción no significativa para A x B, A x C, B x C y A x B x C indica que los factores A, B y C no están relacionados, por lo que es posible estudiar independientemente los efectos que originan los métodos de labranza de los efectos que causan las densidades de población y las variedades de maíz. Debido a que la mejor variedad de maíz, Gavilán, no está influenciada por el método de labranza, entonces ésta se puede recomendar bajo el sistema de labranza mínima sembrándola en la mayor densidad de población (75 000 plantas por hectárea).

La prueba de comparación de medias entre métodos de labranza mostró que sólo en el número de hileras del grano y en el índice de prolificidad se observaron tres grupos de medias. En la primera variable, el método 1 (arado más dos rastras, media de 16,152) fue estadísticamente diferente de los métodos 2 y 3

(multiarado más dos rastras, media de 15,355 y multiarado cruzado más rastra, media de 15,377, respectivamente) y entre estos últimos no se detectaron diferencias significativas (Tabla 2). En índice de prolificidad el método 3 (multiarado cruzado más rastra, media de 1,161) sólo fue diferente estadísticamente del método 4 (dos rastras, media de 1,075).

Los promedios aritméticos para longitud de mazorca en los métodos 1; 2; 3 y 4 fueron de 13,775 cm; 13,598 cm; 13,814 cm y 13,879 cm, respectivamente. En diámetro de mazorca, las medias aritméticas de 4,711 cm; 4,585 cm; 4,567 cm y 4,654 cm, correspondieron a los métodos 1; 2; 3 y 4, respectivamente.

Las diferencias numéricas entre métodos de labranza para el peso volumétrico del grano fueron muy pequeñas y, en orden descendente, fueron: 741,6 g/L (método 4: dos rastras); 740,3 g/L (método 1: arado más dos rastras); 738,8 g/L (método 3: multiarado cruzado más rastra) y 734,7 g/L (método 2: multiarado más dos rastras).

Tabla 2. Promedios aritméticos correspondientes a cuatro métodos de labranza

Métodos de labranza	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro mazorca (cm)	Número de hileras de granos	Peso volumétrico grano (g/L)	Índice de prolificidad	Rendimiento de grano (t/ha)
Método 1	13,775 a	4,711 a	16,152 a	740,3 a	1,129 ab	8,206 a
Método 2	13,598 a	4,585 a	15,355 b	734,7 a	1,143 ab	8,313 a
Método 3	13,814 a	4,567 a	15,377 b	738,8 a	1,161 a	7,972 a
Método 4	13,879 a	4,654 a	15,680 ab	741,6 a	1,075 b	8,058 a

Las medias con la misma literal dentro de cada columna son iguales estadísticamente.

Método 1= Arado más dos rastras,.

Método 2= Multiarado más dos rastras,

Método 3= Multiarado cruzado más rastra,

Método 4= Dos rastras.

Las diferencias numéricas entre métodos de labranza para el peso volumétrico del grano fueron muy pequeñas y, en orden descendente, fueron: 741,6 g/L (método 4: dos rastras); 740,3 g/L (método 1: arado más dos rastras); 738,8 g/L (método 3: multiarado cruzado más rastra) y 734,7 g/L (método 2: multiarado más dos rastras).

Los rendimientos de granos por hectárea registrados en el método 2 (multiarado más dos rastras); método 1 (arado más dos rastras);

método 4 (dos rastras) y método 3 (multiarado cruzado más rastra), fueron de 8,313 t/ha; 8,206 t/ha; 8,058 t/ha y 7,972 t/ha, respectivamente (tabla 2). La clasificación de los cuatro métodos de labranza en un solo grupo estadístico en cuatro de las seis variables evaluadas está relacionada con la ausencia de variabilidad en las características físicas y químicas que son atribuibles a la manipulación del suelo, las cuales sólo se modifican de manera importante a través de periodos largos de tiempo (entre 6 y 8 años). Las diferencias altamente significativas

observadas entre métodos de labranza para el número de hileras de la mazorca se pueden atribuir a la superioridad que mostró el método de labranza tradicional, resultados que están relacionados con la mejor adaptación que las variedades han tenido en esta región a lo largo del tiempo al mencionado método. El mayor índice de prolificidad estuvo relacionado con el método de multiarado cruzado más rastra.

En relación con la densidad de población, el índice de prolificidad y el rendimiento de granos por hectárea se registraron tres grupos de medias de tratamientos. (Tabla 3).

Las medias aritméticas correspondientes a la longitud de la mazorca en densidades de

población (53 571; 62 500 y 75 000 plantas, Densidades 3; 2 y 1, respectivamente) fueron de 13,737 cm; 13,944 cm y 13,619 cm. El diámetro de la mazorca aumentó ligeramente en la densidad 3 (53 571 plantas) y en la densidad 2 (62 500 plantas), pero disminuyó en la densidad 1 (75 000 plantas).

El mayor número de hileras de grano (15,701) fue registrado en la densidad 2 (62 500 plantas) comparativamente con la densidad 1 (75 000 plantas, media de 15,586) y densidad 3 (53 571 plantas, media de 15,637). A 53 571 plantas (densidad 3) la media del peso volumétrico de grano fue de 744,52 g/L, mientras que a 62 500 y 75 000 plantas, los promedios aritméticos fueron de 734,27 y 737,83 g/L, respectivamente.

Tabla 3. Promedios aritméticos correspondientes a tres densidades de población

Densidades de población	Longitud mazorca (cm)	Diámetro mazorca (cm)	Número de hileras de grano	Peso volumétrico grano (g/L)	Índice de prolificidad	Rendimiento de grano (t/ha)
Densidad 1	13,619 a	4,605 a	15,586 a	737,83 a	1,074 b	9,229 a
Densidad 2	13,944 a	4,739 a	15,701 a	734,27 a	1,129 ab	8,266 b
Densidad 3	13,737 a	4,544 a	15,637 a	744,52 a	1,178 a	6,917 c

Las medias con la misma literal dentro de cada columna son iguales estadísticamente.

Densidad 1= 75 000 plantas/ha,

Densidad 2= 62 500 plantas/ha,

Densidad 3= 53 571 plantas/ha.

En la densidad de 75 000 plantas el rendimiento de grano fue de 9,229 t/ha, resultando diferente a lo encontrado por Landeros y Serrato (2005), pero éste disminuyó en un 10 % y 25 % en las densidades de 62 500 y 53 571 plantas, respectivamente; mientras en la densidad de 60 000 plantas y con la fertilización 90-60-00 obtuvieron un rendimiento de 4,2 t/ha. En la densidad de 53 571 plantas, el rendimiento fue de 6,917 t/ha. y el peso volumétrico fue de 744,52; este resultado está relacionado con la mayor acumulación de materia seca por planta que se produce en menores densidades de población.

En la densidad de 62 500 plantas, aunque hubo plantas con la mazorca de mayor longitud, mayor diámetro y mayor número de hileras, en ésta se registró un menor rendimiento por hectárea en comparación con la densidad de 75

000 plantas, lo cual corrobora el planteamiento de Clavaran *et.al.* (2001).

Al observar el comportamiento agronómico de las cuatro variedades de maíz se detectó que Gavilán (Variedad 2) tuvo una longitud de mazorca de 14,444 cm, siendo su media diferente significativamente de las demás variedades. (Tabla 4).

En las variedades V2; V3 y V4 (Gavilán; AS-820 y AS-721, respectivamente), el diámetro de la mazorca fue estadísticamente igual (4,707 cm; 4,851 cm y 4,720 cm, en el mismo orden). Sin embargo, las diferencias en las medias de éstas en relación con la variedad 1 (Halcón, media de 4,239 cm), fueron diferentes estadísticamente (tabla 4).

El número de hileras de granos en la mazorca

que se registró en las variedades 2 (Gavilán, media de 16,751); variedad 3 (AS-820, media de 13,870) y variedad 4 (AS-721, media de 15,694) fue diferente estadísticamente. La variedad 1 (Halcón, media de 16,250) sólo difirió significativamente de la variedad 2 (Gavilán).

En la variedad 2 (Gavilán) se observó el mayor peso volumétrico del grano (745,44 g/L), y ésta fue estadísticamente igual a las variedades 3 y 4 (AS-820 y AS-721, respectivamente), que presentaron promedios aritméticos de 744,47 g/L y 740,55 g/L, en ese mismo orden. Las

variedades 2 y 3 (Gavilán y AS-820) fueron estadísticamente diferentes de la variedad 1 (Halcón, media de 725,02 g/L).

En índice de prolificidad se observó que las medias aritméticas de la variedad 1 (Halcón, 1,215) y variedad 2 (Gavilán, 1,161) fueron iguales estadísticamente. La variedad 1 (Halcón) fue estadísticamente diferente de las variedades 3 y 4 (AS-820 y AS-721, medias de 1,011 y 1,122, respectivamente). También, las variedades 2 y 4 resultaron iguales estadísticamente (Tabla 4).

Tabla 4. Promedios aritméticos correspondientes a cuatro variedades de maíz

Variedades de maíz	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Número de hileras de granos	Peso volumétrico del grano (g/L)	Índice de prolificidad	Rendimiento de grano (t/ha)
Halcón	13,043 c	4,239 b	16,250 ab	725,02 b	1,215 a	6,494 b
Gavilán	14,444 a	4,707 a	16,751 a	745,44 a	1,161 ab	8,890 a
As-820	13,787 b	4,851 a	13,870 c	744,47 a	1,011 c	8,326 a
As-721	13,792 b	4,720 a	15,694 b	740,55 ab	1,122 b	8,839 a

* Las medias con la misma literal dentro de cada columna son iguales estadísticamente.

Las variedades Gavilán; AS-820 y AS-721, presentaron medias aritméticas para el rendimiento de granos por hectárea de 8,890 t/ha; 8,326 t/ha y 8,839 t/ha, respectivamente. Estas fueron iguales estadísticamente, pero difirieron significativamente de la variedad Halcón (6,494 t/ha). Las diferencias estadísticas que se observaron entre variedades de maíz en las variables evaluadas en este estudio, excepto en peso volumétrico del grano, se atribuyen a las diferencias genéticas que existen entre las variedades de ASPROS y los híbridos de ASGROW.

La superioridad que mostró el híbrido Gavilán (8,89 t/ha) en relación con el resto de las variedades se atribuye principalmente a su mayor longitud de mazorca (14,44 cm); mayor número de hileras en la mazorca (16,75) y mayor peso volumétrico del grano (745,44 g/L). En diámetro de mazorca este híbrido fue estadísticamente igual a las variedades AS-820 y AS-721, pero en índice de prolificidad ésta fue superada por el híbrido Halcón.

Finalmente, al considerar la información de los cuatro métodos de labranza, las tres densidades de población y las cuatro variedades de maíz, promediando la información sobre las tres repeticiones (análisis de correlación conjunto), se observó que la longitud de la mazorca se correlacionó positiva y significativamente con el peso volumétrico del grano ($r = 0,168^*$) y el rendimiento de granos por hectárea ($r = 0,200^*$). También, el diámetro de la mazorca y el índice de prolificidad se correlacionaron negativa y significativamente ($r = -0,240$). Estos resultados indican que en este estudio únicamente la longitud de la mazorca estuvo relacionada positivamente con el rendimiento de granos por hectárea, por lo que la siembra de las cuatro variedades de maíz en cualesquiera de las tres densidades de población y bajo los cuatro métodos de labranza, en condiciones ambientales similares a las que se presentaron en este ciclo agrícola y aplicando el mismo manejo agronómico, permitirán obtener un incremento en el rendimiento de granos por unidad de superficie si se favorece una mejor

expresión fenotípica en la longitud de la mazorca. Esta misma tendencia podría obtenerse entre los componentes del rendimiento que se correlacionaron de manera similar.

Student, G. (2000): Labranza conservacionista. Facultad de Ciencias Agrícolas, Venezuela.

www. SIAP. Sagarpa.gob.com.mx/Resultados. (2004).

CONCLUSIONES

1. Aun cuando entre métodos de labranza no existieron diferencias significativas, el método 2 (multiarado más dos rastras) contribuyó a un mayor rendimiento de granos (8,31 t/ha).
2. En la densidad de 75 000 plantas se observó el mayor rendimiento de granos por hectárea (9,22 t/ha), lo que resulta de mayor beneficio que la siembra tradicional de 62 500 plantas/ha.
3. Con el método de labranza 2 y en la densidad de población de 75 000 plantas, con la variedad Gavilán se pueden obtener rendimientos superiores a los que el productor obtiene en el Valle de Toluca.

Recibido: 9/3/2006

Aceptado: 10/6/2006

BIBLIOGRAFÍA

Clavaran, A. R.; T. L. Fragoso; B. C. Sánchez (2001): La labranza conservacionista en México, INIFAP, México.

Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informativa (INEGI) (2004): Informe agrícola de la Republica mexicana.

FAO (2001): Labranza cero: Cuando menos es más, Dpto. de Agricultura, Biodiversidad, Nutrición y Protección.

_____ (2006): Agricultura de conservación. Dpto. de Agricultura, Biodiversidad, Nutrición y Protección.

Landeros F. V., C. R. Serrato (2005): Informe final de proyecto de investigación. Dosis óptima económica de maíz cacahuzintle en dos comunidades de Calimaya, México, empleando la metodología del pala Puebla I. UAEMex. Toluca, México.