

RESPUESTA DE HIBRIDOS DE MAIZ (*Zea mays* L.) A TRES DENSIDADES DE
POBLACION EN DIVERSAS LOCALIDADES

Víctor Manuel Parga Torres¹ y José Rafael Gómez González²

RESUMEN

La investigación conducida por el Departamento de Mejoramiento de Maíz de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", ha logrado la formación de híbridos denominados serie AN-430's con características de plantas compactas, de porte bajo y de amplio rango de adaptación. El presente trabajo se llevó a cabo en 1980 con la finalidad de determinar la densidad de población más adecuada para esta serie de híbridos en cada una de tres localidades en comparación con testigos regionales, así como conocer la estabilidad de los híbridos a través de los diferentes ambientes (densidades y localidades). Los resultados indicaron que: la densidad a la cual se obtuvieron los mayores rendimientos en las tres localidades fue la de 80 mil plts/ha; los híbridos de la serie AN-430's fueron estables a través de densidades y localidades; en la localidad de La Laguna, los híbridos expresaron mejor su potencial de rendimiento; los mejores híbridos para cada una de las localidades fueron: AN-460 y AN-462, en Río Bravo; H-309 y AN-430 en San Luis Potosí y AN-436, AN-432, AN-435, AN-431 y AN-430, en La Laguna.

¹ Ex-alumno de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Saltillo, Coah.

² Profesor-Investigador del Instituto Mexicano del Maíz.

SUMMARY

The research conducted by the Departamento de Mejoramiento de maíz of the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro has succeeded in the formation of hybrids named series AN-430, characterized by compact and short plants with a wide range of adaptation. This work was carried on in 1980 with the aim of determining the most adequate population density, for this hybrid series, in each of three localities in comparison with regional checks, as well as to know the stability of the hybrids in the different environments (densities and localities). The results indicated that; the density at which the highest yields were obtained in the three localities was at 80 thousand plants per hectare; the hybrids were stable at different densities and localities; in the locality of La Laguna, the hybrids expressed besides their yielding potential, the best hybrids for each locality were AN-460 and AN 462 for Río Bravo; H-309 and AN-430 for San Luis Potosí and AN-436, AN-432, AN-435, AN-431 and AN-430 for La Laguna.

INTRODUCCION

La investigación agrícola en México se puede considerar relativamente joven, siendo el cultivo del maíz al que se le ha dado mayor importancia, no solamente en lo que se refiere a mejoramiento genético, sino también al estudio de aquellos factores considerados como componentes del rendimiento, como lo son agua, suelo, organismos dañinos, prácticas culturales y grado de adaptación de los genotipos. El estudio de este último componente es importante, ya que de él depende el uso restringido de algunas variedades por su limitada área de adaptación, por lo que la creación de variedades de mayor adaptabilidad permitiría un mayor grado de aceptación de variedades mejoradas por parte

del agricultor.

Dada la gran variabilidad en suelos y climas existentes, fue necesaria la identificación de cuatro zonas ecológicas en la República Mexicana en cuanto a su altitud y clima, para las cuales se realiza mejoramiento genético en maíz:

1. La Mesa Central o Valles Altos, con alturas superiores a los 1800 msnm.
2. El Bajío o Zonas Intermedias, con alturas que van de 1200 a 1800 msnm.
3. Trópico Húmedo, con alturas de 0 a 1000 msnm y humedad relativa alta.
4. Trópico Seco, con alturas de 0 a 1000 msnm con humedad relativa baja.

El Instituto Mexicano del Maíz, con sede en la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN), dentro de su programa de mejoramiento genético en las cuatro áreas ecológicas diferenciadas anteriormente, ha logrado recientemente la formación de 10 híbridos con amplio rango de adaptación para las zonas de Trópico Seco y Bajío, los cuales resultaron del cruzamiento entre materiales superenanos de El Bajío con maíces de porte bajo del Trópico Seco, que evaluados a una densidad de 50 mil plantas por hectárea superaban en rendimiento y otras características agronómicas a los maíces comerciales.

De acuerdo a lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

- a) Determinar la densidad de población más adecuada para esta serie de híbridos en tres diferentes localidades.
- b) Comparar el rendimiento y otras características agronómicas de los híbridos con respecto a testigos regionales.
- c) Determinar la estabilidad de los híbridos a través de los diferentes ambientes (localidades y densidades).

REVISION DE LITERATURA

Duncan (1957) indica que cuando se incrementa la densidad de siembra de maíz, el rendimiento por planta decrece; esto es causado por una disminución de los suministros de aquellos factores ambientales que cada planta es obligada a extraer de sus vecinos en competencia. Así mismo, El-Lakany y Russell (1971) indican que al aumentar la densidad se incrementa la altura de planta y a la mazorca, existen menos mazorcas por planta, decrece la longitud y el diámetro de la mazorca y el espesor del grano. Giesbrecht (1969) encontró que a medida que la densidad de siembra es mayor, aumenta el número de plantas quebradas del tallo y se incrementa la esterilidad.

Hicks y Stucker (1972), al evaluar la respuesta del rendimiento de grano de 18 híbridos de maíz con diversas orientaciones de hojas en cinco densidades de siembra, encontraron que la producción de maíz tendió a incrementarse cuando las hojas de las plantas fueron orientadas verticalmente, comparada con hojas de hábito normal, así mismo, el rendimiento de grano en híbridos de hojas verticales aumentó cuando la población de plantas se incrementaba, en tanto que híbridos de hojas horizontales tuvieron menor respuesta a incrementos de población.

Plaisted y Peterson (1959) propusieron un método para estimar la varianza variedad por localidad, cuando se evalúa un grupo de variedades en una serie de localidades en un año, seleccionando como variedad estable a la que contribuya con un valor pequeño a dicha componente. Así mismo, Finlay y Wilkinson (1963) desarrollaron un técnica estadística para comparar el comportamiento de un grupo de variedades de cebada en varias localidades y estaciones de crecimiento; ellos consideran como índices importantes el coeficiente de regresión y el rendimiento promedio de la variedad, sobre todos los ambientes.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en las localidades de Río Bravo, Tamps., San Luis Potosí y La Laguna durante 1980. Para la implementación de este trabajo se emplearon en total 12 híbridos generados por la sección maíz (actualmente Instituto Mexicano del Maíz), de la UAAAN. Los 12 materiales estudiados fueron: AN-430, AN-431, AN-432, AN-433, AN-434, AN-435, AN-436, AN-437, AN-439, AN-310, AN-460 y AN-462. Los testigos utilizados en cada localidad fueron los más comúnmente sembrados por los agricultores de cada región, a excepción de La Laguna, donde además de los recomendados se incluyeron tres híbridos de El Bajío.

En cada localidad se utilizó un diseño en parcelas divididas con dos repeticiones dentro de densidades; la parcela grande correspondió a la densidad y la parcela chica al material genético; el tamaño de la parcela fue de cinco surcos con una longitud de 5.0 m; la distancia entre surcos fue de 0.85 m, la distancia entre plantas fue aquella que proporcionara densidades de 40, 60 y 80 mil plantas por hectárea.

De los tres surcos centrales fueron tomados los siguientes datos agronómicos durante el desarrollo del cultivo: Días a floración, altura a la mazorca, porcentaje de acame de raíz, porcentaje de acame de tallo, uniformidad de planta y mazorca, cobertura, número de mazorcas, número de mazorcas podridas. Para la obtención del rendimiento, se cosecharon 20 plantas con competencia completa y se ajustó a toneladas por hectárea de mazorca al 15.5% de humedad. Para la comparación de medias de rendimiento se utilizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad. La determinación de la estabilidad de los híbridos a través de los dife

rentes ambientes (localidades y densidades), se obtuvo mediante la ecuación de Wricke (1962):

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^{\ell} (\bar{X}_{ij} - \bar{X}_{.j} - \bar{X}_{i.} + \bar{\bar{X}})}{SC(\text{TRAT} \times \text{LOC})} \times 100, \text{ donde:}$$

W_i = Porcentaje del total de la suma de cuadrados de tratamientos por localidades que corresponde al i-ésimo híbrido.

\bar{X}_{ij} = Media del i-ésimo híbrido en el j-ésimo ambiente.

$\bar{X}_{i.}$ = Media del i-ésimo híbrido a través de todos los ambientes.

$\bar{X}_{.j}$ = Media del j-ésimo ambiente.

$\bar{\bar{X}}$ = Media general.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la localidad de Río Bravo el análisis de varianza para rendimiento presentó diferencias altamente significativas entre híbridos y densidades; además hubo diferencias significativas para la interacción híbridos por densidades, lo que indica un comportamiento específico de cada híbrido según la densidad.

De acuerdo al valor de estabilidad W_i (Cuadro 1), los híbridos AN-433 y Pioneer 3147 contribuyeron con el 55.4% de la suma de cuadrados de la interacción híbridos por densidades; por lo tanto, fueron los más inestables a través de las diferentes densidades. En esta localidad sobresalieron por su rendimiento y estabilidad los híbridos AN-460 y AN-462, los cuales contribuyeron con 1.19 y 8.73%, respectivamente, a

Cuadro 1. Características agronómicas de los híbridos evaluados en Río Bravo, Tamps. (promedio de tres densidades de siembra).

Genealogía	Días a Flor.		Altura (m)		Acame tallo (%)	Mazorca podrida (%)	Mala cobertura (%)	Rend. (ton/ha)	W _i
	♂	♀	planta	mazorca					
AN-462	71	72	1.69	0.88	8	8	28	7.835 a ¹	8.73
AN-433	68	70	1.35	0.65	10	11	32	7.257 ab	26.64
AN-460	71	72	1.62	0.90	8	9	25	7.009 abc	1.19
AN-434	66	68	1.37	0.62	8	6	14	6.337 abc	4.84
AN-435	67	70	1.46	0.63	8	8	14	6.171 abc	1.30
AN-430	68	70	1.40	0.65	10	10	30	5.971 abc	1.16
AN-439	68	70	1.55	0.78	15	10	18	5.864 bc	1.37
AN-432	70	71	1.48	0.74	10	11	20	5.837 bc	0.32
AN-437	67	70	1.45	0.75	33	7	11	5.806 bc	3.68
P-515	74	75	1.58	0.84	10	9	18	5.637 bc	0.15
RX-125 W	72	74	1.32	0.70	9	10	8	5.450 bc	4.28
H-412	74	74	1.54	0.90	33	10	23	5.435 c	11.67
Pioneer 3147	73	75	1.43	0.76	2	15	27	5.131 c	28.78
AN-431	67	70	1.40	0.61	7	9	28	5.050 c	5.92
Media	69	72	1.47	0.74	12	10	21	6.056	

¹ Valores de rendimiento seguidos de la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad.

la suma de cuadrados de híbridos por densidades. En esta localidad no existieron diferencias marcadas en las medias de otros caracteres agronómicos diferentes a rendimiento,

En San Luis Potosí el análisis de varianza para el rendimiento, sólo indicó diferencias altamente significativas en densidades. El Cuadro 2 muestra la concentración de medias de características agronómicas de los híbridos a través de las tres densidades; se puede observar que los híbridos H-366, H-309 y H-372, en comparación con los de la UAAAN, presentan características que en determinadas circunstancias podrían ser indeseables, como la mayor altura de planta y mazorca, así como entre 7 y 23 días, en promedio, más tardíos a floración, que mantenerse en madurez fisiológica del grano limitaría el aprovechamiento del terreno.

En esta localidad se observó que la mayoría de los híbridos rindieron más conforme se aumentó la densidad de población, a excepción del H-372 y H-366, que aumentaron en rendimiento^{de} 40 a 60 mil plantas por hectárea con incrementos de 2.140 y 4.040 ton/ha, respectivamente, pero se redujeron al incrementarse la densidad de 60 a 80 mil plantas/ha en 1.034 y 1.179 ton/ha respectivamente, debido a su gran desarrollo vegetativo. Además, en promedio los híbridos sólo fueron un día más tardíos por cada 20 mil plantas de incrementos en la densidad y ligeramente mayor en altura a la mazorca; en el resto de caracteres agronómicos no existieron diferencias entre densidades.

En el análisis de varianza para rendimiento en la localidad La Laguna se detectó significancia en densidades y en híbridos, no existiendo significancia para la interacción híbridos por densidad.

Cuadro 2. Características agronómicas de los híbridos evaluados en San Luis Potosí (promedio de tres densidades de siembra).

Genealogía	Días a flor.		Altura (m)		Acame (%)		Mazorca podrida (%)	Mala cobertura (%)	Rend. (ton/ha)	W _i
	♂	♀	planta	mazorca	raíz	tallo				
H - 366	101	102	2.15	1.32	8	1	11	6	13.138	11.04
H - 309	85	86	2.27	1.32	3	3	12	13	12.816	0.51
H - 372	99	101	2.29	1.51	4	3	13	8	12.508	9.92
AN - 430	78	80	1.64	0.81	1	3	8	8	12.030	12.57
AN - 439	77	79	1.81	0.94	3	2	18	5	11.540	6.68
AN - 434	80	81	1.59	0.77	2	3	10	4	11.115	15.87
AN - 431	79	80	1.61	0.71	0	3	14	7	10.438	11.16
AN - 435	79	80	1.61	0.68	1	2	12	4	10.397	0.68
AN - 433	78	80	1.52	0.66	1	2	19	9	10.278	3.21
AN - 310	68	70	1.57	0.72	0	3	12	5	10.206	13.04
AN - 436	83	85	1.70	0.87	4	2	8	5	10.173	13.28
AN - 432	82	83	1.52	0.65	1	2	24	7	9.431	2.03
Medias	82	84	1.77	0.92	2	2	13	7	11.173	

En cuanto a producción y considerando otros caracteres agronómicos (Cuadro 3), sobresalen en esta localidad los híbridos AN-436, AN-432, AN-435, AN-431 y AN-430, todos numéricamente superiores al H-412, recomendado para esta región. De los híbridos utilizados, el AN-437, H-309 y H-220, presentaron susceptibilidad a acame en alto grado, debido en parte al ataque de barrenador (*Zediatraea* sp) y a la mayor altura de mazorca de estos híbridos, la que varió de 1.34 a 1.66 m; mientras que el resto de los híbridos AN tuvieron alturas de 1.00 a 1.16 m (al menos los más resistentes).

En esta área, al incrementar la densidad de 40 a 60 mil plantas por hectárea, se aumentó la altura en cerca de 10 cm; esto no sucedió al incrementar de 60 a 80 mil plantas por hectárea. En cuanto a acame, no hubo diferencia entre 40 y 60 mil plantas por hectárea; sin embargo, al incrementar la densidad de población a 80 mil plantas por hectárea, aumentó considerablemente el acame. Existió además una marcada tendencia a incrementarse las mazorcas podridas conforme se aumentó la densidad de población (3% para 40 mil y 8% para 80 mil plantas por hectárea); esto fue seguramente consecuencia del incremento en el porcentaje de plantas acamadas.

En el Cuadro 4 se presenta la comparación de medias de rendimiento de tres densidades en cada una de las tres localidades. Claramente se observa una tendencia a obtener mayor rendimiento de mazorca por unidad de superficie a medida que se incrementa la densidad de siembra aunque solamente en La Laguna se detectó significancia para tales diferencias. También se observa una tendencia a incrementar el coeficiente de variación conforme aumenta la densidad de siembra. Puede considerarse, sin

Cuadro 3. Características agronómicas de los híbridos evaluados en La Laguna (promedio de tres densidades de siembra).

Genealogía	Días a flor.		Altura (m)		Acame tallo (1-5)	Mazorca podrida (%)	Mala cobertura (%)	Rend. (ton/ha)	W _i
	♂	♀	Planta	Mazorca					
AN - 437	56	57	2.22	1.34	3	1	5	13.813 a ¹	7.48
AN - 436	59	61	2.09	1.16	1	0	7	13.593 a	10.75
AN - 432	60	59	2.00	1.10	2	8	4	12.986 a	7.46
AN - 435	55	58	2.24	0.82	1	3	4	12.875 a	11.88
AN - 431	56	58	1.99	1.00	1	3	8	12.502 a	5.08
AN - 430	59	61	1.98	1.02	1	0	8	12.305 ab	4.81
AN - 434	56	57	1.94	1.00	2	8	5	11.482 abc	9.89
H - 309	68	69	2.59	1.66	3	6	6	11.267 abc	27.92
H - 412	68	69	1.99	1.39	2	7	7	11.139 abc	2.76
V - 415	65	66	2.19	1.33	2	10	5	10.983 abc	3.85
H - 366	69	72	2.94	2.01	4	6	4	9.614 bc	6.67
H - 220	56	58	2.28	1.66	3	7	6	9.504 c	0.94
AN - 310	54	56	2.17	1.19	2	4	6	9.224 c	0.49
Medias	60	61	2.20	1.28	2	5	6	11.637	

¹ Valores de rendimiento seguidos de la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad.

Cuadro 4. Rendimiento promedio de mazorca en cada ambiente.

Densidad	Rend. (ton/ha)	C.V. (%)
<u>Río Bravo</u>		
80 MPH	6.741 a ¹	20.4
60 MPH	6.016 ab	15.9
40 MPH	5.419 b	12.3
<u>San Luis Potosí</u>		
80 MPH	12.644 a	26.9
60 MPH	11.229 ab	14.2
40 MPH	9.530 b	15.7
<u>La Laguna</u>		
80 MPH	13.752 a	15.8
60 MPH	12.100 b	10.3
40 MPH	9.143 c	12.8

¹ Valores seguidos de la misma letra, en cada localidad, no son estadísticamente diferentes ($\alpha = 0.05$).

embargo, que la mejor densidad en las tres localidades fue la de 80 mil plantas/ha, ya que ésta no produjo efectos colaterales negativos en otros caracteres agronómicos.

Se llevó a cabo un análisis de varianza combinado de las tres localidades y tres densidades con cinco híbridos AN comunes en todos estos ambientes de evaluación, observándose una alta significancia para localidades, densidades y en la interacción localidades por densidades, cuya magnitud del cuadrado medio fue igual a 13.7; sin embargo, no fue tan grande si se compara con los cuadrados medios de densidades y localidades, que fueron de mayor magnitud (67.7 y 349.9, respectivamente). En este análisis también se observó que la mejor localidad para la ob -

tención de altas producciones de los híbridos AN-430's fue La Laguna, siguiendo San Luis Potosí y por último la localidad de Río Bravo (Cuadro 5). Aunque no hubo diferencia significativa para rendimiento entre híbridos, éstos se mostraron estables en los diferentes ambientes en estudio, siendo sólo el AN-435 inestable (Cuadro 6) con un valor de W_i de 30.8%.

Cuadro 5. Rendimiento de mazorca en cada localidad (promedio de 5 híbridos y 3 densidades de siembra por localidad).

Localidad	Producción (ton/ha)
La Laguna	12502 a ¹
San Luis Potosí	10614 b
Río Bravo	5873 c

¹ Valores de rendimiento seguidos de la misma letra son estadísticamente iguales al 5% de probabilidad.

De los puntos anteriores, se deduce que los híbridos de la serie AN-430 son estables a través de densidades y localidades condicionada probablemente por el hecho de ser de porte bajo y estar constituidos con germoplasma de Bajío y Trópico Seco, lo que les proporciona mayor capacidad de amortiguar los cambios ambientales.

En la Figura 1, se puede confirmar la superioridad de la densidad de 80 mil plantas por hectárea sobre las otras dos densidades en todas las localidades, observándose también que en Río Bravo, las diferencias entre densidades son menores que en San Luis Potosí y en La Laguna. Esto da una idea de que a medida que el ambiente mejora es preferible utilizar altas densidades de población para optimizar los rendimientos y que existe mayor diferenciación entre densidades conforme se mejora el

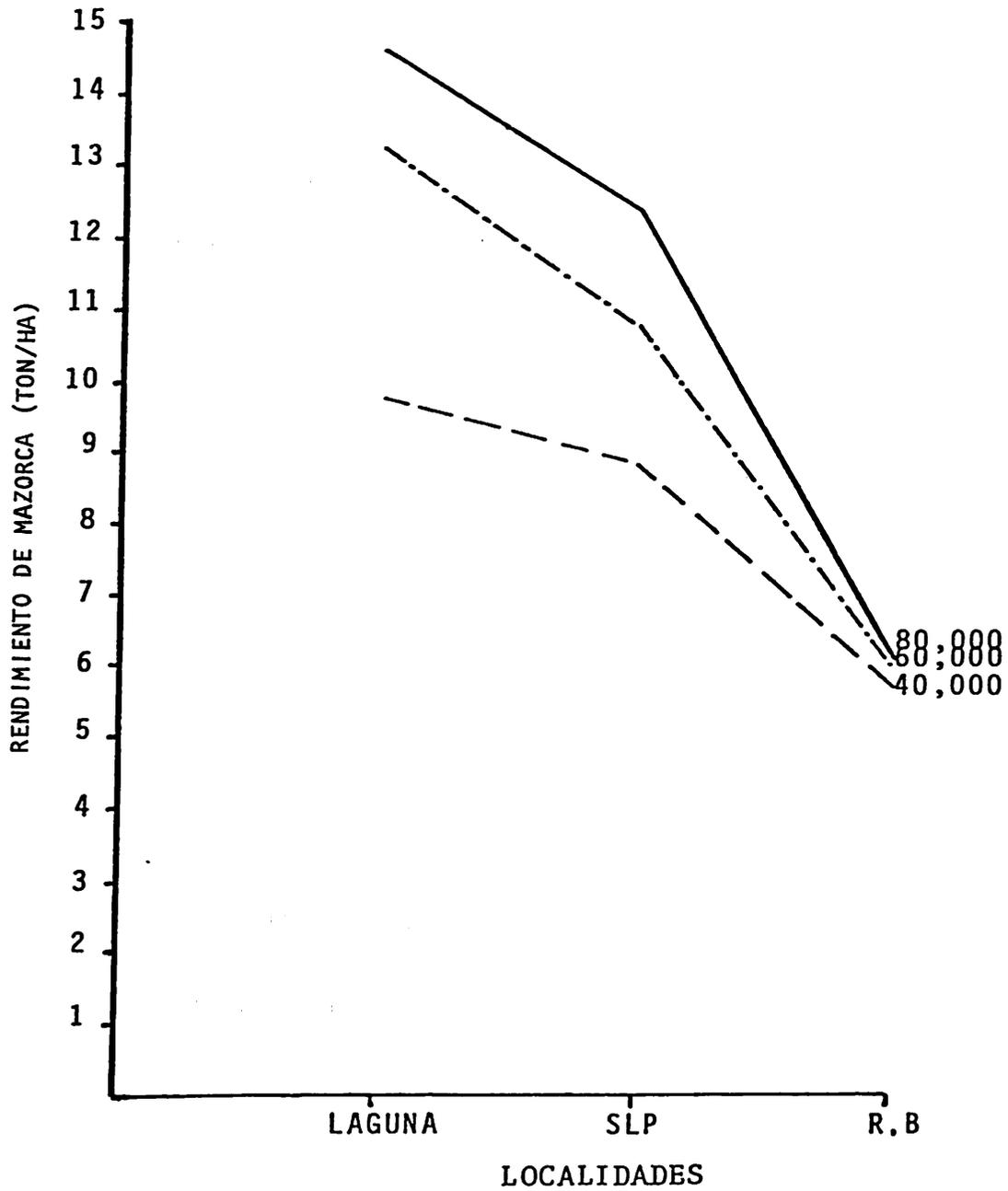
Cuadro 6. Características agronómicas de 5 híbridos (promedio de 3 localidades y 3 densidades de siembra).

Genealogía	Días a flor.		Altura (m)		Acame (%)		Mazorca podrida (%)	Mala cobertura (%)	Rend. (ton/ha)	W _i
	♂	♀	Planta	Mazorca	Raíz ¹	Tallo ²				
AN - 430	68	70	1.66	0.83	0	7	6	15	10.102	17.84
AN - 435	67	69	1.77	0.71	1	5	8	7	9.814	30.80
AN - 434	67	70	1.63	0.80	2	6	8	10	9.645	19.03
AN - 432	71	71	1.67	0.83	1	6	14	10	9.418	15.90
64 AN - 431	67	69	1.67	0.77	0	5	9	14	9.333	16.42
Medias	68	70	1.68	0.79	0.8	6	9	11	9.662	

¹ Se consideró sólo a Río Bravo y San Luis Potosí.

² Se consideró sólo a San Luis Potosí.

FIG. 1 MEDIA DE RENDIMIENTO DE CADA UNA DE LAS 3 DENSIDADES EN CADA LOCALIDAD (PROMEDIO DE 5 HIBRIDOS).



ambiente de producción. Lo que sugiere que en un programa de mejoramiento es mejor hacer selección de genotipos en ambientes óptimos que en ambientes subóptimos, ya que hay mayor diferenciación de los tratamientos en el primer tipo de ambiente.

CONCLUSIONES

1. La mejor densidad para la obtención de altos rendimientos fue 80 mil plantas por hectárea, la que no ocasionó efectos colaterales negativos.
2. Aunque no se incluyeron los mismos híbridos en todas las localidades, se logró detectar para cada localidad los siguientes materiales:

Río Bravo: AN-460 y AN-462
San Luis Potosí: H-309 y AN-430
La Laguna: AN-436, AN-432, AN-435, AN-431 y AN-430
3. En el análisis conjunto con 5 híbridos comunes a las tres localidades, no hubo significancia para híbridos por localidad.
4. La mejor localidad para la obtención de altos rendimientos de los híbridos AN-430's es La Laguna, siguiendo San Luis Potosí y por último la localidad de Río Bravo, Tamps.
5. Es necesario repetir la prueba para tener información adicional del efecto de años y de su interacción en las demás fuentes de variación.

BIBLIOGRAFIA

- Duncan, W.G. 1957. The relationship between corn population and yield. Agron. J. 49: 82-84.
- El-Lakany, A.M., and W.A.Russell. 1971. Relationship of maize characters with yield in test crosses of inbreds at different plant densities. Crop Sci. 11: 698-701.
- Finlay, K.W., and G.N.Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Aust. J. Agric. Res. 14: 742-754.
- Giesbrecht, J. 1969. Effect of population and row spacing on the performance of four corn (*Zea mays* L.) hybrids. Agron. J. 61: 439-441.
- Hicks, D.R., and R.E.Stucker. 1972. Plant density effect on grain yield of corn hybrids diverse in leaf orientation. Agron. J. 64: 484-487.
- Plaisted, R.L., and L.C.Peterson. 1959. A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons. Amer. Potato J. 36: 381-385.
- Wricke, G. 1962. Statistical methods for the analysis of genotypes environment interaction heredity. 31(3): 339-354.