

Efectos de población sobre rendimiento y otras características del maíz (*Zea mays* L.) en el Valle de El Zamorano, Honduras (1)

Franklin Omar Osorio (2)

INTRODUCCION

La relación entre clima y población óptima es todavía poco conocida. La relación de dependencia entre la población óptima y los factores clima, planta y suelo sugiere la importancia de analizar y categorizar los estudios de población de acuerdo al rango de valores de esos factores de productividad. Desde el punto de vista de rendimiento, el pequeño tamaño de la mazorca se ve compensado, al menos parcialmente, por un elevado número de plantas por hectárea en la población óptima. Se ha determinado que no todas las hojas de la planta de maíz se saturan de luz bajo condiciones de campo, aún en bajas densidades de siembra, lo que indica que ese factor ecológico limitaría el rendimiento cuando se cultiva el maíz bajo condiciones altamente productivas, que incluyen elevadas poblaciones de plantas por unidad de superficie.

Las respuestas a altas densidades no siempre han sido positivas y los resultados han sido muy diversos, dependiendo principalmente del material genético, clima, características del suelo, disponibilidad de agua y manejo en general.

-
- (1) Contribución de la División de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana.
 - (2) Instructor de la División de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana. Este trabajo fue efectuado mientras el autor realizaba el Servicio Social, exigido por la Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

El autor patentiza su agradecimiento a la Escuela Agrícola Panamericana por su cooperación para la realización de este estudio.

La selección de una población óptima para la producción de maíz constituye un problema complejo debido a que dicha población depende de múltiples factores de productividad.

El presente trabajo trata de determinar la respuesta del maíz plantado a distintas densidades, bajo prácticas y condiciones imperantes en el Valle de El Zamorano, observando los efectos sobre rendimiento, longitud de la mazorca, altura de planta, altura de inserción de la mazorca principal, porcentaje de acame, porcentaje de tallo múltiple, días a floración, días a cosecha e incidencia de enfermedades.

LITERATURA CONSULTADA

Aguila et al (1) señalan que se presenta un incremento progresivo de los rendimientos obtenidos al aumentar la densidad de plantas, observando que la longitud de la mazorca decrece significativamente con el aumento de la población, mientras que la altura de inserción de la mazorca principal no se afecta significativamente entre densidades de 55,000, 85,000 y 100,000 plantas por hectárea, pero sí observaron altura de inserción significativamente mayor para 100,000 en relación con 70,000 plantas por hectárea. Laird et al (3) en Jalisco y con maíz de temporal fertilizado a razón de 40 Kg. de N por hectárea, encuentran óptima densidad de siembra en 30,000 plantas por hectárea. La población más favorecida en El Salvador indican Olive et al (6) será de 50,000 a 100,000 plantas por hectárea; mientras que Sánchez et al (8) encontraron que para Veracruz los mejores rendimientos deben obtenerse con 35,000 plantas por hectárea. Laird et al (4) considera que la población óptima para el cultivo del maíz sin fertilizar es de 55,000 plantas por hectárea, observando que la población óptima aumenta al incrementarse la fertilización hasta alcanzar la densidad de 70,000 plantas por hectárea para una fertilización de 80 Kg. de N por hectárea y de 60,000 plantas por hectárea con un nivel de fertilización de 40 Kg. por hectárea. En tanto que Puente et al (7) señalan que la población óptima de plantas de maíz son más altas en zonas templadas que en las tropicales, indicando para Veracruz una densidad de 39,000 plantas por hectárea.

MATERIALES Y METODOS

Este ensayo se efectuó en los terrenos de la División de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana, localizada en el Valle de El Zamorano, a una altura de 800 m. sobre el nivel del mar, la temperatura máxima fue de 33.5°C. y la mínima de 8.2°C., la precipitación entre los meses de mayo y octubre fue de 946 mm. La siembra se realizó el 29 de mayo

de 1974. El suelo está clasificado como desarrollado sobre materiales aluviales sin diferenciación (9) con una pendiente uniforme de 3%, el análisis químico correspondiente se muestra en la Tabla I.

TABLA I

Análisis del suelo del sitio experimental,
de muestras tomadas a 15 cm. de profundidad.

Análisis		Método
Clase textural	Franco	Bouyoucus
P	13.5 mg/ml	Olsen modificado
K	200 mg/ml	Olsen modificado
C.I.C.	15.6 me/100 gr.	Acetato de amonio pH7
pH	5.8	Agua destilada
M.O.	3.68%	Walkley-Black

Se utilizó la variedad Guatemala mejorado, variedad muy utilizada en la Escuela Agrícola Panamericana y zonas circunvecinas. El programa de fertilización fue de 48 Kg. de N por hectárea, 95 Kg. de $P^2 O^6$ por hectárea y 32 Kg. de $K^2 O$ por hectárea, aplicándose al momento de la siembra 2/3 del nitrógeno y todo el potasio y fósforo, y el nitrógeno restante a los 40 días después de la siembra.

Se diseñó un ensayo en bloques al azar con 4 repeticiones, incluyéndose en el estudio seis densidades, donde la distancia entre surcos (1 metro) permaneció igual para todas las poblaciones, variándose la distancia entre plantas.

TABLA II

Distancias de siembra y población por hectárea
incluidas en el ensayo

Nº de tratamiento	Distancia entre plantas (cm.)	Población/Ha.
1	55	18,182
2	30	33,333
3	20	50,000
4	16	62,500
5	14	71,428
6	12	83,333

Durante el desarrollo del cultivo, se efectuaron observaciones sobre algunas características agronómicas que pudieran ser afectadas por las densidades ensayadas, entre ellas: altura de planta, altura de inserción de la mazorca principal, longitud de la mazorca, porcentaje de acame, porcentaje de tallo múltiple, incidencia de enfermedades, días de floración, días a cosecha y rendimiento de grano.

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los objetivos previamente establecidos, se presentan los análisis estadísticos a que dieron lugar los datos obtenidos en la experiencia.

En la Tabla III se muestra la significación que sobre los rendimientos tienen las densidades de siembra utilizadas.

TABLA III

Análisis de varianza para el carácter rendimiento en grano al 12% de humedad de seis densidades de siembra en el Valle de El Zamorano, Honduras

Fuente de Variación	G. L.	S. C.	C. M.
Tratamientos	5	55.3165	11.0633**
Repeticiones	3	6.6186	2.2062
Error	15	11.0116	0.7341
Total	23	72.9467	

C. V. 8.57%

** Diferencia significativa al 1%.

Para una mejor evaluación de la variación entre las densidades, se procedió a realizar la prueba de Duncan, comparando los promedios de rendimiento a un nivel de significancia de 1%.

TABLA IV

Comparación de los promedios de rendimiento en grano de seis poblaciones de maíz utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan a un nivel de significancia de 1%.

Peso en Kg. por parcela de 20 m.²

Número de Promedios	2	3	4	5	6	
L. S. entre Promedios	1.7854	1.8621	1.9118	1.9478	1.9748	
Poblaciones/ Ha.	62,500	71,428	50,000	83,333	33,333	18,182
Promedios	10.9752	9.0207	8.7542	8.6817	8.1203	5.8145

Resultados que se muestran concordantes con los obtenidos por Laird en la zona central de México.

A continuación se presentan los rendimientos obtenidos en cada población de ensayo.

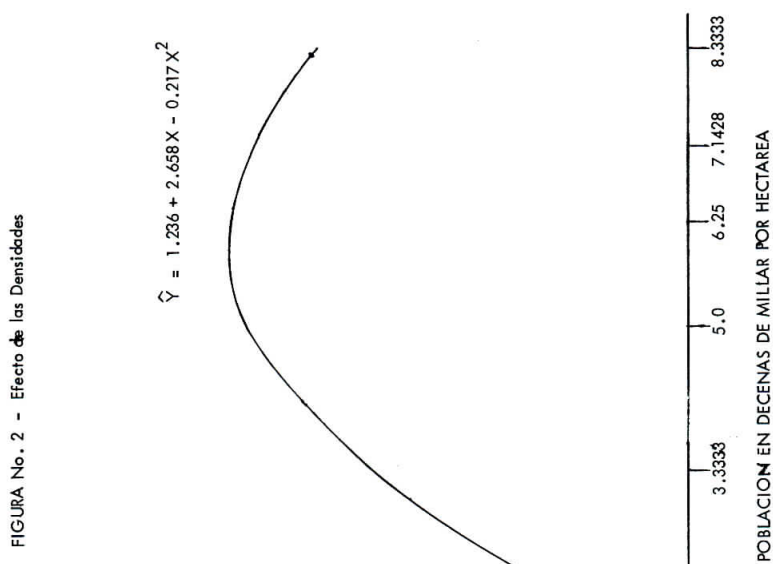
TABLA V

Rendimiento en Kg./Ha. obtenido en seis densidades de siembra ensayadas en el Valle de El Zamorano, Honduras

Densidad/Ha.	Rendimiento en Kg./Ha.
18,182	2907.25
33,333	4060.15
50,000	4377.10
62,500	5487.60
71,428	4510.35
83,333	4340.85

Además con los seis pares de valores obtenidos con los datos de población y rendimiento fue posible establecer la relación existente entre rendimiento del maíz en función de las distintas poblaciones de siembra, el método más directo y de clara interpretación es el análisis de regresión. La selección del modelo de función, se estableció en un polinomio de segundo grado, función cuadrática de la variable considerada.

— 73 —



entre surcos (1 metro) permaneció igual para todas las poblaciones, variándose la distancia entre plantas.

TABLA II

Distancias de siembra y población por hectárea incluidas en el ensayo

Nº de tratamiento	Distancia entre plantas (cm.)	Población/Ha.
1	55	18,182
2	30	33,333
3	20	50,000
4	16	62,500
5	14	71,428
6	12	83,333

Modelo Matemático

$$Y = b^0 + b^1 X + b^2 X^2$$

El cálculo de los coeficientes de regresión del modelo matemático se hizo mediante el método descrito por Hildebrand (2), que es una variante del método de Cramer para la resolución de ecuaciones simultáneas. De la aplicación del método anteriormente señalado, se obtuvo los siguientes resultados:

1. Modelo de Regresión Simple

$$Y = 1.236 + 2.658X - 0.217X^2$$

Coefficiente de Determinación: $R^2 = 0.832$

Coefficiente de correlación: $r = 0.91214$

En donde Y=rendimiento en gramos por parcela de 20 m.²

X=densidad en decenas de millar por hectárea.

2. Significancia de los Coeficientes

Significancia para b^1 : + = 3.0467

Significancia para b^2 : + = 2.5469

Significancia para r: + = 3.2882

En una tabla para valores acumulativos de "t" de una sola cola y para $n - k - 1 = 6 - 2 - 1 = 3$ grados de libertad, se ve que $t_{0.95} = 2.353$ y para $n-2$ grados de libertad $t_{0.95} = 2.776$. Por lo tanto b^1 y b^2 son significantes al nivel de 95%, mientras que r lo es al nivel de 97.5%.

3. Significancia de la Ecuación

$$F_c = 7.4559$$

La prueba de "F" que en este caso es una prueba de la significancia de la ecuación completa, y a la vez es una prueba de todos los coeficientes combinados (2), se confrontó con el valor de "F" tabulado para $k = 2$ y $n - k - 1 = 3$ grados de libertad, lo cual mostró que la ecuación calculada por regresión es significativa a un nivel de 90%.

Todo esto indica que la superficie calculada representa muy bien a la real.

En otro aspecto del ensayo se observó que la longitud

TABLA VI

Comparación de los promedios de longitud de mazorca de seis poblaciones de maíz utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan a un nivel de significancia de 1%. Longitud medida en cm.

Número de Promedios	2	3	4	5	6	
L. S. entre Promedios	1.559	1.626	1.669	1.701	1.724	
Población/ Ha.	18,182	33,333	62,500	83,333	50,000	71,428
Promedios	18.74	17.59	16.25	16.06	15.58	14.91

Puede observarse que al aumentar la población, decrece en forma significativa la longitud de la mazorca, lo cual concuerda con la literatura revisada.

Los resultados obtenidos en la característica altura de inserción de la mazorca, establecen que ésta no se afecta significativamente entre densidades de 33,333 y 83,333 plantas por hectárea, pero si se afecta en forma significativa entre 18,182 y 33,333 plantas por hectárea.

TABLA VII

Comparación de promedios de altura de inserción de la mazorca principal en seis poblaciones de maíz utilizando la prueba de

C. V. 8.57%

** Diferencia significativa al 1%.

Para una mejor evaluación de la variación entre las densidades, se procedió a realizar la prueba de Duncan, comparando los promedios de rendimiento a un nivel de significancia de 1%.

Observaciones de campo efectuadas en lotes comerciales plantados con la variedad Guatemala mejorado, indicaban la presencia de características indeseables, tal es la presencia de tallo múltiple, en los casos que tal fenómeno se sucede, se presenta una mutación (5) de mazorca terminal la cual no llega a producir grano viable, razón por la cual se consideró esta característica como una observación más dentro del ensayo.

TABLA VIII

Comparación de los promedios de porcentaje de tallo múltiple en seis poblaciones de maíz por medio de la prueba de rango múltiple de Duncan a un nivel de significancia de 1%.

Datos transformados a Arcoseno $\sqrt{X}$.

Número de Promedios	2	3	4	5	6	
L. S. entre Promedios	9.7844	10.2046	10.4769	10.6741	10.8220	
Población						
Ha.	18,182	33,333	62,500	50,000	71,428	83,333
Promedios	49.15	20.57	6.73	6.24	6.04	0

La comparación anterior muestra como decrece significativamente el porcentaje de tallo múltiple al ir aumentando la población, éste hace pensar que existe una relación entre porcentaje de manifestación de tallo múltiple y disponibilidad de nutrimentos que el suelo tiene para las plantas de maíz, esta idea se fundamenta también en observaciones personales, es notable como en lotes comerciales plantados a igual densidad pero fertilizadas unos con muy poco Nitrógeno y otros con niveles de fertilización nitrogenada altos, es muy notorio el porcentaje de tallo múltiple presente en los últimos en comparación con muy pocas o casi ninguna planta con tallo múltiple en los primeros.

Las restantes características consideradas se presentan a continuación:

TABLA IX

Características agronómicas observadas en el ensayo

Densidad/ Ha.	Altura de Planta (m)	Días a Flor	Días a Cosecha	% Acame	F *	H *
18,182	2.65	65	133	10.4	1	1
33,333	2.88	66	133	5.65	1	1
50,000	3.07	66	133	7.0	2	1
62,500	2.90	66	133	8.66	2	1
71,428	2.63	66	133	6.68	3	1
83,333	2.79	67	134	7.82	3	2

* F = *Fusarium moniliforme*H = *Helminthosporium maydis*

La escala utilizada va de 1 a 5 en orden creciente de infección.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la población sobre rendimiento, longitud de la mazorca, altura de planta, altura de inserción de la mazorca principal, porcentaje de acame, porcentaje de tallo múltiple, días a floración, días a cosecha e incidencia de enfermedades, en la variedad Guatemala mejorado.

Se empleó un diseño en bloques al azar con 6 tratamientos, 18, 182; 33,333; 50,000; 62,500; 71,428 y 83,333 plantas por hectárea y 4 repeticiones, plantado en el Valle de El Zamorano.

La altura de inserción de la mazorca principal aumenta con los incrementos en la población.

El aumento en la población provocó una disminución en la longitud de la mazorca. En tanto que la manifestación de tallo múltiple disminuyó al aumentar la población.

Días a floración, días a cosecha, porcentaje de acame y altura de planta no se mostraron afectados al incrementar la población.

Los rendimientos mayores se obtienen a un nivel de fertilización de 48 Kg. de N/Ha., 95 Kg. de P² O⁵/Ha. y 32 Kg. de K² O/Ha., con la población de 62,500 plantas por hectárea bajo las condiciones imperantes en el Valle de El Zamorano.

LITERATURA CITADA

- 1.—AGUILA, A., VOLIC, A., GEBAUER, J. 1971. Efectos de población y distancia de siembra entre hileras, sobre rendimiento y otras características de dos híbridos de maíz *Zea Mays* L.) Agricultura Técnica (Chile), 31 (4): 198-203.
- 2.—HILDEBRAND, P. 1972. Análisis agronómicos mediante superficies de respuesta. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador.
- 3.—LAIRD, R. J. y LIZARRAGA, H. 1959. Fertilizantes y población óptima de plantas para maíz de temporal en Jalisco. Secretaría de Agricultura y Ganadería de México. Boletín Técnico N° 35.
- 4.— , PITNER, J., BARRAGAN, A., AMADOR, T. 1954. Fertilización y prácticas para la producción de maíz en la parte central de México. Oficina de Estudios Especiales. SAG. México. Folleto de Divulgación N° 13.
- 5.—MATTHEWS, D. L., GROGAN, C. O. and MANCHES-TER, C. E. 1974. Terminal ear mutant of maize (*Zea mays* L.). Journal of Agricultural Science. Cambridge University Press (Great Britain) 82 (3): 433-435.
- 6.—OLIVE, F. y ARGUETA, J. 1951. Mejores variedades y prácticas de cultivo del maíz para El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador. Boletín Técnico N° 2.
- 7.—PUENTE, F., SANCHEZ, N., CHAVEZ, S. y LAIRD, R. J. 1963. Prácticas de fertilización y población óptima para siembras de maíz en la región tropical de Veracruz. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México. Boletín Técnico N° 45.
- 8.—SANCHEZ, N., CHAVEZ, S. y FUENTE, F. 1958. Fertilizantes y densidad de población para el maíz en Veracruz. Oficina de Estudios Especiales. SAG. México. Folleto de Divulgación N° 27.
- 9.—CASTELLANOS, V. RODGERS, K. y SIMMONS, Ch. 1962. Mapa parcial de clasificación de tierras de Honduras. OEA. Baltimore, U.S.A. Litho A. Hoen.