

721K
Roldo

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA
PROGRAMA NACIONAL DE SUELOS

22 ENE. 1985

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

ABSORCION DE FOSFORO POR TUBERCULOS DE
PAPA SOMETIDOS A TRATAMIENTOS DE INMER-
SION EN SOLUCIONES DE P.

FERNANDO VILLAMIZAR ROSAS
Tibaitatá - 1981.

ABSORCION DE FOSFORO POR TUBERCULOS DE PAPA SOMETIDOS A TRATAMIENTOS DE INMERSION EN SOLUCIONES DE P.

Fernando Villamizar Rosas *

1. INTRODUCCION

En Colombia se siembran cerca de 125.000 hectáreas de papa que consumen 146.500 toneladas de fertilizantes químicos, los cuales representan más del 28% de los costos de producción de este cultivo.

De los elementos que requiere el cultivo de la papa para lograr rendimientos económicos, se destaca el fósforo por ser el que se aplica en mayores cantidades. Sin embargo, la cantidad utilizada por el cultivo es comparativamente baja en relación con la que se suministra al suelo en forma de fertilizantes fosforados.

En consecuencia, se considera de gran utilidad desarrollar técnicas de fertilización - que permitan lograr una mayor eficiencia en la utilización de los abonos por las plantas, incrementando su disponibilidad y grado de absorción; disminuyendo la cantidad de fertilizante aplicado al suelo y por consiguiente, minimizando los costos del cultivo.

Los altos precios de los fertilizantes y su aumento desproporcionado en relación con el precio del producto obtenido, justifican los esfuerzos que se realicen en investigación para lograr economía de costos.

* Ingeniero Agrónomo M.S. Programa Nacional de Suelos. Tibaitatá 1981.

Existen antecedentes que demuestran la capacidad de los tubérculos de papa para absorber fósforo de soluciones a base de fuentes de P y la posterior translocación de ese fósforo a otros órganos de la planta proveniente del tubérculo tratado.

Este fenómeno apoya la hipótesis de sustituir, al menos parcialmente, la cantidad de fertilizante aplicado al suelo, por tratamientos de presiembra al tubérculo, a fin de suministrar parte del fósforo requerido por cultivo de la papa en sus etapas de desarrollo inicial, con la posibilidad de reducir las cantidades de abono químico adicional. Con base en las anteriores consideraciones se propusieron para el presente trabajo, los siguientes objetivos :

1. Evaluar la capacidad de los tubérculos de papa, utilizados como semilla, para absorber fósforo de soluciones preparadas con distintas fuentes y concentraciones de P, al ser sometidos a tratamientos de inmersión de diferente duración.
2. Observar el efecto que sobre la germinación puedan causar las soluciones de P en los tubérculos brotados.
3. Obtener información científica básica que facilite y agilice el proceso de selección tendiente a encontrar las fuentes de P, las concentraciones y el tiempo de inmersión más adecuados para su aplicación práctica en el campo.
4. Generar las recomendaciones técnicas que permitan orientar con mayor precisión las evaluaciones de campo sobre el efecto de los tratamientos de presiembra al tubérculo y los estudios sobre las ventajas comparativas del sistema respecto a la fertilización convencional al suelo.

2. REVISION DE LITERATURA

De acuerdo con Grunner (3), una cosecha de papa con una producción de 20 toneladas por hectárea, extrae del suelo 90 kilogramos de N; 40 kilogramos de P_2O_5 ; 180 kilogramos de K_2O y 75 kilogramos de Ca 0.

Jacob (6), considera que en los trópicos la extracción promedia de N, P, K. En una hectárea de papa es de 50-80 kilogramos de nitrógeno; de 20 - 30 kilogramos de P_2O_5 y de 80 - 120 kilogramos de K_2O .

En términos generales, los trabajos sobre extracción de nutrientes por la papa indican que ésta extrae mayor potasio que nitrógeno y de éste elemento, mayor cantidad que de fósforo. Sin embargo la papa es poco eficiente en la utilización de ciertos elementos, particularmente el fósforo, circunstancia por la cual se requieren cantidades relativamente altas de formas aprovechables de P, como fertilizante al suelo (Munevar et al, 8).

Guerrero (4), informa que las investigaciones realizadas en los departamentos de Antioquia, Nariño, Boyacá y Cundinamarca, demuestran que la mayor respuesta del cultivo de la papa a la fertilización corresponde a las aplicaciones de fósforo al suelo.

Por otra parte, en los climas fríos de Colombia se ha encontrado que el fósforo es el elemento más limitante, siendo imposible lograr beneficios apreciables con el uso de variedades mejoradas sin contar con una adecuada fertilización fosfórica (Guerrero, 5).

Considerando globalmente los suelos donde se cultiva papa en Colombia, se concluye que los rendimientos más altos corresponden a aplicaciones de nitrógeno entre 50 - 150 Kg/Ha; 200 - 300 Kg/Ha de P_2O_5 y entre 50 - 75 Kg/Ha de K_2O , dependiendo del resultado del respectivo análisis de suelos. Tales cifras muestran la proporción relativa en que participan elementos NPK respecto a la respuesta del cultivo a la fertilización (9).

Artunduaga (1), comprobó la presencia de fósforo radioactivo (p^{32}), en tallos y hojas de plantas de papa provenientes de tubérculos sometidos a tratamientos de inmersión en soluciones a base de $NH_4 \cdot H_2P^{32}O_4$, durante 24 horas, en un experimento de invernadero. En ensayos de campo, encontró incrementos significativos en los rendimientos de papa atribuibles a tratamientos de imbibición de los tubérculos usados como semilla, en soluciones de superfosfato simple y triple aplicando una técnica descrita por el Instituto Central de Investigación de papa de la India SIMLA (10).

3. MATERIALES Y METODOS

Las variables del experimento fueron tres fuentes de fósforo, cuatro concentraciones y tres tiempos de duración de inmersión o inbibición de tubérculos de papa variedad - Parda Pastusa.

3.1 Fuentes de P.

Se utilizaron tres fuentes de fósforo fosfato monoamónico $PO_4 H_2 (NH_4)$, con un contenido del 27% de P; fosfato monoalcalico $Ca (H_2PO_4)_2 - H_2O$, con un contenido del 24.6% de P y ácido ortofosfórico PO_4H_3 , con el 31.63% de P.

3.2 Concentraciones

Otra de las variables estudiadas fueron cuatro concentraciones de las soluciones de las diferentes fuentes de fósforo. Estas concentraciones fueron : 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0% de P. Hubo un tratamiento sin P, o testigo.

3.3 Tiempo de inmersión

Los tubérculos fueron sumergidos durante 12, 24 y 36 horas en las diferentes soluciones a que se refiere el ordinal anterior. Los tiempos de inmersión constituyeron la tercera variable experimental.

3.4 Tratamientos

Los tratamientos resultantes de la combinación de las diferentes variables fueron: 3 fuentes x 4 concentraciones x 3 tiempos de inmersión, más un tratamiento testigo sin P. (Tubérculos sometidos a inmersión en agua desionizada durante 24 ho-

ras) para un total de 37 tratamientos .

3.5 Diseño Experimental

El diseño elegido fué bloques al azar con tres repeticiones .

Se utilizaron 10 tubérculos por cada tratamiento; cuatro de ellos fueron sembrados en invernadero en bolsas plásticas a fin de observar el efecto de los tratamientos sobre la germinación; los otros seis, en grupos de a dos, constituyeron las 3 repeticiones de cada uno de los tratamientos, en los cuales se determinó el contenido de fósforo, en términos de % de P del material vegetal seco y molido, proveniente de los tubérculos sometidos a los tratamientos anteriormente descritos. Para la determinación del fósforo se siguieron las técnicas convencionales utilizadas en el Laboratorio de Suelos de Tibaitatá.

3.6 Iniciación y duración del Experimento

El 16 de marzo de 1981 se comenzó el experimento, con la inmersión de los tubérculos de papa en las soluciones antes mencionadas, durante 12, 24 y 36 horas, después de las cuales se procedió a lavarlas, seccionarlas y someterlas a secado y molido para la correspondiente determinación del contenido de fósforo y posterior registro y tabulación. Desde la fecha de iniciación hasta la obtención de los resultados del análisis estadístico y su interpretación, el experimento tuvo una duración de 4 meses.

3.7 Localización

El experimento se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

La capacidad de absorción de fósforo por los tubérculos sometidos a los diferentes tratamientos se evaluó, mediante la determinación del contenido de P en los tubérculos y su comparación con el contenido de P de los tubérculos correspondientes al tratamiento testigo, los cuales no fueron sometidos a inmersión en soluciones de fósforo y por consiguiente no podían incrementar el nivel de este elemento durante el período experimental.

En la Tabla 1 se presenta el análisis de varianza para todos los 37 tratamientos incluyendo el testigo, cuyo contenido de fósforo constituyó el patrón de referencia o índice de comparación del parámetro evaluado.

TABLA 1. Análisis de varianza para el porcentaje de fósforo de los 37 tratamientos considerados en el experimento de absorción de P por tubérculos de papa.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio.	F.C.	PR	F
Tratamientos	36	0.0012	2.52	0.0004	**
Error	74	0.0004			
Total	110				

Coeficiente de variación : 14.78%

El análisis estadístico demuestra la existencia de diferencias altamente significativas, al nivel del 0.04%, entre los valores del contenido de fósforo correspondientes a los distin

tos tratamientos estudiados . Tal evidencia, permite respaldar científicamente la hipótesis de que los tubérculos de papa poseen la capacidad de absorber fósforo, cuando son sumergidos en soluciones de diferente concentración de P y de distintas fuentes de tal elemento, durante un tiempo determinado .

Habiendo realizado una prueba Duncan de variación múltiple para el contenido de fósforo, en la cual resultó el tratamiento testigo con uno de los valores más bajos se decidió realizar un nuevo análisis excluyendo el testigo y considerando los factores importantes del estudio como son las fuentes, las concentraciones y la duración del tratamiento . Los resultados de este segundo análisis desagregado se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2. Análisis de varianza para el porcentaje de fósforo absorbido por tubérculos de papa bajo el efecto de diferentes fuentes, concentraciones y tiempos de inmersión en soluciones de P, excluido el testigo.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.	PR F
Fuente	2	0,0044	0.0022	4.54	0.0139*
Concentración	3	0,0008	0.0003	0.54	0.6595
Fuente x concentración	6	0,0040	0.0007	1.38	0.2324
Tiempo	2	0,0156	0.0078	16.15	0.0001**
Fuente x tiempo	4	0,0040	0.0010	2.07	0.0933
Concentración x tiempo	6	0,0046	0.0007	1.60	0.1600
Fuente x Tiempo x Conc.	12	0,0080	0.0007	1.37	0.1997
Error	72	0.0349	0.0004		
Total	107				

Coeficiente de Variación : 14.82

Los resultados del análisis de varianza presentados en la Tabla 2 indican la existencia de diferencias significativas entre los valores de contenido de P, debidas al efecto de las fuentes de fósforo usadas en el experimento, con lo cual se comprueba científicamente la existencia de grados de eficiencia de las fuentes de fósforo en cuanto a su absorción por tubérculos de papa.

Igualmente, el efecto del tiempo sobre la absorción de P por los tubérculos de papa resultó en diferencias con alta significancia estadística, indicando que la absorción de fósforo estuvo directamente asociada con el tiempo o duración del tratamiento de inmersión de los tubérculos en las soluciones de fósforo usadas en el experimento.

No se encontraron diferencias significativas atribuibles al efecto de las diferentes concentraciones de P estudiadas. Esta situación permite deducir que con las fuentes de P estudiadas es indiferente, desde el punto de vista de los resultados, usar concentraciones de 0.5% P hasta 2.0 % P y que en cuanto a eficiencia se refiere resultaría más conveniente utilizar la concentración más baja que las más altas, bajo las condiciones experimentales del presente trabajo.

Los contenidos promedios de P de los tubérculos, correspondientes al factor : Fuentes de fósforo fueron 0.1575% para el ácido ortofosfórico; 0.1455% para el fosfato monoamónico, 0.1428% para el fosfato monocalcico y 0.1233 para el testigo. De acuerdo con la prueba de Duncan, hubo diferencias significativas entre el contenido promedio de P del testigo y los promedios encontrados para las distintas fuentes utilizadas. No fueron significativas las diferencias entre los promedios de P correspondientes al Fosfato Monocalcico y fosfato monoamónico pero estos dos últimos si difirieron significati

vamente con respecto al testigo y ácido ortofosfórico, tal como se aprecia en la Tabla 3.

TABLA 3. Promedios de contenido de fósforo de tubérculos de papa sometidos a tratamientos de inmersión en tres fuentes de fósforo.

FUENTES DE P.	Porcentaje Promedio de P.	Significancia (P. Duncan).
Acido Ortofosfórico	0.1575	A
Fosfato monoamónico	0.1455	B
Fosfato monocálcico	0.1427	B
Testigo	0.1233	C

Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la Tabla 4 se presenta el efecto del tiempo o duración de los tratamientos de inmersión en el contenido de fósforo de los tubérculos de papa. Los promedios correspondientes resultaron significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Duncan para la variable tiempo.

TABLA 4. Efecto del tiempo de inmersión en soluciones de fósforo, sobre la absorción de P por tubérculos de papa.

Tiempo de Inmersión	Contenido promedio de P (%)	Significancia (P. Duncan)
36 horas	0.1627	A
24 horas	0.1497	B
12 horas	0.1333	C
Testigo	0.1233	D

Promedios con letras distintas son significativamente diferentes.

Los resultados obtenidos indican que la absorción de fósforo se incrementó a medida que se incrementó la duración o tiempo de inmersión de los tubérculos en las soluciones de fósforo utilizadas, en forma lineal, tal como se puede observar gráficamente en la figura 1.

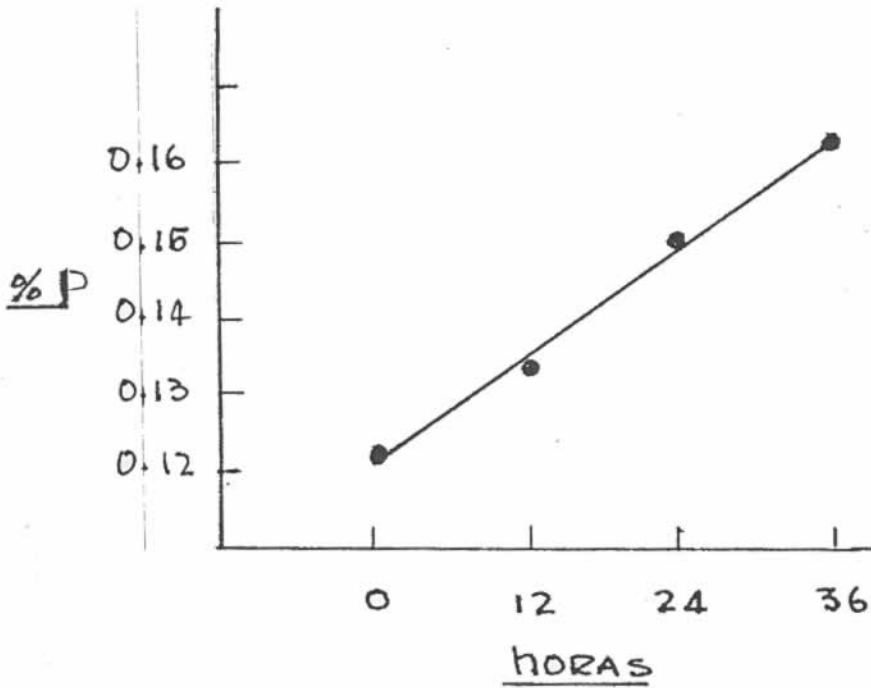


FIGURA 1. Efecto del tiempo de inmersión en soluciones de fósforo, sobre la absorción de P por tubérculos de papa.

Con el objeto de observar el efecto de las soluciones de fósforo sobre la germinación de los tubérculos, de cada tratamiento se reservaron cuatro tubérculos los cuales fueron sembrados en bolsas de polietileno en el invernadero del Programa Nacional de Suelos en el Centro Experimental Tibaitatá.

Los resultados de las pruebas de germinación indicaron que los tratamientos en los cuales se utilizaron concentraciones de 1.5 y 2.0% de P, afectaron la germinación de los tubérculos brotados. En el caso del ácido ortofosfórico, fuente que resultó ser la más eficiente en cuanto a su efecto en la absorción de P por los tubérculos, estos resultaron más sensibles y la germinación se afectó con las concentraciones superiores a 0.5% de fósforo, lo cual coincide con las apreciaciones de Barel y Black (2), quienes consideran al ácido ortofosfórico como uno de los productos más eficientes para aplicación foliar de P pero cuyo uso está limitado a causa de que concentraciones mayores de 0.5% P ocasionan considerable daño al follaje. Con mayor razón los tejidos jóvenes de los brotes de los tubérculos deben ser más susceptibles a lesionarse que hojas desarrolladas.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente trabajo se derivan las siguientes conclusiones :

- 5.1 Los tubérculos prebrotados de papa variedad Parda Pastusa absorbieron fósforo en sus tejidos al ser sometidas a tratamientos de inmersión en soluciones de fósforo de diferentes concentraciones y fuentes de este elemento. Esta propiedad de los tubérculos fué comprobada mediante la determinación del contenido de fósforo de los tubérculos tratados y su comparación con el contenido de P del tratamiento testigo. El análisis estadístico detectó diferencias con alta significancia entre los valores de fósforo.
- 5.2 Las fuentes de fósforo utilizadas causaron efectos altamente significativos en la absorción de P por los tubérculos de papa. La fuente más eficiente, con la cual se obtuvieron los valores más altos de contenido de P en los tubérculos fué el ácido ortofosfórico. Aunque los porcentajes de P fueron más altos en los tubérculos tratados con fosfato monoamónico que en los que se utilizó fosfato monocálcico, las diferencias entre estos dos tratamientos no fueron estadísticamente significativas pero si lo fueron con relación al testigo y al tratamiento con ácido ortofosfórico.
- 5.3 No se encontraron diferencias significativas entre los contenidos de fósforo de los tubérculos, atribuible al efecto de las concentraciones usadas. Siendo tan eficiente la concentración 0,5% P como la de 2.0% P en cuanto al efecto en la absorción de fósforo.

- 5.4. Las concentraciones de 1.5% P y 2.0% P afectaron la germinación normal de los tubérculos. En el caso del ácido ortofosfórico, el efecto depresivo en la germinación se presentó en todas las concentraciones superiores a 0.5% P de las soluciones preparadas con el ácido.
- 5.5 El efecto del tiempo o duración del tratamiento de inmersión en soluciones de P causó diferencias altamente significativas en los valores de fósforo absorbido - siendo más altos los porcentajes de fósforo de los tubérculos que fueron tratados durante 36 horas que los que fueron tratados durante 24 o 12 horas.
- 5.6 De acuerdo con los resultados obtenidos, el tratamiento más positivo resulta ser la inmersión de los tubérculos en soluciones de ácido fosfórico del 0.5% P durante 36 horas y alternativamente los tratamientos con fosfato monocálcico o monoamónico con la misma concentración y duración, mientras se investigan otras fuentes, concentraciones y tiempos de imbibición.

6. RECOMENDACIONES

- 6.1 Continuar los experimentos de laboratorio e invernadero tendientes a obtener información más precisa sobre fuentes de fósforo, concentraciones de las soluciones y tiempos de inmersión más adecuados. De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, deberían estudiarse concentraciones inferiores a 0.5% de P, incluir otras fuentes de fósforo e incrementar el tiempo de duración del tratamiento de inmersión por encima de 36 horas a fin de disponer de bases más sólidas para los experimentos de campo.
- 6.2 Estudiar el efecto de los tratamientos de imbibición a los tubérculos utilizados como semilla, en la germinación de los mismos y comparar los efectos de estos tratamientos en tubérculos brotados y no brotados ya que las yemas pueden ser demasiado sensibles a las soluciones de P.
- 6.3 Realizar ensayos de campo con semilla de papa tratada o sometida a tratamientos de absorción de P a fin de evaluar el efecto sobre la producción y cuantificar la cantidad de fertilizante al suelo que podría sustituirse con la aplicación del sistema.

7. RESUMEN

Durante el primer semestre de 1981, se realizó un experimento en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias Tibaitatá, tendiente a evaluar la capacidad de absorción de fósforo por tubérculos de papa de la variedad Parda Pastusa, sometidos a tratamientos de imbibición en soluciones de fósforo de diferentes concentraciones y fuentes de P.

Las variables experimentales fueron tres fuentes de fósforo: ácido ortofosfórico H_3PO_4 ; fosfato monoamónico $\text{PO}_4\text{H}_2(\text{NH}_4)$ y fosfato monocálcico $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$; cuatro concentraciones de P: 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% de cada fuente y tres períodos de inmersión de los tubérculos: 12, 24 y 36 horas.

El parámetro para medir el efecto de las variables estudiadas, fué el contenido de fósforo de los tubérculos tratados y el de los tubérculos que conformaron el tratamiento testigo, en términos del porcentaje de P, determinado analíticamente en el Laboratorio de Suelos de Tibaitatá.

El análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas entre los promedios de los contenidos de fósforo correspondientes a los 36 tratamientos resultantes y el correspondiente al testigo experimental. Este hecho confirma la hipótesis acerca de la capacidad de los tubérculos de papa de absorber cantidades significativas de fósforo al sumergirlos en soluciones que contengan este elemento.

No hubo significancia estadística atribuible al efecto de las concentraciones estudiadas. En consecuencia, resulta más recomendable la concentración más baja ya que con concentraciones superiores a 0.5% P se obtienen resultados similares en cuanto a

absorción de fósforo. Por otra parte las concentraciones de 1.5% P y 2.0% P, afectaron la germinación de los tubérculos.

Las fuentes de fósforo utilizadas causaron efectos estadísticamente significativos en la cantidad de P absorbido por los tubérculos. Lo cual evidencia la existencia de grados de eficiencia entre las fuentes usadas. Los correspondientes promedios de contenido de fósforo fueron 0.1575% para el ácido ortofosfórico; 0.1455 para el fosfato monoamónico; 0.1428% para el fosfato monocálcico y 0.1233% para el testigo. Los tres primeros promedios difieren significativamente del correspondiente al testigo. No fueron significativas las diferencias entre los promedios de los dos fosfatos pero sí lo fueron entre éstos y los del ácido ortofosfórico y el testigo.

El efecto de la duración de los tratamientos de imbibición, o sea el de la variable tiempo, resultó en diferencias con alta significancia estadística en la absorción de fósforo por los tubérculos de papa. Los resultados demostraron que el contenido de P se incrementó a medida que se aumentó el tiempo de permanencia de los tubérculos en las soluciones de fósforo, de 24 a 36 horas.

De acuerdo con los resultados obtenidos, el tratamiento más recomendable, bajo las condiciones del presente ensayo, es la inmersión de tubérculos en una solución de ácido ortofosfórico de 0.5% P durante 36 horas.

Se recomienda continuar este tipo de investigación con otras fuentes, concentraciones más bajas y períodos de imbibición más prolongados.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ARTUNDUAGA, I.R. Absorción de fósforo marcado p^{32} y efecto sobre el rendimiento de otras fuentes no marcadas de fósforo como tratamientos de presiembra en tubérculos brotados de papa. Tesis Magister Scientiae. Bogotá. Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Colombia - Instituto Colombiano Agropecuario 1979 86 p.
2. BAREL, D. and C.A. BLACK. Foliar application of P. I Screening of various inorganic and organic P compounds. Agronomy Journal V. 71 : 15-21 p. 1979.
3. GRUNNER, G. La fertilización de la papa. Bogotá, Ministerio de Agricultura. Departamento Técnico. Boletín Verde No. 17. 1957 47 p.
4. GUERRERO, M.R. Fertilización del cultivo de la papa en la Sabana de Bogotá y Boyacá. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario. Programa Nacional de Suelos. 1968. 21 p.
5. GUERRERO, M.R. La fertilización fosfórica en cultivos de clima frío. Suelos - Ecuatoriales - Colombia. 6: 179 - 224. 1974.
6. JACOB, A. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Madrid. Ed. Española. 1961. 200 p.
7. LORA, R. y A. WIECZORECK. Fertilización de la papa en Colombia. Instituto

Colombiano Agropecuario. Programa Nacional de Tuberosas. El cultivo de la papa. Bogotá, ICA - 1976. pp. 45 - 50.

8. MUNEVAR, F., R. LORA; R. GUERRERO y J. NAVAS. Fertilización de la papa en Cundinamarca y Boyacá. Instituto Colombiano Agropecuario. Programa Nacional de Suelos. Curso sobre Suelos y fertilización. ICA. Bogotá. 1977 pp. 32 - 54.
9. PROGRAMA NACIONAL DE SUELOS. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. La fertilidad de los Suelos Colombianos y las necesidades de fertilizantes. ICA. Bogotá. 1981. 74 p.
10. SMILA. Instituto Central de Investigación Agrícola de la India. How to Economize Fertilizer in cultivation of Potatoes. Journal of Indian Potato Association 1 (1-2) : 55 . 1974 (Resumen).
11. OFICINA DE PLANEAMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO. Colombia. Ministerio de Agricultura. Evaluación Agrícola. 1976 - 1979. OPSA - Bogotá. 1980. 196 p.