

## NOTA TÉCNICA

RESPUESTA DE FERTILIZACIÓN Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN  
LÍNEAS DE MAÍZ<sup>1</sup>*Hugo Tosquy<sup>2</sup>, Guillermo Castañón<sup>2</sup>*

## RESUMEN

**Respuesta de fertilización y densidad de siembra en líneas de maíz.** En el Campo Experimental Cotaxtla en primavera-verano de 1995 se estableció un experimento con la finalidad de estudiar el efecto de la fertilización mineral al suelo y densidad de población en seis líneas progenitoras de híbridos sobresalientes en el trópico de México. El diseño experimental usado fue el de bloques al azar en parcelas divididas con dos repeticiones y un diseño de tratamientos en factorial completo <sup>24</sup>. Las parcelas grandes las conformaron las líneas LE-36, LE-37, LRB-14, D-539, POB 21 y POB 43 y los tratamientos resultantes de la combinación de los factores densidad de plantas (DP) a 50 y 62,5 mil pl/ha, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) a 161-184,46-69 y 0-60 kg/ha, respectivamente, fueron las parcelas chicas. Para líneas de las 18 variables evaluadas, sólo se presentó efecto no significativo en cuatro; la densidad de 62,500 pl/ha aportó el mayor rendimiento de grano. Sin embargo, no hubo respuesta para el mismo carácter a una fertilización más intensa de N-P-K, pero la combinación de cada elemento mayor primario en su nivel alto ayudó a detener el efecto depresivo de la densidad alta en caracteres de grano. Existió efecto aditivo en la interacción líneas x densidad para rendimiento de grano, donde todas las líneas incrementaron esta variable cuando se utilizó un mayor número de plantas por unidad de área.

## ABSTRACT

**Response to fertilization and planting density in maize lines.** An experiment was carried out in the Cotaxtla Experimental Field during the 1995 spring-summer cycle to study effects of soil mineral fertilization and population density in six parental lines of the best hybrids from tropical Mexico. The experimental design used was the randomized block design in divided plots with two repetitions, and a complete factorial treatment design <sup>24</sup>. Large plots consisted of lines LE-36, LE-37, LRB-14, D-539, POB 21 and POB 43. Small plots were formed by the treatments resulting from the combination of plant density (PD) at 50, and 62.5 thousand pl/ha, nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) at 161-184,46-69 and 0-60 kilograms per hectare, respectively. Out of the 18 variables studied, only 4 were not significant for the lines. The density of 62,500 pVha showed the highest grain yield. However, the same trait did not respond to a more intense fertilization with N-P-K, but the combination of each major primary element at its highest level helped to stop the negative effect of high density in grain traits. There was an additive effect in the interaction lines x density for grain yield. This variable increased in all lines when there was a greater number of plants per area unit.



## INTRODUCCIÓN

Para incrementar los rendimientos de maíz no sólo se requiere la liberación de nuevos genotipos y su manejo tecnológico-comercial. Actualmente, existe un auge importante de empresas semilleras multiplicadoras que comercializan semilla mejorada y específicamente híbridos de maíz. Sin embargo, a pesar de que el uso de

semilla de maíz híbrido va en aumento y que en los programas de mejoramiento existen líneas élite, aún no se cuenta con la tecnología de producción apropiada.

Al aumentar la densidad de siembra se afectan caracteres como altura de planta y mazorca, tamaño y longitud de mazorca, peso de mazorca y de grano y rendimiento, entre otros (Collings, 1965). Aunado a esto, si

<sup>1</sup> Presentado en la XLIII Reunión del PCCMCA, Panamá, 1997.

<sup>2</sup> Programa de Arroz y Programa de Maíz, respectivamente. Campo Experimental Cotaxtla. INIFAP. Km. 34 Carro Veracruz - Córdoba. Apdo Postal 429, Veracruz, Ver. México. CP. 91700.

los suelos son bien fertilizados y con buena retención de humedad, se puede emplear una mayor densidad de plantas que en los menos fértiles (Tocagni, 1982).

Por su parte, Aldaco *et al.* (1989), indican que el nitrógeno y fósforo contribuyen favorablemente en la división celular y el crecimiento, así como en la formación de albúminas y semillas, además de intervenir en la floración, maduración de las cosechas y el desarrollo radical. En una investigación realizada por el PPI (1988), trabajando con maíz a diferentes niveles de  $P_2O_5$  en kg/ha (0, 45, 90, 135 y 180) encontraron que la fertilización con fósforo aumentó los rendimientos y redujo la humedad de los granos al momento de la cosecha, en un suelo de Illinois con bajo contenido de este elemento.

Con respecto al potasio, específicamente en maíz se ha demostrado que un nivel alto de este macronutriente puede reducir el número de plantas estériles por hectárea, en especial donde se han usado altas densidades de plantas, además de aumentar el número de mazorcas, de granos por mazorca y el peso de cada grano (INPOFOS, s.f.). Pese a lo anterior, en México existe escasa información sobre la respuesta de líneas de maíz a la aplicación de diferentes niveles de N-P-K, motivo por el cual se realizó la presente investigación que tiene como objetivo estudiar el efecto de la fertilización mineral al suelo y densidades de plantas en líneas progenitoras de híbridos sobresalientes en el trópico de México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo agrícola 1995B bajo condiciones de temporal se estableció un experimento en terrenos del Campo Experimental Cotaxtla (CECOT) perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), el cual se encuentra ubicado en el municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México. La localización y características edafoclimáticas más importantes de la zona se aprecian en el Cuadro 1.

El suelo es de medio a pobre en materia orgánica y nitrógeno total, es rico en fósforo disponible y potasio intercambiable, muy rico en calcio asimilable y pobre en magnesio y manganeso asimilable. Además posee una Capacidad de Intercambio Catiónico buena, pH ligeramente ácido, una capacidad de campo alta y un porcentaje de agua aprovechable buena.

El diseño estadístico utilizado fue el de bloques al azar en parcelas divididas con dos repeticiones y para la selección de tratamientos se utilizó un factorial completo 24. Las cuatro líneas progenitoras del genotipo H-512 (LE-36-1-4, LE-37-17, LRB-14-413-7-15-1 y D-539-1-1-1) y las dos líneas del material H-513 (POB 21 C5 HC-163-1-1-2-1-1 y POB 43 C6 HC-232-2#-1-2) constituyeron las parcelas grandes y las parcelas chicas fueron los tratamientos derivados de los factores densidad de plantas (DP) a 50,0 y 62,5 mil pl/ha, nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) a 161-184,46-69 y 0-60 kg/ha, respectivamente. Se usaron parcelas de tres surcos de seis metros de longitud, espaciados a 0,80 m, donde la parcela útil fue el surco central. El manejo del cultivo se hizo de acuerdo a las recomendaciones de maíz que brinda el Campo Experimental Cotaxtla. La cosecha se realizó en forma manual el día 15 de noviembre.

Se realizaron mediciones en planta, mazorca y grano, siguiendo el instructivo de toma de datos y cosecha de ensayos de maíz (INIA, 1977) y el manual para obtener semillas de calidad (CIAT, 1983), considerándose como variables de respuesta el rendimiento de grano (RG), floración masculina (FM) y femenina (FF), sincronía de floración (SF), altura de planta (AP) y mazorca (AM), calificación visual de planta (CVP) y mazorca (CVM), así como la sanidad de planta (SP) y mazorca (SM), número de plantas acamadas (PA), mazorcas con mala cobertura (MC) y podridas (MP), días a madurez fisiológica (MF), peso volumétrico del grano (PV), peso del grano que no pasó la criba 20R (PC20R), peso de 200 granos (P200G) y porcentaje de germinación (PG).

**Cuadro 1.** Localización y características edafoclimáticas más importantes de la zona donde se estableció el experimento. Campo experimental Cotaxtla, Veracruz, México. CECOT. P-V. 1995.

Localización	Clima	Suelo
Km 34 carretera Veracruz - Córdoba	Aw 1 T 25°C (media anual)	Aluvial Profundo
18° 50' latitud N 96° 10' longitud O	pp 1400 mm Lluvias 80% junio-octubre Altura 15 msnm	Pendiente < 1 % Buen drenaje superficial e interno

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el factor líneas no se detectó significancia para MP, SP, SM y MF, lo que indica que las líneas presentaron poca variación entre ellas para esas variables (Cuadro 2). En el factor tratamientos se presentó significancia en AP, AM, RG, PV, PC20R, P200G y PG. Referente a la interacción líneas x densidad se encontró efecto significativo al 1 % para PV, PC20R, P200G y PG, lo que señala que las líneas tienen diferente respuesta en caracteres de grano provocada por los tratamientos.

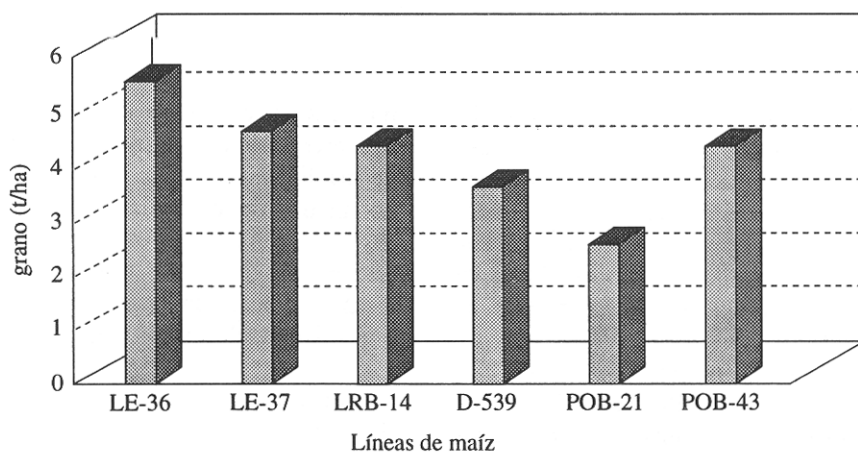
La línea LE-36 obtuvo el mejor RG medio con 5.278 kg/ha (Figura 1, Tukey 5%). Sin embargo, presentó la mayor AP con 213 cm, MC con 4,1 % y el más bajo PG. Por otro lado, LE-37 también con buen rendimiento presentó los valores más altos de PC20R y P200G, además de que mostró junto con LRB-14 tendencia a cuatear, característica que debe estudiarse con más detalle en futuros trabajos. La línea más tardía fue la POB 21 con 60 y 61 días de FM y FF, respectivamente y la más precoz la POB 43 con 55 días en ambas floraciones. En general todas las líneas presentaron

buena sincronía de floración con mínimo efecto ocasionado por el acamado de plantas.

La densidad alta aportó el mayor RG con 4.083 kg/ha (Cuadro 3), la cual superó en más de 500 kg/ha al nivel bajo de la misma, siendo una cantidad considerable desde el punto de vista de la rentabilidad de la producción de semilla. Sin embargo, se observa que no hubo respuesta para la misma variable a la dosis alta de N, P y K. En la Figura 2 se observa la acción conjunta de la densidad x fósforo en las variables PC20R y P200G, en donde para la primera se observa que al utilizar el nivel bajo de fósforo con la densidad baja se obtuvo el mayor peso, contrario a lo que sucedió con el nivel alto de fósforo. Esto es de esperarse, ya que con 46 unidades de fósforo y utilizando sólo 50.000 pl/ha el peso del grano considerado grande es menos afectado que a densidades mayores, la cual puede ser contrarrestada un poco cuando se incrementan 23 kg al nivel bajo de fósforo. Un comportamiento similar se obtuvo con el P200G, sólo que aquí la combinación de fósforo y densidad en su nivel alto fue ligeramente mejor que su nivel bajo.

**Cuadro 2.** Significancia de las diferentes variables evaluadas en el experimento desarrollado en el Campo Experimental Cotaxtla. P-V. 1995.

FV	GL	RG	FM	FF	SF	AP	AM	PA	MC	MP	CVP	CVM	SP	SM	MF	PV	PC20R	P200G	PG
Repeticiones	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Líneas (L)	5	**	**	**	**	**	**	*	**	ns	*	**	ns	ns	ns	**	*	**	**
L x R = $\epsilon_a$	5																		
Tratamientos (T)	15	**	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**
L x T	75	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	**
Error b	90																		
Total	191																		
CV(a) %		19,8	5,3	3,7	27,3	11,2	15,4	7,8	16,1	26,6	17,0	22,6	35,7	21,7	5,4	1,2	9,0	6,2	4,4
CV(b) %		13,5	1,8	1,8	14,6	3,9	6,6	15,1	16,5	25,4	17,1	13,0	16,8	13,5	1,7	2,3	7,0	3,1	3,4

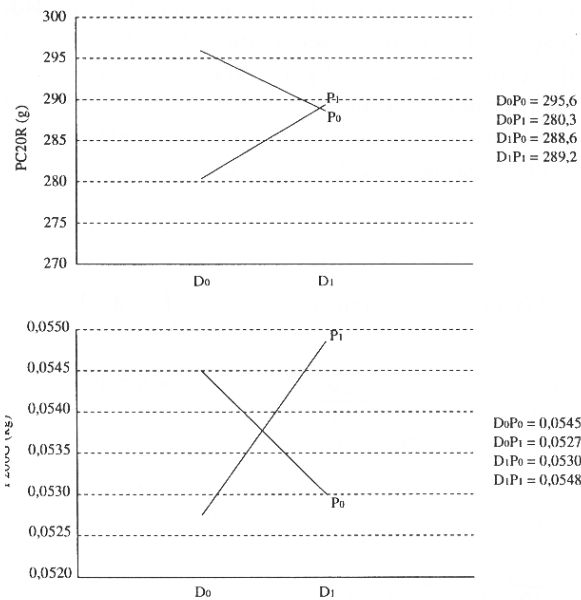


**Figura 1.** Rendimiento de grano obtenido en cada una de las líneas de maíz (PG).

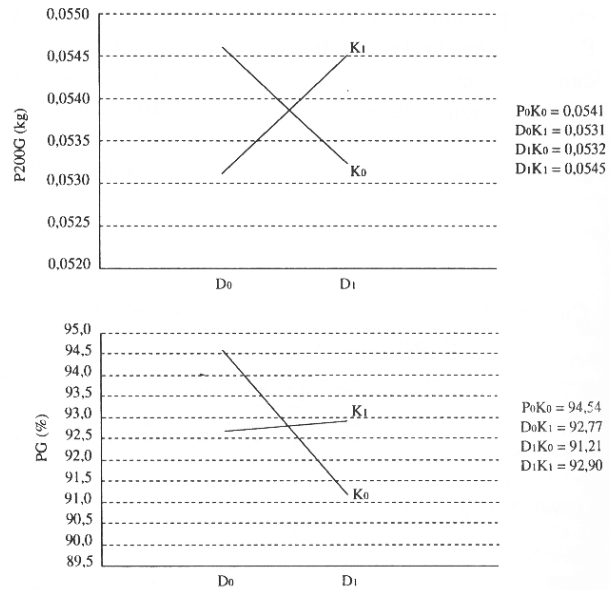
**Cuadro 3.** Prueba de Tukey al 5 % realizada a las diferentes variables en cada uno de los niveles de los factores D, N, P, K.

Factor	RG (kg/ha)	AP (cm)	AM (cm)	PV (kg/hl)	PC20R (g)	P200G (g)	PG (%)
D0	3550,9 b	177 b					93,7 a
D1	4084,3 a	179 a					92,1 b
N0						53,4 b	93,4 a
N1						54,0 a	92,2 b
P0				81,3 b	292,1 a		92,2 b
P1				82,0 a	284,8 b		93,5 a
K0	3895,5 a	176 b	90 a				
K1	3739,8 b	180 a	87 b				

Datos promedio de 96 observaciones.



**Figura 2.** Efecto de la densidad de población sobre el peso de grano que no pasó la criba 20R (PC20R) y el peso de 200 granos (P200G). CECOT. P-V. 1995.



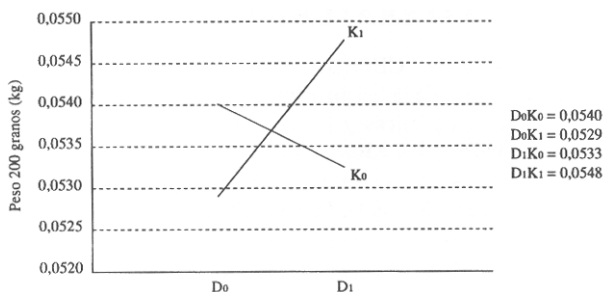
**Figura 3.** Efecto de la densidad de población y potasio sobre el peso de 200 granos (P200G) y el porcentaje de germinación. CECOT. P-V. 1995.

Con respecto a la interacción densidad x potasio (Figura 3) se aprecia que existió modificación del efecto de un factor por la acción del otro en los caracteres P200G y PG, donde para la primera característica, cuando no se aplicó potasio el peso se redujo con el aumento de la densidad y cuando se aplicaron 60 kg de K<sub>2</sub>O/ha se observó mayor peso a pesar de que se incrementó la densidad.

Algo similar sucedió con el PG en donde el efecto depresivo de la densidad de plantas al pasar a su nivel alto fue muy drástico cuando no se aplicó potasio,

mientras que cuando se adicionó éste, se logró un ligero incremento aún utilizando 62,500 pl/ha. Esto pone de manifiesto que cuando se incrementan las plantas por unidad de área existe más necesidad de potasio, Instituto de la potasa y el fósforo (1988) señala que una falta de este elemento hace que las plantas presenten un sistema radical con pobre desarrollo y tallos débiles donde las semillas serán pequeñas y de menor calidad.

Para la interacción nitrógeno x potasio se encontró que existe dependencia en dichos factores únicamente en el P200G, la cual se aprecia en la Figura 4, donde al

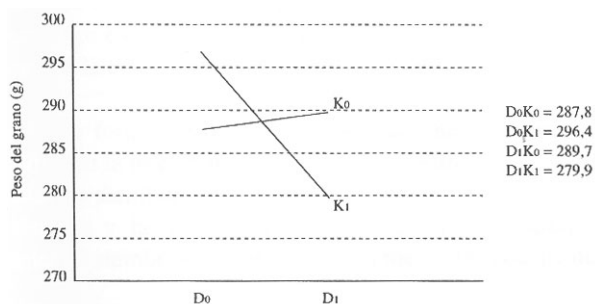


**Figura 4.** Efecto del nitrógeno y potasio sobre el peso de 200 granos (P200G). CECOT. P-V. 1995.

aplicar potasio y 184 kg de N/ha se obtuvo el mayor peso, mientras que cuando no se aplicó, el peso disminuyó con el incremento de nitrógeno. Esto es posible, ya que existen evidencias de que el potasio ayuda a mantener un balance entre el aprovechamiento de nitrógeno y el fósforo, es decir, contrarresta el efecto de un exceso de estos nutrientes en el desarrollo de la planta.

En la Figura 5 se observa el efecto del fósforo y potasio sobre el PC20R, donde la combinación de 60 kg de K20 con 46 kg de P205 por hectárea respectivamente, proporcionó el mayor peso, el cual disminuyó drásticamente cuando se adicionaron 23 unidades de fósforo, sin embargo, cuando no se aplicó potasio sólo hubo un ligero incremento al pasar del nivel bajo al alto de fósforo. Con respecto a este apartado Hoffer (1961) encontró también que el aumento en las relaciones de fósforo y potasio aumentaron la producción de maíz. Por su parte Anono (1975), agrega que se adelantó la madurez, lo cual no fue detectado estadísticamente en este experimento.

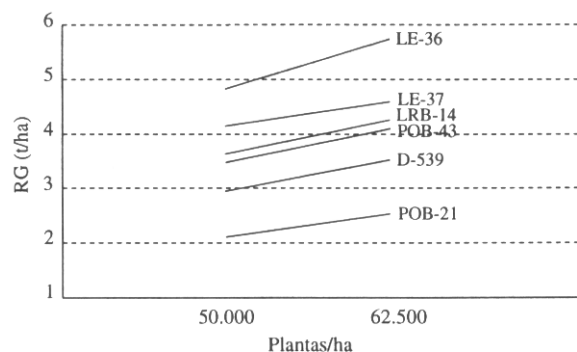
Con respecto a líneas x densidad lo más relevante fue que existió efecto aditivo en la no significancia de esta interacción en la variable rendimiento de grano



**Figura 5.** Efecto del fósforo y el potasio sobre el peso de grano que no pasó la criba 20R (PC20R) (P200G). CECOT. P-V. 1995.

(RG) ya que todas las líneas incrementaron esta variable al aumentar la densidad de plantas (Figura 6). Además se encontraron diferencias entre las líneas provocadas por el efecto de la densidad, donde la POB 43 obtuvo el mayor peso volumétrico (PV) con 83 kg/h y superó al menor valor obtenido por LE-36 con una diferencia de 4 kg/h. Sin embargo, todas las líneas excepto LE-36 no tuvieron cambio en sus PV al pasar de un nivel a otro. Referente a PG LE-36 presentó los valores más bajos con 88 y 81 por ciento para 50.000 y 62.500 pl/ha, respectivamente. El efecto del nitrógeno al pasar de un nivel a otro en la madurez fisiológica (MF) de las líneas fue de un día, excepto para LE-36 que se mantuvo en 98 días y en lo que se refiere al PC20R cuatro de las seis líneas presentaron sus mayores valores con el nivel bajo y sólo LE-37 y LRB-14 respondieron a una mayor fertilización nitrogenada.

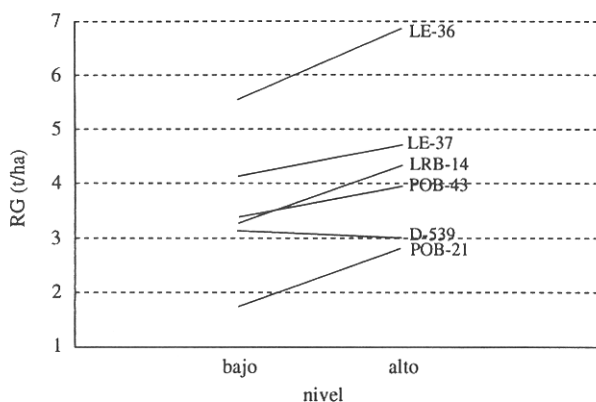
La influencia del fósforo en PC20R y P200G en cada una de las líneas fue muy marcada, especialmente en esta última cuando se utilizaron 69 kg/ha de P205. La aplicación de potasio favoreció el peso volumétrico del grano. Al analizar la información dentro de cada línea lo más importante se encontró en la variable rendimiento de grano (Figura 7) donde se aprecia que únicamente la línea D-539 no respondió al nivel alto del tratamiento D.-N-P-K.



**Figura 6.** Efecto aditivo de la interacción de líneas por densidad de grano. CECOT. P-V. 1995.

## CONCLUSIONES

Todas las líneas presentaron buenos rendimientos desde el punto de vista de la producción de semilla, excepto en la línea LE-36 que presentó los valores más altos en altura de planta y mazorcas con mala cobertura y el más bajo porcentaje de germinación.



**Figura 7.** Efecto del tratamiento D-N-P-K sobre el rendimiento de grano de cada línea. CECOT. P-V. 1995.

- La mejor densidad de plantas por hectárea fue de 62,5, ya que incrementó en poco más de media tonelada el rendimiento de grano a cambio de un pequeño aumento en la altura de planta y una ligera disminución en el porcentaje de germinación.
- El incrementar la densidad de plantas provocó un decremento de la calidad física y fisiológica del grano, la cual fue contrarrestada con la dosis alta de fósforo y potasio.
- Sólo la línea POB 21 incrementó el rendimiento de grano en forma conservadora al aumentar el número de plantas por unidad de área.
- Con la fertilización con potasio se favoreció el peso volumétrico en la líneas LE-36, LE-37 y POB 43.

## LITERATURA CITADA

- ALDACO, R.A.; CEPEDA, J.M.; VEGA M.C. 1989. Influencia de la fertilización fosfatada en las características agronómicas y los componentes de rendimiento del híbrido AN-430R de maíz (*Zea mays* L.) en suelos calcáreos. *In: memoria del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*. México, D.E p. 250.
- ANONO, L. 1975. Mineral nutrition of maize. International Potash Institute, Bern, Switzerland 50 p.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1983. Metodología para obtener semillas de calidad, arroz, maíz, frijol y sorgo. Unidad de Semillas del CIAT. Cooperación Comité Técnico Regional de Semillas de América Central y el Caribe. Serie CIAT 07 SSE (1)83. Cali, Colombia. pp. 3,4,6 y 9.
- COLLINGS, W.K. 1965. Performance of two-ear type of corn belt maize. *Crop Sci.* 5:113-116.
- HOFFER, G.N. 1961. Deficiency symptoms of corn and small grains, hunger signs in crops. *Amer. Soc. Agr. And Nat. Fert. Assoc.* Washington, D.e. USA.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS (INIA). 1977. Instructivo para la toma de datos y cosecha de los ensayos de rendimiento de maíz. CAECOT-CIRGOC-INIA-SARH. México. pp. 5-12.
- INPOFOS (sin fecha). Potasa: su necesidad y uso en agricultura moderna. Quito, Ecuador. pp. 9-11.
- INSTITUTO DE LA POTASA Y FÓSFORO (PPI) 1988. Manual de fertilidad de suelos. Primera reimpresión en español. Nocrass, Georgia. USA. pp. 24-46.
- TOCAGNI, H. 1982. El maíz. Ed. Albatros. Buenos Aires, Argentina. pp. 108-109.