

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD ÓPTIMA DE PLANTAS DE LOS CULTIVARES DE MAÍZ P-9422, P-9490 Y 3018, AZUERO, PANAMÁ. 1997.

Román Gordón M.¹; Andrés González²; Jorge Franco²

RESUMEN

Se establecieron tres ensayos de maíz ubicados en tres áreas productoras de maíz de la Región de Azuero. El objetivo general de este ensayo fue el de evaluar la respuesta de tres cultivares comerciales de maíz a la densidad de plantas. Los cultivares evaluados fueron los nuevos híbridos nacionales P-9422 y P-9490 y el híbrido importado 3018. El diseño experimental utilizado fue de un arreglo de parcelas divididas en Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Las densidades evaluadas fueron de 2.96, 6.06 y 8.88 plantas/m². La alta densidad redujo principalmente el tamaño de las mazorcas en los tres cultivares. Otro factor que se vio afectado con el aumento en población fue la cantidad de mazorcas por planta. Al aumentar la población de plantas se observó un mayor número de plantas sin mazorca. Al calcular la población de plantas que optimizó el rendimiento de grano para cada cultivar se encontró que la misma varió en las tres localidades. Los valores más altos se encontraron en Mariabé, mientras que, los más bajos se ubicaron en Purio. Se encontró que para el P-9422 la población que optimizó los rendimientos osciló entre 3.48 a 8.79 plantas/m², mientras que para el P-9490 estos valores oscilaron entre 3.75 a 6.99 plantas/m². El híbrido 3018 varió entre 6.15 a 7.32 plantas/m².

PALABRAS CLAVES: Maíz; *Zea mays*; variedades; rendimientos de grano; Panamá.

¹ Ing. Agrónomo, M.Sc.; ² Agrónomo. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León", Los Santos, Panamá. e-mail: idiap_azu@cwpanama.net

OPTIMAL PLANT DENSITY DETERMINATION OF CORN CULTIVARS P-9422, P-9490 AND 3018, AZUERO PANAMA, 1997.

In three different corn areas of Azuero Region was carried out three corn trials. The general objective was to assess the response of three commercial hybrids to different plants densities. The cultivars evaluated were the national hybrids P-9422 and P-9490 and the imported hybrid 3018. The experimental design used was Completely Randomized Block in a split plot arrangement with three replications. The plants densities evaluated were 2.96, 6.06 and 8.88 plants/m². The high density decreased the ear's size of the three cultivars. Another factor affected by the population growth was the number of ears by plant. When the plants increased, a great number of plant without ears were observed. The number of plants obtain the optimal yield was different at the three sites. The highest values were found in Mariabé, while the lowest was localized in Purio. The plant population for optimized the yield of P-9422 fluctuated between 3.48 and 8.79 plants/m², meanwhile, this values for the P-9490 oscillated between 3.75 to 6.99 plants/m². The optimal population for 3018 varied between 6.15 to 7.32 plants/m².

KEYWORDS: Corn; *Zea mays*; cultivars; plant population; Panama.

INTRODUCCIÓN

La generación de nuevos híbridos con mayor potencial de rendimiento ha sido uno de los objetivos planteados por parte de los técnicos del IDIAP. Dichos genotipos poseen características diferentes a los cultivares generados con anterioridad por el Programa de Mejoramiento. Esta constante liberación de nuevos germoplasmas requiere de una continua adecuación de las prácticas agronómicas que garanticen la producción potencial de estos nuevos cultivares.

Pandey y Gardner (1992); Fischer y Palmer (1984) sostienen que la tolerancia a la densidad ha sido una de las causas del aumento de los cultivares modernos. Una manera de evaluar la densidad óptima del cultivo de maíz ha sido el modelo de Duncan (1958), en donde se establece que el rendimiento por planta (Rend/planta) decrece de manera exponencial con la densidad (plantas/m²). Esta relación tiene una base teórica sólida y ha sido ampliamente validada y documentada en la literatura con muchos cultivares

y en diversos ambientes (Fery y Janick, 1971; Duncan, 1984; Bolaños y col., 1993b).

Gordón y col. (1997) encontraron que la densidad óptima de población de plantas dependió directamente de la dosis de N aplicada, siendo la población óptima más alta a medida que aumentó la dosis de nitrógeno. Se ha encontrado que las bajas densidades son una de las razones primordiales de los bajos rendimientos de maíz encontrados en los trópicos (Bolaños y Barreto, 1991; Bolaños y col., 1993a).

El objetivo general de este ensayo fue el de evaluar la respuesta de tres cultivares comerciales de maíz a la densidad de plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un ensayo de maíz ubicado en tres áreas de la Región de Azuero. El primero se sembró en la localidad de Purio (7°36.55' latitud Norte, 80°04.88' longitud Oeste); el segundo, en Mariabé (7°34.16' latitud Norte, 80°03.47' longitud Oeste) y el tercero en Los Higos (7°31.52' latitud Norte, 80°05.55' longitud Oeste), todos en el distrito de Pedasí, provincia de Los Santos.

El diseño experimental utilizado fue de Bloques Completos al Azar con

tres repeticiones en un arreglo de parcelas divididas. Las parcelas principales lo constituyeron los tres cultivares. Los materiales evaluados fueron los nuevos híbridos nacionales P-9422 y P-9490 y el híbrido importado 3018. En las sub-parcelas se sembraron las tres poblaciones de plantas. Las densidades evaluadas fueron de 2.96, 6.06 y 8.88 plantas/m². Para lograr estas densidades se sembró el maíz a 75 cm entre hileras y la distancia entre plantas fue de 45, 22 y 15 cm, respectivamente.

Las unidades experimentales fueron cuatro surcos de 5.0 m de largo, de los cuales, los dos surcos centrales constituyeron la parcela efectiva. En cada golpe de siembra se sembraron dos semillas, para luego ralea a una sola planta por golpe. El control de malezas se realizó con la aplicación de la mezcla de atrazina y pendimentalina, a razón de 1.5 + 1.5 kg i.a./ha. Se realizaron limpiezas manuales por escapes del control de algunas malezas. La fertilización fosfatada (SFT) consistió de la aplicación de 60 kg de P₂O₅/ha al momento de la siembra. La fertilización nitrogenada (urea) se realizó aplicando 10% de la dosis al momento de la siembra y dos aplicaciones posteriores, de 40% cada una, a los 20 y 40 días después de la siembra (dds). La cantidad de

nitrógeno total aplicada fue de 130 kg/ha.

Para estimar el contenido de clorofila en la hoja de la mazorca se utilizó un clorofilómetro modelo SPAD-502, Minolta. Esta medida fue tomada en 10 plantas de la parcela efectiva al momento de la floración. Con esta medida se puede calcular el contenido de nitrógeno de la mazorca (Gordón y col., 1993). Para el análisis físico-químico del suelo, se tomó una muestra compuesta de 0-20 cm de profundidad en cada uno de los bloques.

Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos del IDIAP para su

respectivo análisis. El análisis de suelo por localidad se observa en el Cuadro 1.

Al momento de la cosecha se tomaron los datos de rendimiento de grano y de biomasa y el número de mazorcas y plantas cosechadas, así como el porcentaje de plantas acamadas. El rendimiento de grano se uniformizó al 15% de humedad y se calcularon los componentes de rendimiento estándares (Bolaños y Barreto, 1991). Se efectuó un análisis de varianza y de regresión para cada cultivar en las tres localidades y el combinado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CUADRO 1. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS SUELOS DE LOS ENSAYOS, AZUERO, PANAMÁ, 1997.

	Purio	Mariabé	Los Higos
pH	6.20	5.40	5.80
P	16.00	tr	tr
K	71.00	67.00	82.00
Ca	2.30	0.80	0.60
Mg	1.34	0.42	0.35
Al	0.30	0.20	0.20
Mn	22.00	25.00	19.00
Fe	28.00	17.00	17.00
Zn	2.00	3.00	1.00
Cu	3.00	7.00	2.00
Text	40-32-28	54-22-28	44-24-32

P, K, Mn, Fe, Zn, y Cu = $\mu\text{g/ml}$

tr = Trazas Ca, Mg y Al = meq/100ml

M.O, Text. = %

En el Cuadro 2 se observan los análisis de varianzas del combinado, para las variables rendimiento de grano (RendG), plantas y mazorcas por metro cuadrado (Ptm^2 y Mzm^2), peso de mazorcas (Pmz), mazorcas por planta (MxP), porcentaje de plantas acamadas (Acame), rendimiento de forraje (RendF), índice de cosecha (IndC) y porcentaje de nitrógeno en la hoja de la mazorca (CNit).

La población promedio final de plantas obtenidas de las tres localidades en este ensayo para los tres cultivares fue menor que la población inicialmente sembrada. Esta reducción fue mayor al momento de la cosecha en el híbrido P-9422 (26.31%), seguido por los cultivares P-9490 y 3018 (2.79 y 6.34%). La baja población en el P-9422 se debió a problemas en la germinación de este cultivar (Cuadro 3).

En relación con las densidades evaluadas la mayor reducción de plantas se presentó a medida que aumentó la densidad y fue disminuyendo a medida que se aumentó la distancia entre plantas. El mayor porcentaje de plantas pérdidas se observó en la distancia de siembra de 15 cm entre plantas con 19%. En el P-9422 este porcentaje de pérdidas fue similar en las tres distancias de siembra, lo que confirma el problema de germinación del mismo.

El número de plantas a la cosecha en los tres tratamientos evaluados del P-9422 fue de 2.33 (2.96), 4.30 (6.06) y 6.37 plantas/m² (8.89) con rendimientos asociados de 3.40, 4.77 y 4.77 t/ha. En el híbrido P-9490 la disminución de plantas fue menor con promedios al momento de la cosecha de 3.08, 6.21 y 7.57 plantas/m² y rendimientos asociados de 3.89, 4.40 y 4.00 t/ha. Los valores de plantas encontrados al momento de la cosecha

en el 3018 fueron de 3.01, 5.66 y 7.65 plantas/m² con rendimientos asociados de 3.70, 4.79 y 4.56 t/ha, respectivamente (Cuadro 4). El mayor vigor inicial de la semilla fue un factor que permitió una mayor población final.

La alta densidad redujo principalmente el tamaño de las mazorcas en los tres cultivares evaluados. En el 3018 se observó una mayor reducción (de 125.0 a 62.4 g), debido al mayor número de plantas al momento de la cosecha. El P-9422 fue el cultivar con mayor peso de mazorca (108.5 g), pero con el menor número promedio de plantas cosechadas (4.33 pt/m²). Esta reducción del peso de la mazorca es la base de la relación exponencial del modelo de Duncan (Cuadro 3).

Otro factor que se vio afectado con el aumento en población fue la cantidad de mazorcas por planta. Al aumentar la población de plantas se observó un mayor número de plantas sin mazorca. Este factor se redujo a menos de una mazorca por planta en la densidad más alta, en cada uno de los cultivares evaluados. El P-9490 fue el híbrido con mayor número de mazorcas abortadas, sugiriendo que se ve más afectado por las altas densidades. Esta situación puede ser considerada normal, tomando en cuenta que la mayoría de los cultivares tropicales

CUADRO 3. PRINCIPALES COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE GRANO SEGÚN CULTIVARES Y DISTANCIA DE SIEMBRA, AZUERO, 1997.

Cultivares	P-9422	P-9490	3018
Ptm ²	4.33	5.62	5.44
% Pt perd.	26.31	2.79	6.34
RendG	4.32	4.10	4.35
% Acame	31.24	58.84	41.70
MxP	1.00	0.92	0.97
Pmz	108.50	86.40	91.90
CNit	2.66	2.55	2.53
RendF	6.60	6.70	5.25
Distancias	15 cm	22 cm	45 cm
Ptm ²	7.20	5.39	2.80
% Pt perd	19.0	11.10	5.30
RendG	4.45	4.65	3.66
% Acame	60.20	46.60	25.00
MxP	0.86	0.94	1.09
Pmz	71.70	93.80	121.30
CNit	2.44	2.56	2.74
RendF	6.68	6.39	5.47

no toleran altas densidades de plantas, ya que son seleccionados a baja densidad, por lo que al ser sometidos a una densidad alta tienden a abortar la mazorca. El híbrido 3018 fue el cultivar con menor respuesta a esta característica, ya que, en las tres poblaciones evaluadas mantuvo el número de mazorcas por planta similares (0.95, 0.97 y 0.99 maz/pta).

En relación con el porcentaje de plantas acamadas, se observó una alta relación y alta significancia estadística, entre la densidad y el porcentaje de acame. Se encontró que a medida que aumentó la población de plantas mayor fue el porcentaje de plantas acamadas en los tres cultivares (Cuadro 4). El híbrido P-9490 presentó los porcentajes más altos, lo que sugiere mayor susceptibilidad, debido a su mayor altura de planta. El otro factor muy relacionado al acame es el número de mazorcas por planta. En

CUADRO 2. CUADRADOS MEDIOS DE LAS VARIABLES RENDIMIENTO DE GRANO Y ALGUNOS DE SUS COMPONENTES DEL ENSAYO DE RESPUESTA DE DOS CULTIVARES DE MAÍZ A LA DENSIDAD DE PLANTAS, PANAMÁ, 1997.

F. de Variación	g.l.	Cuadros Medios									
		Rend G	P _{trm} ²	Mz _m ²	P _{mz}	Mx _P	Ac _{me}	Rend _F	CN _{it}		
Loc.	2	44.038**	1.726	11.729**	7.291**	0.170*	10612.8 ^a	42.92**	0.783**		
Rep(Loc)	6	12.559	0.886	1.407	481.3	0.025	1815.5	5.161	0.031		
Var	2	0.705	25.481**	13.878**	7.122.5**	0.083 ^b	6987.1*	30.502**	0.261**		
Loc x Var	4	3.758 ^a	0.399	1.354	1942.9 ^a	0.019	261.3	13.009 ^a	0.155*		
Rep x Var (Loc)	11	1.394	0.955	0.748	356.2	0.027	1056.3	4.821	0.039		
Den	2	13.95**	249.2**	130.89**	3.1567**	0.702**	11362**	20.336**	1.168**		
Den x Var	4	1.930**	1.733**	4.281**	801.0**	0.134**	290.4**	4.813**	0.055**		
Loc x Var x Den	12	2.486**	0.840**	1.948**	273.8**	0.032**	728.0**	2.449**	0.041**		
Error	112	0.189	0.270	0.315	69.7	0.008	35.7	0.366	0.012		
C.V. (%)		10.2	101.0	11.8	8.7	9.4	13.6	9.7	4.3		

a, *, **, se refieren a diferencias estadísticas al 10, 5 y 1%, respectivamente.

CUADRO 4. PROMEDIO DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS ENCONTRADAS SEGÚN DENSIDAD Y CULTIVARES, AZUERO, 1997.

Cultivares Dist/plantas (cm)	P-9422			P-9490			3018		
	15	22	45	15	22	45	15	22	45
	Ptm ² a la cosecha	6.37	4.30	2.33	7.57	6.21	3.08	7.65	5.66
% Plantas perdidas	28.30	29.10	21.50	14.80	0	0	13.90	6.60	0
Pmz (g)	85.80	111.90	127.70	66.90	81.20	111.20	62.40	88.20	125.00
MxP	0.86	1.00	1.15	0.78	0.85	1.14	0.95	0.97	0.99
Acame (%)	46.30	30.40	17.10	78.30	64.30	33.90	56.10	45.10	24.00
RendG (t/ha)	4.77	4.77	3.40	4.00	4.00	3.89	4.56	4.79	3.70
CNit (%)	2.55	2.62	2.80	2.38	2.50	2.78	2.39	2.56	2.64
Rendpt (g)	74.50	111.70	145.80	52.80	70.60	126.80	59.70	85.10	122.80
Mz/m ²	5.50	4.25	2.65	5.87	5.31	3.48	7.25	5.45	2.97
RendF	7.10	7.08	5.61	6.99	6.44	6.67	5.96	5.65	4.14

este mismo híbrido, la baja proporción de mazorcas por planta en la distancia de 15 cm entre plantas se debió principalmente a la gran cantidad de plantas acamadas.

Los datos obtenidos del contenido de nitrógeno en la hoja de la mazorca (medida con el uso del clorofilómetro) indicaron que las mediciones a bajas poblaciones de plantas (2.74) superaron de manera significativa a las obtenidas en las siembras en altas densidades de plantas (2.44). Este sugiere que en siembras con altas poblaciones la demanda de N es mayor debido a la mayor cantidad de plantas por hectárea.

Se observó que la producción de forraje fue mayor en los híbridos nacionales en comparación con el 3018. Al igual que en la producción de grano se observó que a medida que aumentó la densidad de población se produjo más biomasa.

El Cuadro 5 muestra los principales parámetros de regresión obtenidos tanto para la producción de grano como de forraje. También se presenta la población de plantas que optimiza el rendimiento para cada cultivar, por localidad y el promedio de las tres localidades. Estos resultados indican que el modelo de Duncan funcionó para predecir la respuesta de los tres cultivares a la densidad de plantas. Los bajos co-

eficientes de regresión obtenidos en el combinado señalan la diferencia existente en las tres localidades. Debido a esto, la regresión en cada localidad presentó coeficientes de regresión más altos lo que implica que son confiables. Al calcular la población de plantas que optimizó el rendimiento de grano para cada cultivar se encontró que la misma varió en las tres localidades. Los valores más altos se encontraron en Mariabé, mientras que, los más bajos se ubicaron en Purio, en esta localidad se presentó el mayor porcentaje de acame.

Se encontró que para el P-9422 la población que optimizó los rendimientos oscila entre 3.48 a 8.79 plantas/m², mientras que para el P-9490 estos valores oscilaron entre 3.75 a 6.99 plantas/m². El híbrido 3018 varió entre 6.15 a 7.32 plantas/m², siendo estos los valores más altos en las tres localidades. Debido a la característica de alta cantidad de forraje de los híbridos nacionales en comparación con el cultivar importado 3018 se esperaban estos resultados. Esta variación entre los valores óptimos se puede explicar principalmente por la variación tanto en suelo (potencial de rendimiento) como en la precipitación.

Los coeficientes de regresión para la producción de forraje son muy buenos en general, a excepción de los

CUADRO 5. PARÁMETROS DE REGRESIÓN ENTRE EL LOGARITMO DEL RENDIMIENTO DE GRANO Y FORRAJE POR PLANTA Y LA DENSIDAD DE TRES CULTIVARES DE MAÍZ, SEGÚN LOCALIDADES Y COMBINADO, AZUERO 1997.

Cultivar	Rendimiento Grano			Rendimiento Forraje		
	Intercept o	Pend	R ²	Intercept o	Pend	R ²
Promedio						
P-9422	5.295 ^{***}	-0.1506 ^{***}	0.49 ^{***}	17.421 ^{***}	-0.1863 ^{***}	0.83 ^{***}
P-9490	5.341 ^{***}	-0.1827 ^{***}	0.56 ^{***}	17.337 ^{***}	-0.1792 ^{***}	0.59 ^{***}
3018	5.217 ^{***}	-0.1438 ^{***}	0.63 ^{***}	16.696 ^{***}	-0.1075 ^{***}	0.39 ^{***}
Purio						
P-9422	5.578 ^{***}	-0.2871 ^{***}	0.82 ^{***}	17.560 ^{***}	-0.2486 ^{***}	0.85 ^{***}
P-9490	5.493 ^{***}	-0.2667 ^{***}	0.89 ^{***}	17.443 ^{***}	-0.2178 ^{***}	0.78 ^{***}
3018	5.189 ^{***}	-0.1469 ^{***}	0.87 ^{***}	16.641 ^{***}	-0.0969 ^{***}	0.66 ^{***}
Mariabé						
P-9422	5.316 ^{***}	-0.1138 ^{***}	0.89 ^{***}	17.484 ^{***}	-0.1827 ^{***}	0.98 ^{***}
P-9490	5.414 ^{***}	-0.1431 ^{***}	0.92 ^{***}	17.685 ^{***}	-0.1865 ^{***}	0.93 ^{***}
3018	5.371 ^{***}	-0.1366 ^{***}	0.96 ^{***}	16.969 ^{***}	-0.1275 ^{***}	0.85 ^{***}
Los Higos						
P-9422	5.358 ^{***}	-0.1448 ^{***}	0.87 ^{***}	17.338 ^{***}	-0.1588 ^{***}	0.93 ^{***}
P-9490	5.324 ^{***}	-0.1796 ^{***}	0.69 ^{***}	17.008 ^{***}	-0.1558 ^{***}	0.58 ^{***}
3018	5.152 ^{***}	-0.1627 ^{***}	0.67 ^{***}	16.548 ^{***}	-0.1105 ^{***}	0.30 ^{***}

*** se refiere a diferencias estadísticas al 1%.

encontrados en la localidad de Los Higos, los resultados encontrados en este análisis son confiables. Es importante señalar que de acuerdo a estas ecuaciones, las poblaciones que optimaron el rendimiento de forraje son menores a las encontradas en las ecuaciones del rendimiento de grano. También se encontró que las poblaciones que producen el mayor rendimiento de forraje en el 3018 fueron más altas que en los híbridos nacionales.

CONCLUSIONES

- * El factor que más se afectó por el aumento de la densidad fue el tamaño de la mazorca, esta reducción en peso por mazorca.
- * La densidad óptima de plantas de cada cultivar varió en cada localidad evaluada; la misma fue mayor para el 3018 en comparación con los dos híbridos nacionales.
- * El porcentaje de plantas acamadas fue mayor a medida que se aumentó la densidad de plantas.

BIBLIOGRAFÍA

BOLAÑOS, J.; BARRETO, H. 1991. Análisis de los componentes de

rendimiento de los ensayos regionales de maíz de 1990. *En Análisis de los Resultados Experimentales del PRM, 1990. Vol. 2. pp. 9-27.*

BOLAÑOS, J.; PÉREZ, J.; ZEA, J.; QUEMÉ, J.; FUENTES, M.; MENDOZA, C.; LÓPEZ, G. 1993a. Dinámica y variabilidad de los componentes de rendimiento en 28 parcelas de maíz en Centro América. *En Síntesis de los Resultados Experimentales del PRM, 1992. Vol.4. pp. 187-197.*

BOLAÑOS, J. 1993. Bases Fisiológicas del Progreso Genético en Cultivares del PRM. *En Síntesis de los Resultados Experimentales del PRM, 1992. Vol. 4. pp. 11-19.*

BOLAÑOS, J.; OBANDO, M.; URBINA, R.; MENDOZA, M. 1993B. Respuesta a densidad en cultivares del PRM. *En Síntesis de los Resultados Experimentales del PRM, 1992, Vol.4. pp. 20-26.*

DUNCAN, W.G. 1958. Corn response to density. *Agronomy Journal* 43: 23-32.

DUNCAN, W.G. 1984. A theory to explain the relationship between

- corn population and yield. *Crop Science* 24: 1141-1145.
- FERY, R.L.; JANICK, J. 1971. Response of corn (*Zea mays* L.) to population pressure. *Crop Science* 11: 220-224.
- FISHER, K.; PALMER, A. 1984. Tropical maize. In P.R. Goldsworthy; N.M. Fischer (eds). *The Physiology of Tropical Crops*. John Wiley and Sons, New York. pp. 231-248.
- GORDÓN, R. y col. 1997a. Respuesta de dos cultivares de maíz a la densidad de plantas, bajo dos niveles contrastantes de nitrógeno en Panamá, 1993-95. *En Síntesis de Resultados Experimentales del PRM, 1993-1995*. Vol. 5. pp. 101-105.
- GORDÓN R. y col. 1993. Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en rotación con canavalia y mucuna bajo dos tipos de labranza, Río Hato, Panamá, 1992-93. *En J. Bolaños y col. (eds). Síntesis de Resultados Experimentales del PRM, 1992*. Vol. 4. CIMMYT, Guatemala. pp. 106-110.
- PANDEY, S.; GARDNER, C. 1992. Recurrent selection for population, variety and hybrid improvement in tropical maize populations. *Crop Science* 48: 1-87.