

## RESPUESTA DEL SORGO A APLICACIONES DE FOSFORO EN ALGUNOS SUELOS DEL CARIBE

Por *RAMON E. TIO GARCIA*

Se realizó un experimento de invernadero en la Estación Experimental Agrícola de Río Piedras, Puerto Rico. En este experimento la respuesta del sorgo a tres niveles de fósforo aplicados (0,33,9 y 226 Kg. /ha) fue estudiada en cinco suelos del área del Caribe.

Los cinco suelos del área que se usaron fueron: un suelo Catalina (Tropetic haplorthox) de Puerto Rico; un suelo Guanuma (Tropeptic haplorthox) de la República Dominicana; un suelo Jalonga (vertic haplultalf) de la República Dominicana; un suelo Nipe (Typic acrothox) de Puerto Rico; y un suelo Nipe (Tropeptic haplorthox) de la República Dominicana.

Los resultados indicaron una buena respuesta a los diferentes niveles de fósforo aplicados en el experimento. Estas diferencias fueron analizadas estadísticamente y se encontró que los coeficientes de correlación entre el nivel de materia seca cosechada y el nivel de fósforo usado fueron: Catalina (r . 984); Jalonga ( r . 997); Guanuma ( r l); Nipe, Puerto Rico ( r . 999); y Nipe, República Dominicana ( r . 998).

### *Introducción*

Las intensas condiciones de meteorización, características de algunas áreas tropicales, tienen como resultado la formación de suelos altamente meteorizados, los cuales pueden ser clasificados

en los órdenes de Oxisoles y Ultisoles. Entre los muchos problemas de fertilidad de estos suelos, la alta fijación de fósforo puede ser considerada como uno de los más importantes y es normalmente el mayor factor del suelo que impide la eficiente producción de cultivos en estas áreas (3,11).

Bajos valores de pH (o bajo porcentaje de saturación de bases), alto contenido de arcillas del tipo no expansivo y grandes cantidades de sesquioxidos son algunas de las condiciones existentes en estos suelos que favorecen la alta fijación de fertilizantes fosfatados.

Desafortunadamente para la agricultura en áreas tropicales, las condiciones que favorecen alta fijación de fósforo están fuertemente expresadas en los suelos de estas áreas.

### *Revisión de la literatura*

La complejidad del proceso de fijación de fósforo se debe en parte a las tantas reacciones envueltas y a los numerosos factores del suelo que la controlan. Davis (4) notó que la fijación de fósforo en suelos no calcáreos del Hawaii se podía explicar a partir de varios mecanismos electroquímicos, como la absorción en los minerales de suelo y otros como la precipitación de fosfatos de Ca, Mg, Mn y Al. Es la opinión del autor que el último de estos mecanismos ocurre cuando la concentración de fósforo en el suelo excede los productos de solubilidad de los fosfatos mencionados por Davis.

La concentración de los óxidos de Fe y Al en el suelo es otro de los factores que determinan la capacidad de un suelo para fijar fertilizantes fosfatados. Haseman et. al. (9) encontraron que si se tratan algunos minerales del suelo con diferentes compuestos de fósforo se producen compuestos de la serie isomórfica de los fosfatos de hierro y aluminio, los cuales tienen como fórmula general  $(H, Na, K, NH_4)_3 Fe, Al) PO_4 \cdot nHOH$ . Estos investigadores llegaron a la conclusión de que la rápida fijación de fósforo se debía a reacciones de superficie entre los iones de fósforo e iones de aluminio y hierro retenidos en los bordes de las planchas estructurales que forman los minerales del suelo. En una publicación más reciente, Fox et. al. (7) encontraron que recubrimientos amorfos de compuestos de aluminio, los cuales ocurren sobre los minerales del suelo, controlan la capacidad del suelo para absorber aniones inorgánicos. De acuerdo con estos investigadores, la remoción de estas coberturas amorfas

resulta en una reducción de la capacidad de absorción del suelo, al mismo tiempo que la fijación de fósforo produce un aumento en la cantidad de coverteduras amorfas.

La fijación de fósforo es también controlada en gran parte por el pH del suelo. Birch (2) indicó que la eficiencia de las bases intercambiables en controlar la disponibilidad de fósforo, estaba más relacionada con el grado en que las mismas saturaban el complejo de intercambio del suelo que con la cantidad presente. El efecto del pH sobre la capacidad de fijación de fósforo de un suelo puede ser visualizado como un efecto indirecto. Esto es, el control de la actividad iónica del ión aluminio en el suelo. Kamprath (11) ha indicado recientemente que "sólo cuando existe aluminio intercambiable en el suelo, el encalado reducirá la fijación de fósforo".

La fijación de fósforo se hace de gran importancia cuando su intensidad comienza a afectar seriamente la disponibilidad del elemento para las plantas. Varios enfoques han sido usados para determinar la posibilidad de respuesta a la aplicación del elemento. Beckwith (1) encontró que 0.2 ppm de fósforo en la solución supernatante podía ser considerado como un valor estándar para determinar los requerimientos de fósforo en los suelos de Australia. Mientras que Birch (2) usando un enfoque diferente, encontró que la mayoría de los suelos de Africa del Este respondían a la aplicación de fósforo si la cantidad de este absorbido era menos de 50 ppm.

### *Materiales y Métodos*

Cinco suelos, tres de la República Dominicana y dos de Puerto Rico, fueron usados en este experimento. Los dos suelos Puerto Rico han sido previamente clasificados como Oxisoles, mientras que los tres suelos de la República Dominicana no habían sido clasificados al momento del presente trabajo. Trabajos de laboratorio realizados por el autor al igual que observaciones en el área de ocurrencia de estos suelos permiten su tentativa clasificación de la siguiente manera: los suelos Guanuma y Nipe pueden ser clasificados como "Tropeptic haplorthox", y el suelo Jalonga como "Vertic hapludalf".

Se tomaron muestras de las superficies de los suelos hasta una profundidad de 15cms. Estas muestras fueron pasadas a

través de un tamiz de 0.5cms. de abertura. De cada una de estas muestras (cinco en total) se tomaron sub-muestras de 1000grs. (peso seco). El número de sub-muestras fueron bien mezcladas con una solución nutritiva que contenía los siguientes elementos: N, Mg, Zn, B, Mn, y K. Estos nutrientes fueron aplicados en cantidades de 200, 100, 50, 2 y 252 ppm respectivamente.

En el experimento se usaron tres niveles de fósforo 0, 15, y 100 ppm (peso seco de suelo), cantidades son equivalentes a 0, 33.9, y 226 Kg/ha respectivamente. La solución de nutrientes al igual que la solución de fósforo fueron preparadas con material de grado reactivo.

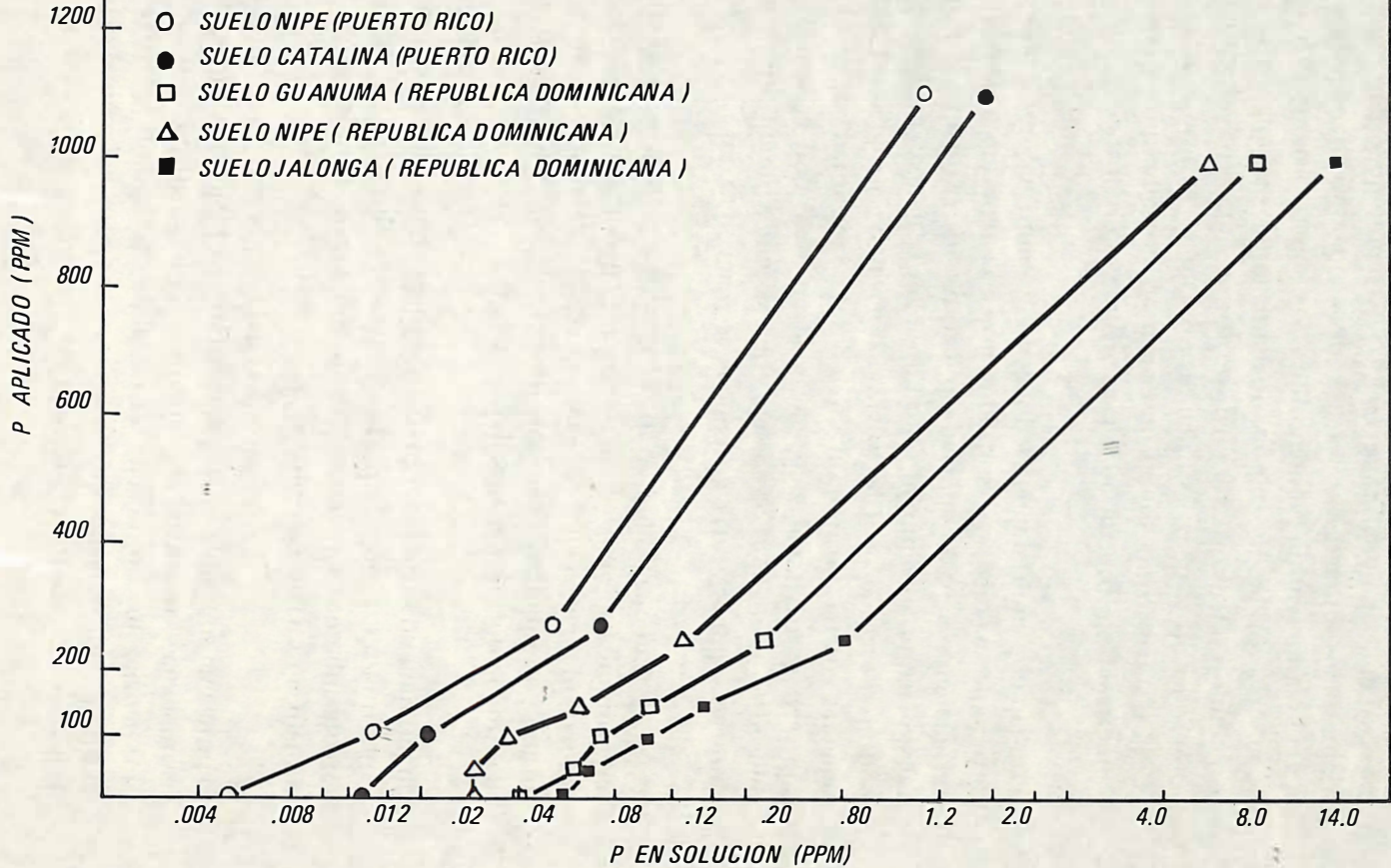
Después de las aplicaciones de la solución de nutrientes y de la solución de fósforo, las sub-muestras se equilibraron por un período de seis días en fundas de plástico selladas para prevenir la pérdida excesiva de humedad. Después del período de equilibrio, las sub-muestras fueron colocadas en tarros de polietileno negro.

En cada tarro se sembraron veinte semillas de sorgo el día 22 de junio, y una semana más tarde se hizo un entresaque para reducir la población de plantas a diez por tarro. A estas diez plantas se les permitió crecer por un período de cuatro semanas, durante las cuales la aplicación de agua se hizo en base a un peso constante para reducir a un mínimo las pérdidas de nutrientes por lavado fuera de los tarros. Al final del período de cuatro semanas, las plantas fueron cortadas a ras de la superficie del suelo en cada tarro y secadas al horno en fundas de papel para la determinación del peso seco.

Antes de comenzar el experimento de invernadero, se tomaron sub-muestras de cada uno de los cinco suelos a usarse. Con estas muestras se hicieron numerosos análisis de laboratorio. Las curvas de absorción de fósforo para los tres suelos dominicanos se hicieron siguiendo el procedimiento de Fox, et. al.(6). Estas curvas se encuentran en la figura No. 1 junto con las mismas curvas para los dos suelos puertorriqueños usados. Las curvas para los suelos puertorriqueños fueron obtenidas del Dr. J. A. Silva (comunicación personal).

La Tabla i contiene un sumario de los análisis de laboratorio realizados a los cinco suelos usados. Estos análisis

FIG. 1: CURVAS DE ABSORCION DE FOSFORO PARA LOS CINCO SUELOS USADOS



incluyen K, el cual fue determinado extrayendo 10grs. (suelo seco) de suelo con 100cc de acetato de amonio y señalado por fotometría de llama. El P fue determinado por el método del ácido ascórbico, descrito por John (10).

Aluminio intercambiable fue determinado extrayendo 5grs. (peso seco) de suelo con 100mls. de una solución 1N en KCL y valorado con 0.1N NaOH. La extracción fue hecha agregando 50mls. de la solución 1N de KCL al suelo equilibrado por una hora, y filtrado con 50mls. de 1N KCL.

Tabla 1: Algunas propiedades químicas de los suelos usados en este experimento.

SUELO	$p^{H_{H_2O}}$	$p^{H_{KCl}}$	K P		Al	Ca (mq/100 g.)	Mg
			ppm				
Guanuma	5.19	4.85	60	4.20	0.50	4.12	1.83
Catalina	5.05	4.22	197	9.24	0.80	0.92	2.94
Nipe (RD)	5.10	4.20	39	2.16	1.62	1.08	0.85
Nipe (RD)	5.70	5.23	39	6.30	T	1.48	0.57
Jalonga	5.62	4.90	88	2.80	T	20.40	2.24

El Ca y el Mg fueron determinados extrayendo 10g. (peso seco) de suelo con 100 c.c. de KCL 1N. Un alicuota de 10 ml. se tomaron de esta extracción y fueron usados para determinar estos elementos por el procedimiento del EDTA descrito por Dieche, et. al. (5).

El pH del suelo fue determinado usando una relación 1:2 (suelo—agua). El pH también fue determinado en una solución de KCL usando la misma relación pero en lugar de agua se usó una solución 1N de KCL. El procedimiento empleado para estas dos determinaciones es la indicada por Greweling et. al. (8).

## Resultados y Discusión

En el experimento se notó una buena respuesta de la planta a las crecientes aplicaciones de fósforo a los suelos. Sin embargo, el aumento en la cosecha varió para cada suelo, lo cual no pudo ser relacionado ni con las curvas de absorción de fósforo, el P extraído con KCL o el Al intercambiable en el suelo.

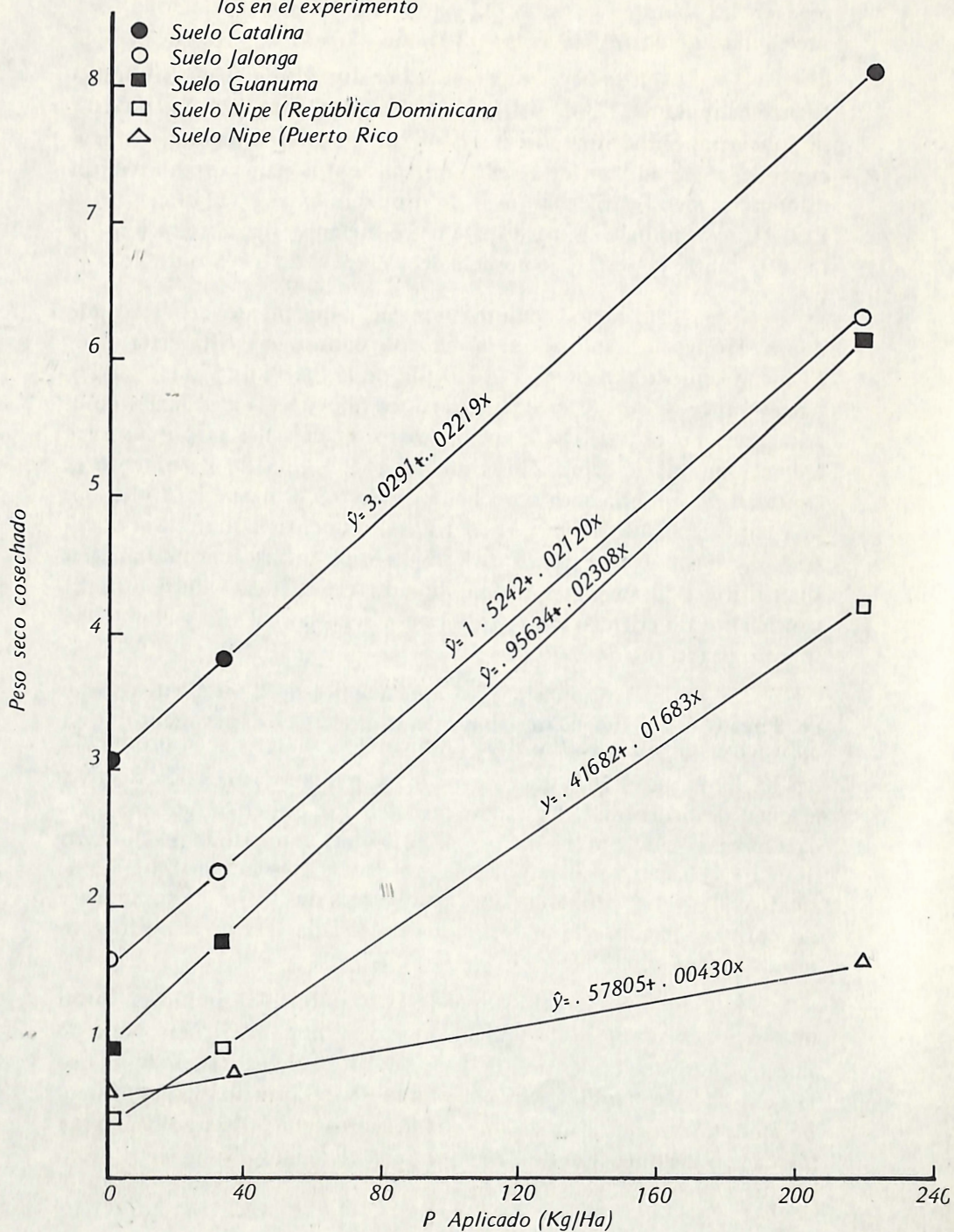
El suelo Catalina de Puerto Rico mostró la más alta respuesta a las aplicaciones de fósforo (vea la fig. 2). La cosecha de materia orgánica seca en este suelo fue aumentada desde 2.580 hasta 4.309 grs/tarro (vea la tabla 2) con una aplicación de 33.9 Kg/Ha de P. Una aplicación más alta de este elemento (226.0 Kg/Ha) aumentó la cantidad de materia orgánica seca cosechada hasta 7.965 grs/T. Las diferencias entre esos valores mostraron ser significativas a niveles de probabilidad de 1 o/o. En el intervalo de valores de las concentraciones de fósforo usadas, se encontró una buena correlación ( $r = .984$ ) entre el nivel de P aplicado y la materia orgánica seca cosechada.

Tabla 2: Peso seco cosechado (grs./Tarro) a los diferentes niveles de P aplicados a los cinco suelos usados.

SUELO	NIVEL DE P		
	0	33.9 g/pot	226.0
Catalina (PR)	2.580	4.309	7.965
Jalonga (RD)	1.355	2.442	6.285
Guanuma (RD)	0.959	1.735	6.174
Nipe (PR)	0.595	0.702	1.554
Nipe (RD)	0.525	0.860	4.239

También hubo una buena respuesta a las aplicaciones de P que se hiciera al suelo Jalonga de la República Dominicana (ver, Fig. 2). Este suelo es uno de los suelos más importantes para la producción de caña de azúcar en el país. Este suelo normalmente apa-

Fig. 2: Líneas de correlación para la materia seca cosechada a los diferentes niveles de P aplicado a los cinco suelos en el experimento





rece en las llanuras costeras del Caribe, formando asociaciones con suelos más meteorizados, como el Matanzas.

La materia vegetal seca cosechada en el suelo Jalonga fue aumentada de 1.355 a 2.442 grs./Tano cuando 33.9 Kg/Ha de P se aplicaron. Hubo una cosecha de 6.285 grs./tarro cuando la aplicación de P se aumentó a 226 Kg/Ha. Estos aumentos tuvieron diferencias significativas al nivel de probabilidades estadísticas 1 o/o. Las cifras también mostraron un coeficiente de correlación de ( $r: .997$ ) entre el peso seco cosechado y el nivel de fósforo usado.

El suelo Guanuma es un suelo que puede ser clasificado como Tropeptic haplorthox: arcilloso, oxidoso e iso-hipertérmico. El mismo puede ser encontrado al pie de la Sierra de Yamasá en las partes norte y Sur, y en viajes terrazas aluviales en el Valle de la Altagracia en el país. Este suelo mostró la más alta respuesta a las aplicaciones de P. Una aplicación de 33.9 Kg/ha de P aumentó la cantidad de materia seca cosechada desde 0.959 hasta 1.735 Kg/ha; una aplicación mayor de P (226 Kg/ha) aumentó la materia seca cosechada hasta 6.178 grs./Tarro. Estas diferencias fueron también significativas al nivel de probabilidades estadísticas del 1 o/o. El coeficiente de correlación entre el peso seco cosechado y el nivel de fósforo usado fue de 1 o/o.

La respuesta a las aplicaciones de P en el suelo Nipe de Puerto Rico fue la más baja de todas en el experimento. Una aplicación de 33.9 Kg/ha de P aumentó la materia seca producida desde 0.595 a 0.702 grs./Tarro. Este aumento fue significativo al nivel de probabilidad estadística del 1 o/o. Sin embargo, una aplicación mayor de este elemento (226 Kg/ha) aumentó la producción de materia seca cosechada a 1.55 grs. /Tarro. Este aumento fue significativo al nivel de probabilidades estadísticas del 1 o/o. El coeficiente de correlación entre la materia seca cosechada y el nivel de fósforo usado fue de 0.999.

En el suelo Nipe de la República Dominicana hubo una mejor respuesta a las aplicaciones de P que en el suelo Nipe de Puerto Rico, Una aplicación de P de 33.9 Kg/ha a este suelo aumentó la cantidad de materia seca cosechada de 0.525 a 0.860 grs./Tarro. Se aumentó la cantidad de materia seca cosechada hasta 4.239 grs./ Tarro con la aplicación de 226 Kg/ha del elemento.

## Conclusiones

Aún cuando el intervalo de observaciones en este trabajo no fue muy grande, la información obtenida es altamente convincente de que existe un gran potencial para aumentar la producción de los cultivos en estos suelos mediante la aplicación de fósforo. Es la opinión del autor que deben realizarse más investigaciones para determinar la respuesta a fósforo de los cultivos en un intervalo más amplio de niveles de este elemento.

El hecho de que ninguno de los factores de suelo investigados mostró una interrelación con la respuesta al fósforo aplicado, indica la necesidad de un método confiable para determinar la potencialidad de los suelos de estos países a responder a aplicaciones de fósforo.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.— Beckwith, R. S. and R. Reeve. 1964. *Studies of Soluble Silica in Soils. Aust. Jour. of Soil Res.* 2:33–45.
- 2.— Birch, H. F. 1952. *The Relationship Between Phosphate Response and Base Saturation in Acid Soils. Jour. Agri. Sci.* 42:276–285.
- 3.— Bradfield, R. 1963. *The Soil Chemistry and Food for Peace. in Food for Peace. ASA Special publication, No. 1* p 42–51.
- 4.— Davis L. E. 1935. *Sorption of Phosphates by Non-calcareous Soils. Soil Science* 40:129–258.
- 5.— Diehe, H., C. A. Goetz, and C. C. Hach. 1950. *The Versenate Titration for Total Hardness. J. Am. Water Works Assoc.* 452:40–48.
- 6.— Fox, R. L., D. L. Plucknett, and A. S. Wthithney. 1958. *Phosphate Requirements of Hawaiian Latosols and Residual Effects of Fertilizer Phosphorus. 9th. International Congress of Soil Science Transactions Vol. 11, paper 32.*
- 7.— Fox, R. L., S. M. Hasan, and R. C. Jones. 1971. *Phosphate and Sulphate Sorption by Latosols. Inter. Symp. Soil Fert. evaluation proceedings. Vol. 1:857–864.*
- 8.— Greweling, T., and M. Peech. 1965. *Chemical Soil Tests. Bulletin 960, Cornell University, Ithaca.*
- 9.— Haseman, J. F., C. H. Brown, and C. D. Whitt. 1950. *Some Reactions of Phosphate with Clays of Hydrous Oxides of Iron and Aluminum. Soil Science* 70:257–271.
- 10.— John, M. K. 1970. *Determination of Phosphorus in Soil and Plant Materials with Ascorbic Acid. Soil Science* 109:214–220.
- 11.— Kamprath, E. J. 1952. *Phosphorus. A Review of Soil Research in Tropical Latin America. North Carolina State University at Raleigh, CH. 8.*