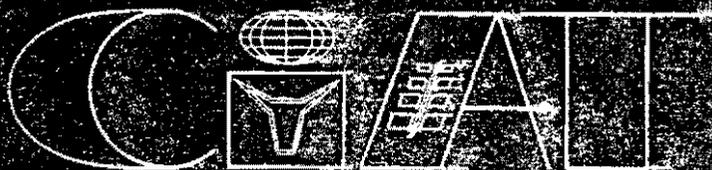


9 FEB. 1983



SEMINARIO
INTERNO

Centro Internacional de Agricultura Tropical

 **CIAT**
14146 c.3
COLECCION HISTORICA

Serie SE-18-80
Noviembre 28, 1980


BIBLIOTECA

50204

EL USO DE ROCAS FOSFORICAS EN EL CULTIVO DE LA YUCA
(Manihot esculenta Crantz)

Luis Fernando Cadavid López ^{1/}

RESUMEN

Aunque la yuca se considera como cultivo rústico, que se adapta bien a suelos ácidos e infértiles y especialmente pobres en fósforo, ha respondido bien a las aplicaciones de este elemento hasta los 100 y 200 kg P_2O_5 /ha utilizando diferentes fuentes, entre ellas las rocas fosfóricas.

En un ensayo de fósforo en Carimagua (Llanos Orientales de Colombia, 1975-1976) y usando cuatro niveles: 0-50-100 y 400 kg P_2O_5 /ha, se emplearon varias rocas fosfóricas para compararlas con Superfosfato triple y Escorias Thomas. Se observó

^{1/} Ingeniero Agrónomo, Asistente I de Investigación, Programa Suelos Yuca, Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali-Colombia.


BIBLIOTECA

.../2

una respuesta positiva hasta los 100 kg P_2O_5 /ha y adicional a los 400 kg P_2O_5 /ha. Entre las rocas extranjeras sobresalieron Carolina del Norte y Gafsa ó Reno, y entre las nacionales, Huila. La roca fosfórica Pesca fue inferior.

Un ensayo en el que también se compararon algunas rocas fosfóricas contra Superfosfato triple - Superfosfato simple - Escorias Thomas, se obtuvo una respuesta positiva a 200 kg P_2O_5 /ha usando Superfosfato triple (24 t/ha). Con roca fosfórica Huila mas azufre (5:1) el rendimiento a este nivel fue similar (22 t/ha), pero cuando la roca se empleó sola, el rendimiento bajó a 19 t/ha. La adición de otros 200 kg P_2O_5 /ha incrementó levemente los rendimientos en cuanto a las rocas se refiere.

En 1977 y en el mismo lugar, se resembró el primer ensayo para observar el efecto residual. Hubo un efecto bastante marcado a la aplicación de 400 kg P_2O_5 /ha residual y anual. Las rocas fosfóricas Huila y Pesca tuvieron similar rendimiento que el Superfosfato triple al nivel de 400 kg P_2O_5 /ha.

En un Inceptisol de Santander de Quilichao (Cauca-Colombia) se sembraron dos ensayos en los que se evaluó la roca fosfórica Huila comparada con Superfosfato triple, Escorias Thomas, Fosfato de Mg fundido y la mezcla Huila mas Superfosfato triple con niveles de 0 a 300 kg P_2O_5 /ha. En el primero y segundo año no hubo respuestas significativas a los niveles ni a las fuentes. Con la roca fosfórica Huila se consiguió un ligero efecto positivo. Se espera evaluar el efecto residual en los años próximos.



BIBLIOTECA
ADQUISICIONES - CANJE
4 DIC. 1980

INTRODUCCION

La yuca es considerada como cultivo rústico y de gran adaptabilidad, especialmente a suelos ácidos e infértiles, pero se ha encontrado que los requerimientos de fósforo para este cultivo son bastante altos si se desea obtener rendimientos óptimos.

La deficiencia de fósforo es frecuente en Oxisoles, Ultisoles e Inceptisoles presentes en los Llanos Orientales y al sur del valle geográfico del río Cauca (Colombia), Campo Cerrado (Brasil), Llanos de Venezuela como también en la mayor parte del Africa tropical y otros lugares del mundo.

Se sabe también de la alta capacidad de fijación del fósforo por estos suelos, lo cual dificulta la absorción de este elemento por la planta, razón por la cual hay que aplicar al suelo cantidades elevadas de fuentes de P solubles para poder así obtener rendimientos aceptables.

En base a estas consideraciones y teniendo en cuenta el alto costo de los fertilizantes fosfatados solubles en agua, se deben buscar fuentes de P mas eficientes que nos permitan maximizar ganancias y minimizar costos, aprovechando el empleo y efecto residual de fuentes fosfóricas de lenta solubilidad y/o mezclas de éstas con fuentes mas solubles.

El objetivo de esta investigación ha sido el de determinar la respuesta de la aplicación de varios niveles de fósforo en yuca, como también el de observar el comportamiento de diferentes fuentes, especialmente el de las rocas fosfóricas y, medir su efecto residual.

REVISION DE LITERATURA

En el trópico, muchos Oxisoles, Ultisoles e Inceptisoles tienen alta fijación de fósforo. Por consiguiente, el contenido de P aprovechable es bajo y se espera que haya algún tipo de respuesta de los cultivos cuando se adiciona al suelo fertilizantes fosfatados.

Vargas, citado por Calvo et al (1975) y Gómez (1978) afirman que cuando a un suelo ácido se aplican compuestos de fósforo solubles en agua, la mayor parte de este P es convertido en formas insolubles en pocos días principalmente por la fijación con hierro y aluminio en su forma de óxidos libres ó disoluciones de minerales arcillosos. Gómez (1978), asegura que a mas soluble en agua el P aplicado, tanto mayor será la rapidez de su fijación y menor el tiempo de su disponibilidad. De ahí que las fuentes de fósforo altamente solubles en agua, no sean recomendables para suelos ácidos con alto contenido de hierro y aluminio.

Sabiendo que gran cantidad del fósforo aplicado como fertilizante es fijado por el suelo en diferentes formas, el conocimiento de este fenómeno es indispensable para saber el uso eficiente de los fertilizantes fosfatados, Lotero citado por Contreras (1979).

Calvo et al (1975) reportaron que con la aplicación de 600 kg P_2O_5 /ha basal en un suelo de Carimagua (Meta), el contenido de fósforo en el suelo sin aplicaciones periódicas del mismo fué de 43 ppm en 1972 y 5 ppm en 1974. Esta disminución se debió en parte a la fijación del fósforo aplicado.

.../5

Howeler (1977) determinó que los suelos de Popayán y Santander de Quilichao (Cauca) en Colombia tienen mas alta capacidad de fijación de P que los suelos de Carimagua en los Llanos Orientales de Colombia. Según CIAT (1977), la fijación es del orden de 620-750 ppm P en Santander de Quilichao y 350 ppm P en Carimagua.

En suelos de Carimagua, Howeler (1974) encontró que la aplicación de 400 kg P_2O_5 /ha en arroz, aumentó el contenido de P en las hojas al mes de sembrado (0.34%) en relación al testigo (0.14%). A los tres meses, los niveles se redujeron a 0.12% y 0.08% respectivamente. Es posible que los suelos hayan fijado tanto P que indujo a la deficiencia aún con altas dosis aplicadas a la siembra.

Benavides, citado por Contreras (1979) encontró que en suelos de los Llanos Orientales de Colombia la materia orgánica fue muy importante en la retención de fósforo.

Bray, citado por Millán y Sanchez (1978) y Marín (1977) estimaron que por lo menos el 20% del P aplicado en los fertilizantes es utilizado en el primer año por los cultivos y el restante es fijado. Este último puede ser asimilable lentamente en los años próximos.

Según León et al (1978), el uso de fertilizantes con alto contenido de P es muy reducido debido en parte a su elevado costo. Si agregamos a esto las limitaciones de suelos deficientes en P, es necesario el empleo de fuentes menos costosas y de efecto residual prolongado. Sánchez (1980) consideró que la fertilización fosfatada de suelos ácidos fijadores de P puede

.../6

ser mas conveniente con fuentes de lenta solubilidad, tales como las rocas fosfóricas ó las Escorias Thomas. Sánchez (1980), y Gómez (1978), agregan que las fuentes de lenta solubilidad pueden ser mas efectivas puesto que en esta forma se disminuye la velocidad de fijación de los fosfatos y su valor residual es mas prolongado que el de fuentes mas solubles.

Según Gómez (1978) se puede, en parte, obviar las dificultades de la baja solubilidad en agua de fuentes de P menos solubles mediante pulverizaciones del producto, aplicación al voleo e incorporación del mismo; mezcla e incorporación con materiales que aumentan su solubilidad, como materia orgánica y azufre.

Mortvedt (1974) afirma que la aplicación al voleo de materiales de baja solubilidad en agua, caso de las rocas fosfóricas, es mas efectiva que en banda y, en especial, cuando este material está finamente molido.

Según Thompson (1965), el fosfato natural no es efectivo a pH mayores de 7.5. Se obtienen buenos resultados en suelos moderadamente ácidos. El mismo autor (1965) y basándose en datos de Illinois (1945) asegura que la roca fosfórica dará mayores resultados en un suelo no tratado con cal, aunque ello no signifique que al suelo no se le pueda agregar este correctivo. Frye y Barros (1979) confirman esto, al decir que la roca fosfórica de Tesalia-Huila fue la fuente mas eficiente de fósforo no habiendo aplicado cal al suelo en un ensayo de campo y en un suelo de vega de los Llanos Orientales de Colombia, usando como cultivo indicador el algodón.

Howeler (1974) encontró en un ensayo de campo en Carimagua

.../7

(Meta), con arroz de riego y empleando varios niveles y fuentes de P, que las mejores fuentes fueron Superfosfato triple y roca fosfórica Carolina del Norte. La roca fosfórica Boyacá (Fosfórica-22) y Huila (Fosfoquín) estuvieron muy mal debido en parte a que estas rocas actúan bien en suelos ácidos, pero las condiciones de inundación del lote a las 6-8 semanas elevaron el pH a 6.5.

Con la variedad de arroz de secano Colombia 1 y en un suelo de Carimagua (Meta), Cadavid (1974) encontró respuesta significativa a las aplicaciones de 50 y 100 kg P_2O_5 /ha al comparar varias fuentes y niveles de P, las mejores fuentes fueron: Escorias Thomas y roca fosfórica Huila.

Con Brachiaria decumbens y en un suelo de Carimagua (Meta), las aplicaciones altas de roca fosfórica Huila (400 kg P_2O_5 /ha) elevaron el contenido de calcio intercambiable en el suelo y se redujo el porcentaje de saturación de aluminio de 85% a 72% (CIAT, 1977). León et al (1978) confirmaron este resultado pues encontraron que al aplicar roca fosfórica de Turmequé y Huila a un suelo ácido, se notó un ligero aumento en el contenido de calcio intercambiable del suelo y una tendencia a disminuir el aluminio intercambiable. Millán y Sánchez (1978) hallaron lo mismo.

El uso directo de roca fosfórica Turmequé molida es promisorio en suelos ácidos para pastos Pangola, Trenza, Elefante, Angletón, Paria, Kikuyo y avena forrajera (Mojica, 1979) también, es promisorio en cultivos de período vegetativo corto como papa y maíz, cuando se usa en dosis altas (mas de 2 t/ha).

.../8

Gómez (1978), afirma que en cultivos de período vegetativo largo o perennes, es mejor el efecto de las fuentes fosfatadas de baja solubilidad en agua.

En un ensayo con avena forrajera realizado en un suelo ácido de Santa Rosa de Viterbo (Boyacá) y con 32.8 ppm de P, la avena respondió a las aplicaciones de P en forma de Superfosfato triple, de Escorias Thomas y de roca fosfórica, según lo encontrado por León et al (1978). Los mismos autores señalan que la roca fosfórica fué inferior al Superfosfato triple en la primera cosecha, pero en la segunda la roca resultó superior.

Michielin et al (1974) al trabajar con cuatro gramíneas forrajeras encontraron que había una tendencia general en el aumento de los rendimientos cuando a las rocas fosfóricas se les agregó Superfosfato triple a razón de 20 kg P_2O_5 /ha.

Millán y Sánchez (1978) encontraron que al aplicar en un suelo ácido roca fosfórica mezclada con fosfatos solubles se incrementó el fósforo aprovechable del suelo y la producción de materia seca de Panicum maximum L., confirmando lo encontrado por Michielin et al (1974), Sánchez (1980), León (1979) y Ramírez (1980).

Hanke (1974) al trabajar con mezcla de roca fosfórica Turmequé y estiércol de vaca, encontró que la roca se solubilizó y produjo así buenas cosechas en calidad y cantidad en la región del Chicamocha (Santander del Sur).

Al trabajar con cebada, Hanke (1979) encontró que en los tratamientos de estiércol mezclado con roca fosfórica se obtu-

.../9

vo una mayor cosecha y con mejor calidad de grano que en los testigos y en las parcelas con fertilizantes comerciales. En las parcelas sin estiércol, se fijó una gran cantidad de P aplicado. Estos resultados se obtuvieron en la granja Turbatá en Boyacá.

León et al (1978) encontraron que en suelos fuertemente ácidos y deficientes en P casi todos los cultivos han mostrado algún grado de respuesta a la roca fosfórica. Howeler (1974 y 1977) afirma lo mismo, agregando que la tolerancia de la yuca a la acidez del suelo resulta en una mejor respuesta a las aplicaciones de roca fosfórica en suelos ácidos, donde estas fuentes tienen su mayor disponibilidad.

Experiencias en invernadero realizadas por Rodríguez y Lotero (1967) indicaron que para los suelos negros de Antioquia la roca fosfórica produjo los mas bajos rendimientos en lechuga romana. Esta falta de respuesta positiva lo confirman Sánchez (1980), Mojica (1979) y León (1979) al afirmar que la eficiencia de una roca fosfórica como fertilizante varía con el tipo de depósito natural, características de la roca, tamaño de las partículas, finura del producto molido, su contenido de P_2O_5 , las propiedades del suelo, la solubilidad de la roca en agua y/o citrato, del nivel de P_2O_5 a aplicar, del clima y la clase de cultivo a establecer. Dicha eficiencia se refleja en el tipo de respuesta y en la absorción del elemento por la planta.

MATERIALES Y METODOS

Los ensayos se localizaron en dos tipos de suelos, un Oxisol de Carimagua en los Llanos Orientales y un Inceptisol de Santander de Quilichao al sur del valle geográfico del río Cauca con las características observadas en la Tabla 1. Suelos extremadamente ácidos, de baja fertilidad, deficientes en fósforo, contenidos altos de hierro y aluminio. Textura, Franco arcillosa en Carimagua y Arcillosa en Santander de Quilichao con predominio de arcillas tipo 1:1 como la Caolinita.

ENSAYOS LOCALIZADOS EN CARIMAGUA - META

Ensayo 1.- Fósforo - Niveles por fuentes. Efecto residual

En 1973-A, en un ensayo de arroz de secano usando tres variedades (IR-5, Blue Bonnet 50 y Colombia 1) se realizó un ensayo de P. Se aplicaron cinco niveles: 0-25-50-100 y 200 kg P_2O_5 /ha. Se usaron como fuentes: Superfosfato triple, Escorias Thomas, rocas fosfóricas de Florida Norte, Tennessee Huila y Turmequé (Boyacá). Como fertilización constante se aplicaron 2 t/ha de cal agrícola como también N, K y Mg.

En 1974-A aprovechando el efecto residual de las fuentes se sembró yuca, variedad Llanera. Se fertilizó con 100 kg N/ha como úrea, 200 kg K_2O /ha como K_2SO_4 . Se reaplicó Superfosfato triple a una de las parcelas testigo. Se cosechó a los 10 y 12 meses.

.../11

Ensayo 2.- Fuentes y niveles de Fósforo - 1975-B

Se aplicaron cinco niveles de P: 0-50-100-200 y 400 kg P_2O_5 /ha usando como fuentes: Superfosfato triple, Superfosfato simple, Fosfato de Mg fundido y Escorias Thomas en banda; Escorias Thomas al voleo. La roca fosfórica Huila se aplicó al voleo, tanto sola y en distintas combinaciones (20% acidulada, mezclada con azufre). Fertilización constante: 1/2 t cal dolomítica/ha, 100 kg N/ha como úrea, 200 kg K_2O /ha como K_2SO_4 y KCl, 10 kg Zn/ha como sulfato de zinc. Se sembró Llanera como variedad indicadora y se cosechó a los 12 meses.

Ensayo 3.- Fuentes por dosis de fósforo - 1975-B efecto residual a largo plazo

En 1975-B, Lawrence Hammond^{1/} estableció un ensayo como tesis de grado sobre el uso de rocas fosfóricas en yuca. Se aplicaron cuatro niveles de P: 0-50-100 y 400 kg P_2O_5 /ha. Las fuentes de P fueron: roca fosfórica Huila, Pesca, Gafsa ó Reno, Tennessee, Florida Central, Carolina del Norte, Escorias Thomas y Superfosfato triple con aplicación anual de SFT. Se fertilizó con 1/2 t cal dolomítica/ha, 100 kg N/ha como úrea, 200 kg K_2O /ha como K_2SO_4 y KCl, 10 kg Zn/ha como sulfato de zinc. En los dos primeros años se sembró Llanera y en los dos últimos la variedad M Col 638. En cada caso se cosechó al año. El ensayo tuvo una duración de cuatro años consecutivos.

^{1/} Coordinador Proyecto Fósforo, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Apartado Aéreo 6713.

ENSAYOS LOCALIZADOS EN SANTANDER DE QUILICHAO - CAUCA

Ensayo 1.- Métodos y fuentes de aplicación de fósforo

En 1978-B se aplicaron niveles de 100-200-y 300 kg P_2O_5 /ha. Como fuentes: Superfosfato triple, Escorias Thomas, Fosfato de Mg fundido, roca fosfórica Huila y sus combinaciones (Huila 10 y 20% acidulada, Huila + S, mezcla de Huila con Superfosfato triple y aplicación de Huila + SFT). Fertilización constante: 1/2 t cal dolomítica/ha, 100 kg N/ha como úrea, 75 kg K_2O /ha como KCl, 10 kg Zn/ha como sulfato de zinc y 1 kg B/ha como Bórax. Variedad Llanera, cosechada a los 12 meses.

En 1979-B se repitió el ensayo, pero sin aplicaciones de P a excepción de una aplicación anual de 300 kg P_2O_5 /ha. Como variedad fué sembrada la M Col 1684. Se cosechó a los 12 meses.

Ensayo 2.- Efecto de niveles y portadores de fósforo en el crecimiento de la yuca. 1978-B - 1979-B

Como fuentes se aplicaron: Superfosfato triple, Fosfato de Mg fundido, roca fosfórica Huila 20% acidulada granulada y no granulada, Huila + SFT y Huila mezclada con SFT. Los niveles fueron: 0-100-200 y 300 kg P_2O_5 /ha. Fertilización constante: 1/2 t/ha cal dolomítica, 20 kg de azufre/ha como S elemental, 100 kg N/ha como úrea, 75 kg K_2O /ha como KCl 10 kg Zn/ha como sulfato de zinc y 1 kg B/ha como Bórax. En el primer año se sembró la variedad Llanera y en el segundo, M Col 1684. Se cosechó en cada año a los 12 meses.

RESULTADOS Y DISCUSION

ENSAYOS CARIMAGUA - META

Ensayo 1.- Aunque el ensayo tuvo un fuerte ataque de Bacteriosis, que se agudizó desde los tres meses después de la siembra, se observó alguna respuesta a los niveles 25 y 50 kg P_2O_5 /ha y a las fuentes como se aprecia en la Fig.1. Con 100 y 200 kg P_2O_5 /ha los rendimientos decrecieron posiblemente por acción de la Bacteriosis donde su severidad fué mas notoria.

En la Figura 2 se observa la respuesta de la variedad Llana (segunda siembra) al efecto residual de las aplicaciones y fuentes de P. Solo hubo ligera respuesta hasta los 50 kg P_2O_5 /ha. Con niveles mayores, la respuesta fué nula e inclusive negativa para ciertas fuentes. En general, la roca fosfórica Boyacá tuvo mayor efecto residual con una producción promedio de 8.6 t/ha pero por encima de 25 kg P_2O_5 /ha no hubo respuesta significativa. Con roca fosfórica Huila la yuca respondió hasta el nivel de 50 kg P_2O_5 /ha; con niveles mayores la respuesta fué negativa. Con 50 kg P_2O_5 /ha y superfosfato triple re-aplicado se consiguió el máximo rendimiento (9.4 t/ha).

Ensayo 2.- En cuanto al crecimiento de la planta, la respuesta de la yuca a las aplicaciones de P fué bastante notoria hasta los 200 kg P_2O_5 /ha; con 400 kg P_2O_5 /ha fué menor. En las figuras 3 y 4 se observa el efecto de las fuentes y aplicaciones de P sobre la concentración de este elemento en las hojas de yuca a los tres y cinco meses después de la siembra. Se

observa que sin P, la concentración en las hojas a los tres meses fué inferior al nivel crítico (0.4% según Asher et al (1930) pero todavía en el rango normal (0.3 - 0.5%), por lo que no se veían síntomas claros de deficiencias de fósforo. Entre fuentes y niveles las diferencias no fueron muy notorias. A los cinco meses después de siembra se observaron síntomas visuales de deficiencia en el tratamiento sin P (<0.2%) y con Escorias Thomas aplicada en banda. En general, en cuanto a la producción de raíces, hubo buena respuesta a las aplicaciones de P hasta los 400 kg P_2O_5 /ha; las Escorias Thomas aplicadas al voleo fue la fuente de mejor comportamiento. En la Fig.5 se observa la respuesta de la yuca a las aplicaciones de P y a diferentes fuentes a los doce meses después de siembra.

El mayor rendimiento fué de 25.2 t/ha al nivel de 400 kg P_2O_5 /ha y con Escorias Thomas al voleo. En la tabla 2 se observa el aumento de los rendimientos promedio desde 6.5 t/ha sin P hasta 12.9, 16.6, 18.4 y 20.1 t/ha para los niveles 50-100-200 y 400 kg P_2O_5 /ha respectivamente.

Las mejores fuentes fueron Escorias Thomas al voleo, superfosfato triple, roca fosfórica Huila + S y roca fosfórica Huila 20% acidulada. La roca fosfórica Huila respondió marcadamente hasta los 200 kg P_2O_5 /ha como se observa en la Fig.5. Superfosfato triple y Escorias Thomas al voleo tuvieron similar comportamiento. La respuesta a niveles mayores fué menos notoria. Las aplicaciones de Escorias Thomas en banda y Fosfato de lig fundido no fueron tan efectivas y su respuesta no fué significativa estadísticamente como se puede apreciar en la Figura 5.

En general, las mejores fuentes fueron: Escorias Thomas-voleo >Superfosfato triplé = roca fosfórica Huila + S >roca fosfórica Huila 20% acidulada >roca fosfórica Huila.

En la Tabla 3 se observa como las aplicaciones de P y las diferentes fuentes influyeron en el contenido de P en el suelo (Bray II) a los trece meses después de aplicadas las fuentes de fósforo. En general, las fuentes de P aplicadas en banda no tuvieron mucho efecto sobre el nivel de P en el suelo, parcialmente porque han reaccionado con solo una pequeña parte del suelo.

Con las aplicaciones de P como superfosfato triple y superfosfato simple, el P del suelo no tuvo variaciones significativas. Con Escorias Thomas en banda y Fosfato de Mg fundido, el efecto del P aplicado fue mejor, especialmente con altas aplicaciones (400 kg P_2O_5 /ha). Con la roca fosfórica Huila sola, con azufre y acidulada, como también con las Escorias Thomas al voleo, el efecto del fósforo aplicado incidió positivamente en el P aprovechable del suelo y se observó una respuesta altamente significativa como puede verse en la Tabla 3. La roca fosfórica Huila fué la mas efectiva en aumentar el P del suelo (15.7 ppm con relación de 1.7 ppm del testigo).

Ensayo 3.- La Tabla 4 muestra que en el primer año, los rendimientos promedio aumentaron desde 7.5 t/ha sin aplicación de P hasta 21 t/ha con aplicaciones de 400 kg P_2O_5 /ha. En el segundo año, los rendimientos promedio decrecieron en comparación al primer año, pero se observó un incremento bastante notorio

.../16

hasta los 400 kg P_2O_5 /ha ya que los rendimientos promedio aumentaron desde 2.4 sin P hasta 5.9, 10.5 y 17.1 t/ha con aplicaciones de 50-100-y 400 kg P_2O_5 /ha respectivamente. En el tercero y cuarto año y con la variedad M Col 638 se observó cierta respuesta pero no significativa como puede verse en la Tabla 4 y en la Figura 6.

La Figura 7 muestra la respuesta de la yuca en el primer año a las aplicaciones de P como superfosfato triple, Escorias Thomas y algunas rocas nacionales y extranjeras. Los mayores rendimientos se obtuvieron con superfosfato triple (20.3 t/ha) y Escorias Thomas (20.3 t/ha) aunque no hubo diferencias significativas entre ellas. Las rocas fosfóricas de Gafsa ó Reno y Carolina del Norte tuvieron un rendimiento intermedio pero no significativo entre sí mientras que las rocas fosfóricas Pesca, Huila y Florida del Norte rindieron menos y su comportamiento fué similar. Se observó una respuesta bastante marcada hasta los 100 kg P_2O_5 /ha pero con 400 kg P_2O_5 /ha la respuesta fué menor en todas las fuentes.

En el segundo año, el superfosfato triple reaplicado tuvo mayor rendimiento (21.9 t/ha) al nivel de 400 kg P_2O_5 /ha, pero las Escorias Thomas tuvieron el mayor efecto residual. La respuesta de la yuca a las aplicaciones y fuentes de P fué bastante marcada y significativa como puede apreciarse en la Fig.8. No hubo diferencias significativas entre las rocas fosfóricas de Pesca y Huila.

Para el tercer año y con la variedad M Col 638, la respuesta no fué significativa entre los niveles ni entre las fuentes.

.../17

Superfosfato triple reaplicado tuvo el rendimiento más alto (17 t/ha) con 100 kg P_2O_5 /ha como se observa en la Fig.9. El efecto residual del superfosfato triple fue similar al del año anterior (10.7 y 10.2 t/ha respectivamente). Las rocas fosfóricas Huila y Pesca tuvieron similar efecto residual. El efecto de las rocas aumentó con relación al año anterior mientras que Escorijas Thomas disminuyó, pero con la aplicación de 400 kg P_2O_5 /ha los rendimientos en todas las fuentes bajaron en comparación con el año anterior.(Tabla 4).

La Figura 10 muestra que en el cuarto año, la aplicación anual de superfosfato triple no fué significativamente mejor que el efecto residual de SFT ú otras fuentes. Aunque los rendimientos promedio fueron mayores al del año anterior, tampoco hubo diferencias significativas entre las fuentes.

.ENSAYOS EN SANTANDER DE QUILICHAO

En los dos años, la respuesta a las aplicaciones de P y a las fuentes no fue significativa.

Debido a problemas de alta fijación de P (620-750 ppm), un porcentaje elevado de materia orgánica (7-9%) en estos suelos como también a la alta infección de micorrizas naturales del suelo en las parcelas sin P y en los tratamientos con bajos niveles de P, especialmente con las fuentes mas solubles, la respuesta a las aplicaciones y fuentes de P fué poca, como se puede apreciar en la Tabla 5.

En el primer año (1978) y con la variedad Llanera las aplicaciones de P como superfosfato triple al voleo tuvieron

un efecto negativo sobre la producción de raíces frescas. Fosfato de Mg fundido, roca fosfórica Huila 20% acidulada no granulada y granulada y las mezclas de roca + SFT tuvieron un efecto ligeramente negativo sobre la producción.

En el segundo año (1979) y con la variedad M Col 1684 no hubo diferencias significativas entre las fuentes ni entre los niveles ni el método de colocación del abono como puede verse en la Tabla 5.

Al observar el efecto de las fuentes sobre el contenido de P en el suelo al año de aplicado el fertilizante, se observa que todas las fuentes tuvieron un efecto marcado sobre el contenido de P (ppm) del suelo. De 3ppm inicial aumentó en promedio a 16 ppm al contenido de P en el suelo siendo roca fosfórica Huila la que mas contribuyó al aporte de P al suelo (28 ppm para el ensayo 1 y 27 ppm para el ensayo 2).

La concentración de P en las hojas a los 3 meses siempre fué superior (con la variedad Llanera) con las fuentes en relación al testigo (0.36%). Roca fosfórica Huila presentó la concentración más alta (0.42 ppm). La concentración de Zn en las hojas de yuca a los tres meses y con la misma variedad descendió marcadamente con las aplicaciones y fuentes de P. El nivel más depresivo fue el de 300 kg P_2O_5 /ha (94 ppm en el testigo hasta 65 ppm para el promedio del nivel alto de P_2O_5).

CONCLUSIONES

En suelos de Carimagua, la yuca respondió muy bien a las aplicaciones de roca fosfórica, pero en los de Santander de Quilichao no hubo mucha respuesta.

Aunque se presentó respuesta hasta los 400 kg P_2O_5 /ha, fué notoria la alta respuesta a la aplicación de 200 kg P_2O_5 /ha siendo inferior a niveles mayores.

La aplicación anual de fosfatos mas solubles, como del superfosfato triple, es necesaria como complemento nutricional por su rápida disponibilidad de P en los primeros meses de crecimiento. Esta fuente soluble se debe aplicar en banda y en dosis bajas (100 kg P_2O_5 /ha) y tal vez por pocos años. Se debe entonces, aprovechar el efecto residual de fuentes menos solubles, caso de las rocas fosfóricas y/o Escorias Thomas.

Las rocas fosfóricas pueden aplicarse a niveles altos y en combinación y/o mezclada con fosfatos solubles.

Las aplicaciones de SFT al voleo, Escorias Thomas en banda, superfosfato simple y fosfato de Mg fundido fueron menos efectivas que aplicaciones de superfosfato triple en banda, Escorias Thomas-voleo, y algunas rocas fosfóricas, entre ellas, la roca fosfórica Huila.

Algunas rocas fosfóricas de procedencia extranjera han dado buenos resultados especialmente la roca fosfórica Carolina del Norte, pero por su poca disponibilidad en el mercado nacional, es necesario utilizar las rocas de procedencia nacional como las rocas fosfóricas Huila, Pesca, Boyacá.

El efecto residual de las rocas fosfóricas Huila y Pesca

.../20

fue similar al de Escorias Thomas y superior al de superfosfato triple.

Entre las rocas fosfóricas nacionales, la roca Huila se comportó mejor. Se encontró que con aplicaciones de roca fosfórica Huila + S, Huila 20% acidulada no granulada, Huila + SFT, se consiguieron buenos rendimientos.

También se comprobó que los fosfatos de lenta solubilidad son mas adecuados para cultivos de crecimiento lento y/o perennes, especialmente los cultivos que soportan los suelos ácidos como es el cultivo de la yuca.

TABLA 1 CARACTERISTICAS QUIMICAS Y LA TEXTURA
 DE LOS SUELOS DE CARIMAGUA Y SANTANDER
 DE QUILICHAO

CARACTERISTICAS	CARIMAGUA	SANTANDER DE QUILICHAO
PH	4,50	4,10
M.O,% (0-20 cm)	5,00	8,20
P PPM (BRAY II)	3,00	1,80
C.I.C. MEQ/100 GR.	4,50	4,20
AL ⁺⁺⁺ MEQ/100 GR.	3,50	2,70
CA ⁺⁺⁺ MEQ/100 GR.	0,50	0,65
Mg ⁺⁺ MEQ/100 GR.	0,30	0,49
K ⁺ MEQ/100 GR.	0,08	0,35
% SATURACION AL	80,00	64,30
TEXTURA	FRANCO ARCILLOSO	ARCILLOSO

ARCILLAS PREDOMINANTES 1:1 TIPO CAOLINITA

TABLA 2. Efecto de las aplicaciones y fuentes de P sobre la producción (Rendimiento en ton/ha) - A los 12 meses de edad. Carimagua 1976

FUENTES	Niveles de P_2O_5 en kg/ha					\bar{X}_n
	0*	50	100	200	400	
TESTIGO	6.5	----	----	----	----	6.5
SFT en Banda	----	13.9	19.8	23.7	22.3	19.9
SFS en Banda	----	10.8	13.7	19.0	22.2	16.4
FMF en Banda	----	8.2	13.1	11.2	13.7	11.6
Escorias Thomas-Banda	----	10.9	10.9	11.9	13.8	11.9
Escorias Thomas-Voleo	----	16.1	19.8	20.9	25.2	20.5
R.F.Huila 20% acid-V	----	14.4	18.4	19.6	22.2	18.7
R.F.Huila + S Voleo	----	15.7	19.7	21.6	21.3	19.7
R.F.Huila - Voleo	----	13.0	17.4	18.9	19.5	17.2
PROMEDIO TRATAMIENTOS	6.5	12.9	16.6	18.4	20.1	

* Promedio de dos testigos

TABLA 3 CONTENIDO DE P (PPM) EN UN SUELO DE CARIMAGUA A LOS 13 MESES DESPUES DE APLICADAS LAS FUENTES DE P.

No.	TRATAMIENTOS	NIVELES P ₂ O ₅ EN KG/HA					\bar{x} 4 NIVELES
		0	50	100	200	400	
1	TESTIGO	1,7	---	---	---	---	1,7
2	SUPERFOSFATO TRIPLE-BANDA	---	1,6	2,6	3,0	3,6	2,7
3	SUPERFOSFATO SIMPLE-BANDA	---	1,7	4,6	3,7	3,0	3,3
4	FOSFATO DE Mg FUNDIDO-BANDA	---	2,3	2,3	3,1	23,7	7,9
5	ESCORIAS THOMAS-BANDA	---	3,7	2,0	5,9	14,6	6,6
6	ESCORIAS THOMAS-VOLEO	---	2,5	6,3	12,3	31,1	13,1
7	R.F. HUILA 20% ACIDULADA-VOLEO	---	4,2	4,9	7,7	40,6	14,4
8	R.F. HUILA + S-VOLEO	---	3,7	4,2	9,6	28,3	11,5
9	R.F. HUILA - VOLEO	---	3,1	12,1	21,8	25,7	15,7
\bar{x}_t	PROMEDIO TRATAMIENTOS	1,7	2,9	4,9	8,4	21,3	

TABLE 4. Respuesta de la yuca a las aplicaciones de P y a distintas fuentes durante cuatro ciclos de producción en Carimagua - 1975 - 1979

RENDIMIENTO EN TON/HA

CICLOS	I AÑO 1975 - 1976					II AÑO 1976 - 1977					III AÑO 1977 - 1978					IV AÑO 1978 - 1979				
	Kg P ₂ O ₅ /Ha				\bar{X}_n	Kg P ₂ O ₅ /Ha				\bar{X}_n	Kg P ₂ O ₅ /Ha				\bar{X}_n	Kg P ₂ O ₅ /Ha				\bar{X}_n
	0	50	100	400		0	50	100	400		0	50	100	400		0	50	100	400	
HULLA	---	14.5	16.5	18.3	16.4	---	2.6	8.3	14.2	8.4	---	5.8	9.6	13.8	9.7	---	8.3	11.1	11.8	10.4
PESCA	---	12.2	16.4	19.7	16.1	---	2.6	10.5	14.8	9.2	---	7.9	12.3	12.9	11.0	---	8.5	11.5	12.6	10.9
ZENO	---	15.5	19.3	20.1	18.3	---	*	*	*	*	---	7.0	7.5	13.9	9.5	---	8.9	10.8	11.9	9.5
TENNESSEE	---	15.3	13.5	18.8	15.9	---	*	*	*	*	---	7.6	8.0	10.1	8.6	---	8.9	10.0	11.5	10.1
FLORIDA NORTE	---	12.6	16.4	21.2	16.7	---	*	*	*	*	---	7.8	10.1	17.9	11.9	---	9.2	9.3	13.5	10.7
CAROLINA NORTE	---	13.8	19.1	21.1	18.0	---	2.6	7.7	17.1	9.1	---	7.7	7.9	12.4	9.3	---	8.8	12.2	13.2	11.4
PROFITAS THOMAS	---	15.7	20.3	24.8	20.3	---	8.1	9.7	19.5	12.4	---	6.4	11.0	11.8	9.7	---	9.5	11.5	11.6	10.9
OPT	---	16.8	22.3	22.2	20.4	---	5.9	10.8	15.4	11.7	---	7.2	10.9	12.5	10.2	---	9.2	11.3	10.4	10.8
OPT ANUAL	---	15.9	21.7	22.6	20.1	---	13.7	15.7	21.9	17.1	---	13.9	16.6	13.4	14.6	---	11.5	11.0	11.4	11.3
SIN P	7.5	---	---	---	7.5	2.4	---	---	---	2.4	6.3	---	---	---	6.3	8.0	---	---	---	8.0
PROMEDIO TRATAMIENTOS	7.5	14.7	18.4	21.0		2.4	5.9	10.5	17.1		6.3	7.9	10.4	13.2		8.0	9.2	11.0	11.7	

* Datos perdidos

TABLA 5 EFECTO DE LAS APLICACIONES Y FUENTES DE P SOBRE
 LA PRODUCCION DE YUCA (RENDIMIENTO EN T/HA) A
 LOS 12 MESES DE EDAD, SANTANDER DE QUILICHAO
 1978-1979.

KG P ₂ O ₅ /HA	TRATAMIENTOS	1978	1979
		LLANERA	M. COL 1684
0	FOSFORO	23.9	47.7
100	SUPERFOSFATO TRIPLE-BANDA	24.4	49.8
200	SUPERFOSFATO TRIPLE-BANDA	24.0	51.3
300	SUPERFOSFATO TRIPLE-BANDA	23.1	44.4
100	SUPERFOSFATO TRIPLE-VOLEO	17.1	46.2
200	SUPERFOSFATO TRIPLE-VOLEO	17.7	44.0
300	SUPERFOSFATO TRIPLE-VOLEO	20.5	50.6
300	SUPERFOSFATO TRIPLE REAPLICADO-BANDA	----	46.1
100	FOSFATO DE Mg FUNDIDO-VOLEO	21.7	47.6
200	FOSFATO DE Mg FUNDIDO-VOLEO	17.0	50.1
300	FOSFATO DE Mg FUNDIDO-VOLEO	21.9	47.3
300	ROCA FOSFORICA HUILA-VOLEO	22.8	49.8
300	ROCA FOSFORICA HUILA 10% ACID.-VOLEO	23.8	45.4
200	R.F. HUILA 20% ACIDUL.-NO GRANULADA	18.3	46.3
300	R.F. HUILA 20% ACIDUL.-NO GRANULADA	20.1	46.8
200	R.F. HUILA 20% ACIDUL.-GRANULADA	19.8	42.3
300	R.F. HUILA 20% ACIDUL.-GRANULADA	19.3	48.7
300	R.F. HUILA 20% ACIDUL.-NO GRANULADA*	20.3	48.1
300	R.F. HUILA + S - VOLEO	22.9	47.8
300	R.F. HUILA-VOLEO (200)+SFT BANDA(100)*	23.2	50.9
300	R.F. HUILA-VOLEO (150)+SFT BANDA(150)*	20.4	41.6
300	MEZCLA DE R.F. HUILA (100) Y SFT (100)*	23.0	45.4
300	50% R.F. HUILA + 50% SFT-BANDA	21.9	50.5
100	50%-50% MEZCLA DE SFT Y R.F. HUILA	20.0	51.6
200	50%-50% MEZCLA DE SFT Y R.F. HUILA	20.1	46.7
300	50%-50% MEZCLA DE SFT Y R.F. HUILA	17.2	45.6
300	ESCORIAS THOMAS-VOLEO	24.1	45.0

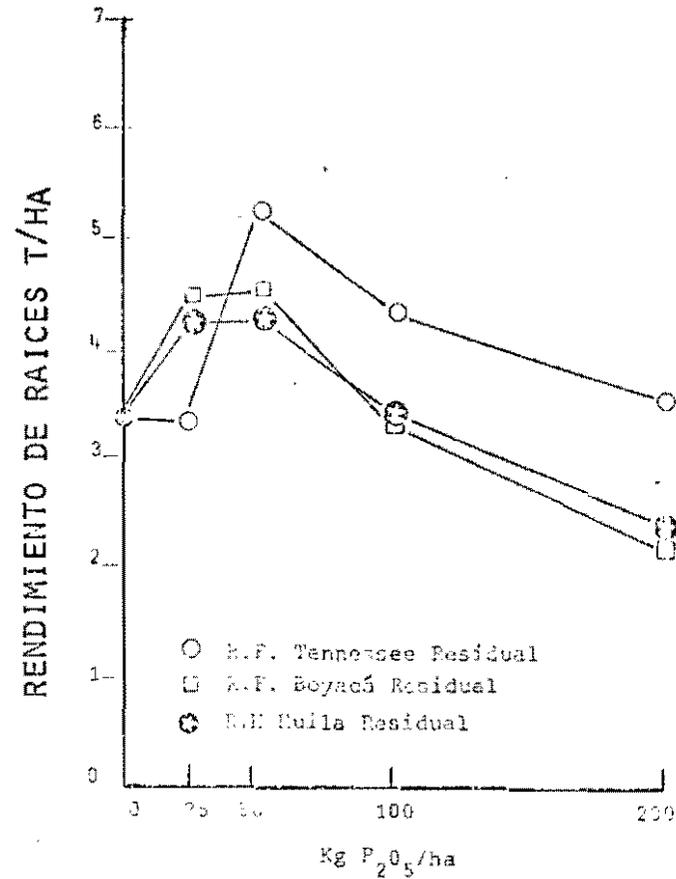
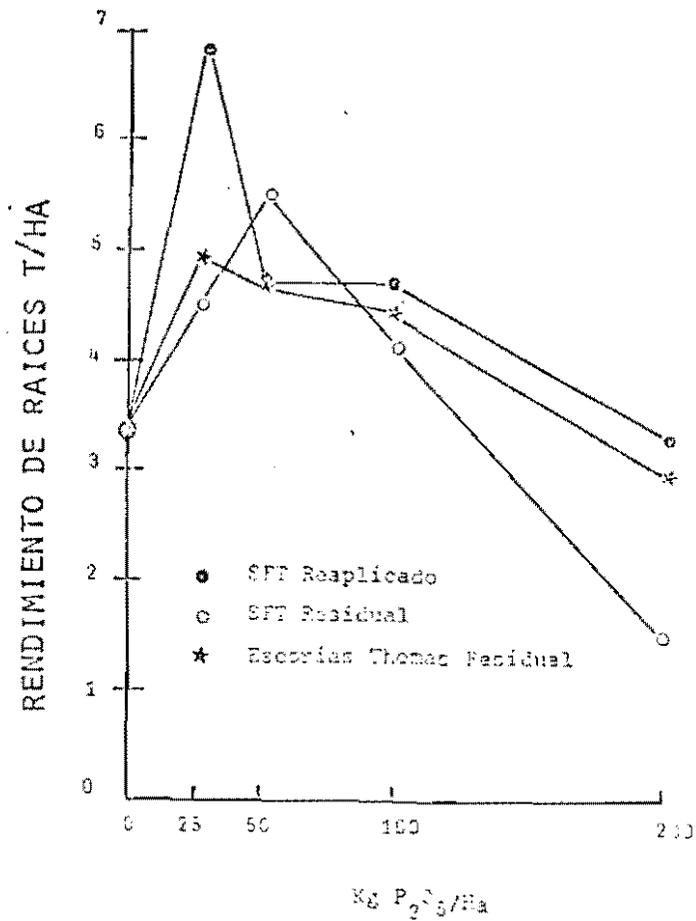


FIGURA 1. RESPUESTA DE LA VARIEDAD LLANERA A VARIOS NIVELES Y FUENTES DE P COSECHADA A LOS 10 MESES DESPUES DE LA SIEMBRA EN CARIMAGUA, 1974-1975.

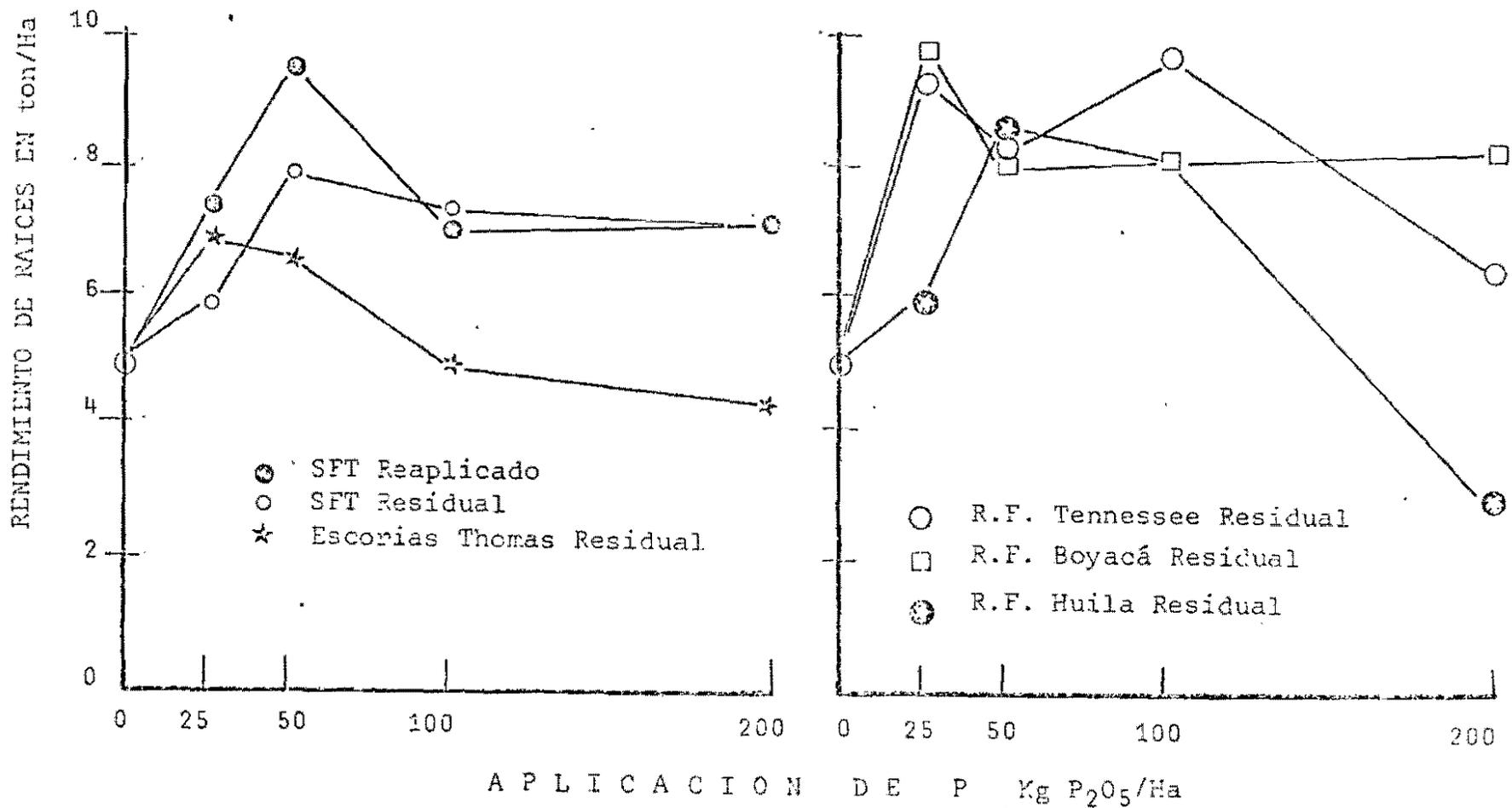


FIGURA 2. Respuesta de la variedad Llanera a niveles y fuentes de P (efecto residual a los 12 meses después de siembra), en Carimagua, 1974-1975

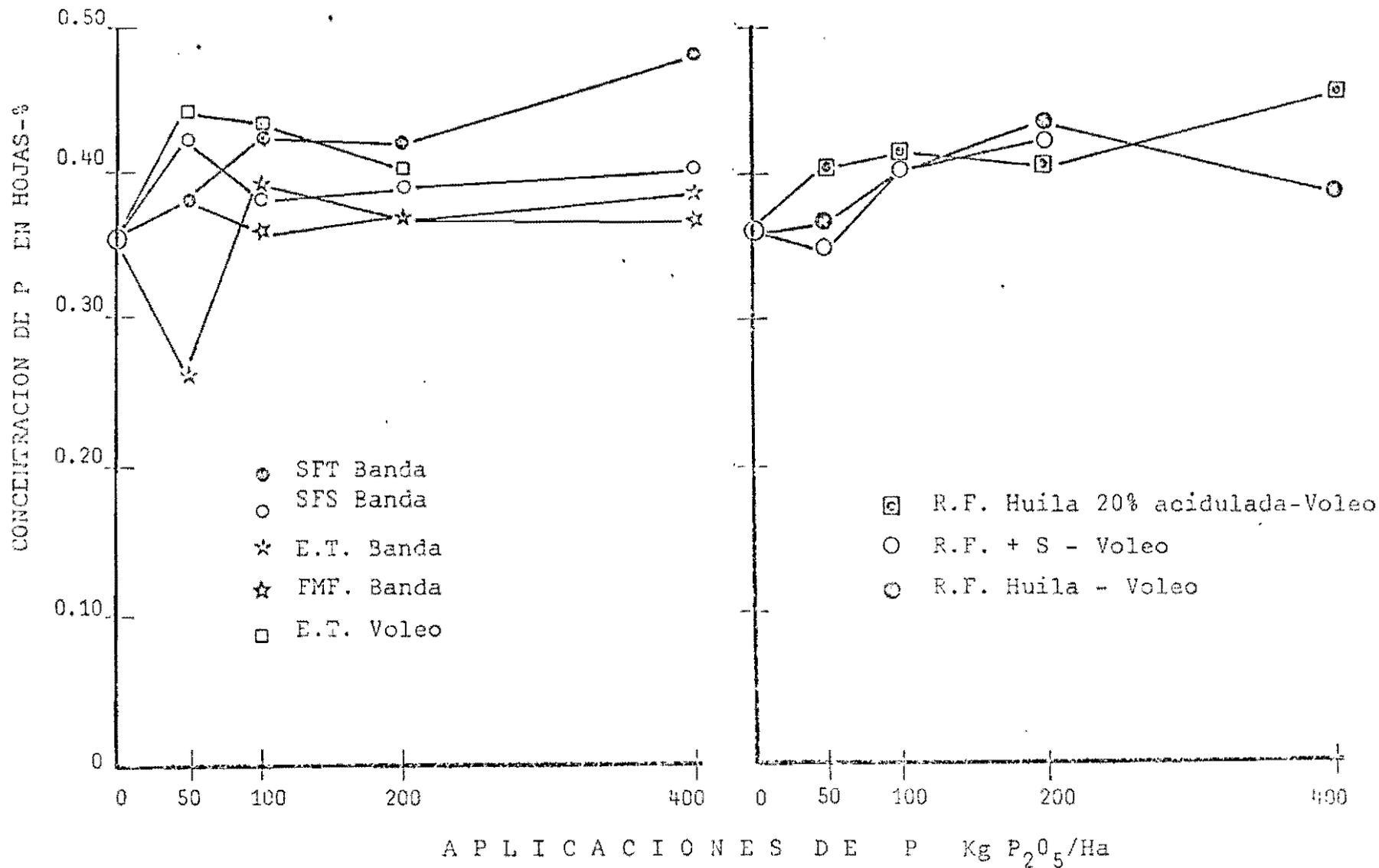


FIGURA 3. Efecto de los niveles y fuentes de P sobre la concentración (%) de P en hojas superiores de yuca a los tres meses de edad. Carimagua, 1975-1976

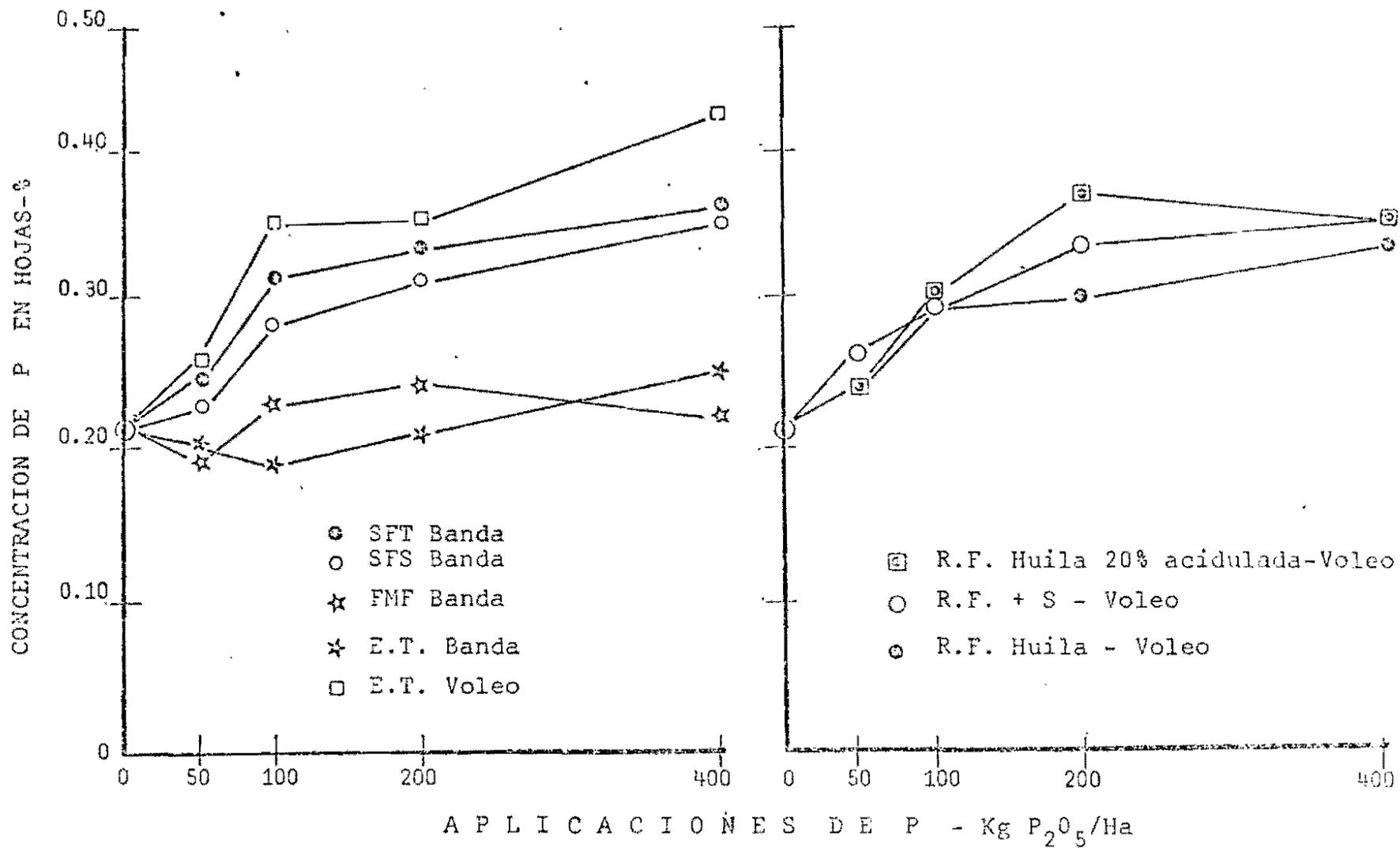


FIGURA 4. Efecto de los niveles y fuentes de P sobre la concentración de P (%) en hojas superiores de yuca a los 5 meses de edad. Carimagua, 1975-1976

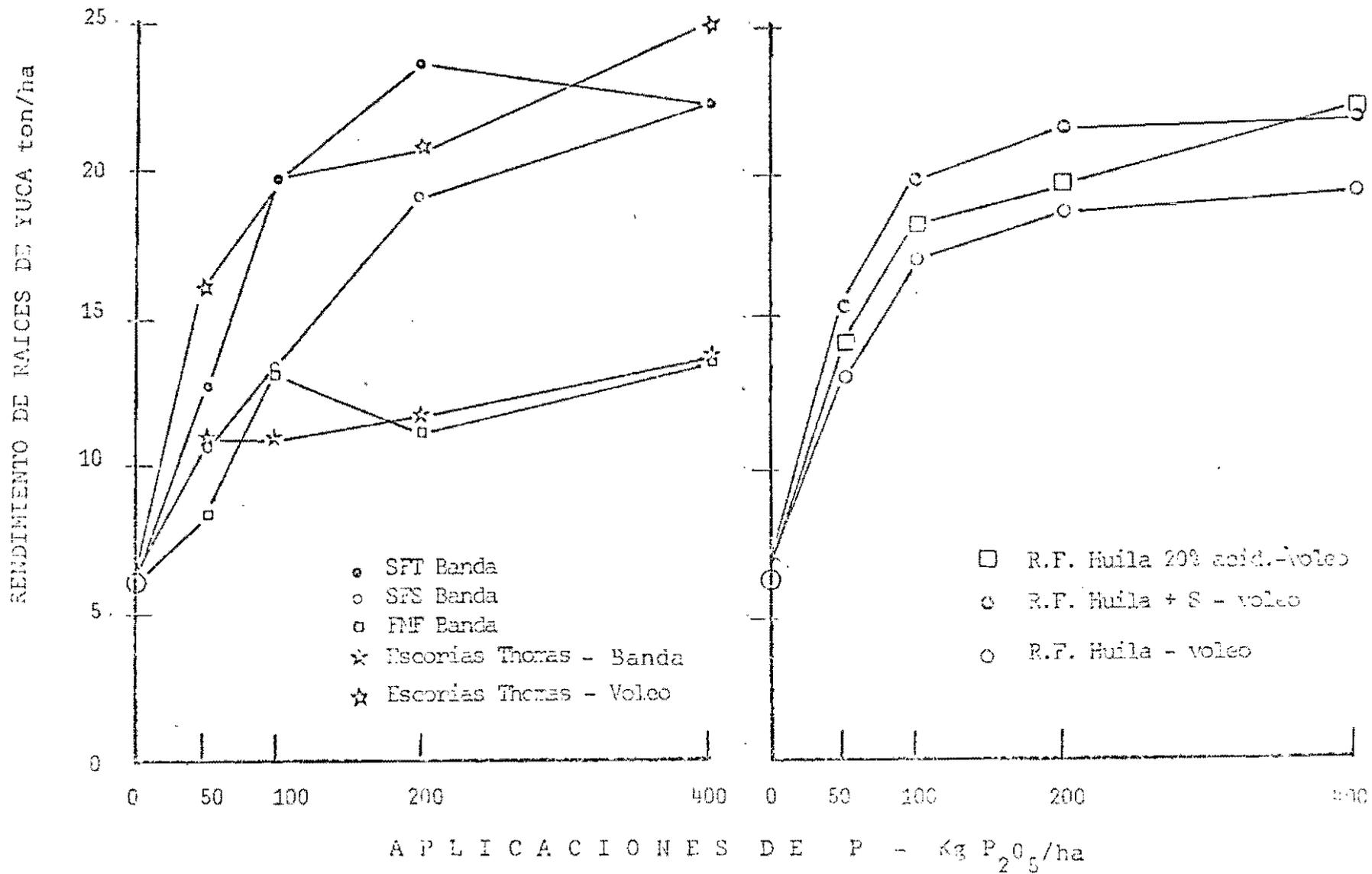


FIGURA. 5. Efecto de las aplicaciones y fuentes de P sobre el peso de raíces frescas de la variedad Blanca a los 12 meses de edad. Carimagua 1975-1976

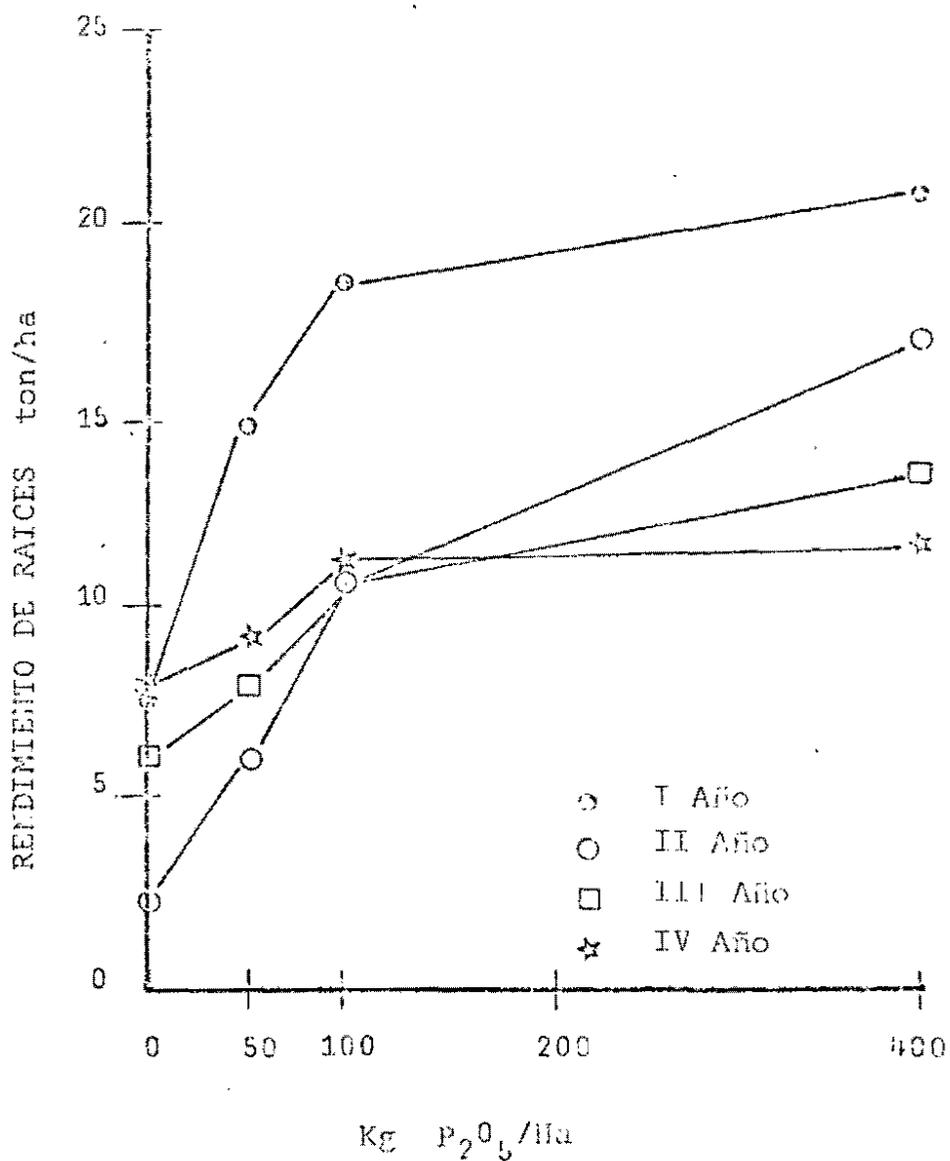


FIGURA 6.

Efecto de las aplicaciones de P sobre el rendimiento en cuatro siembras consecutivas (promedio 9 fuentes) en Carimagua de 1975 hasta 1979. Las fuentes de P se aplicaron únicamente antes de la primera siembra.

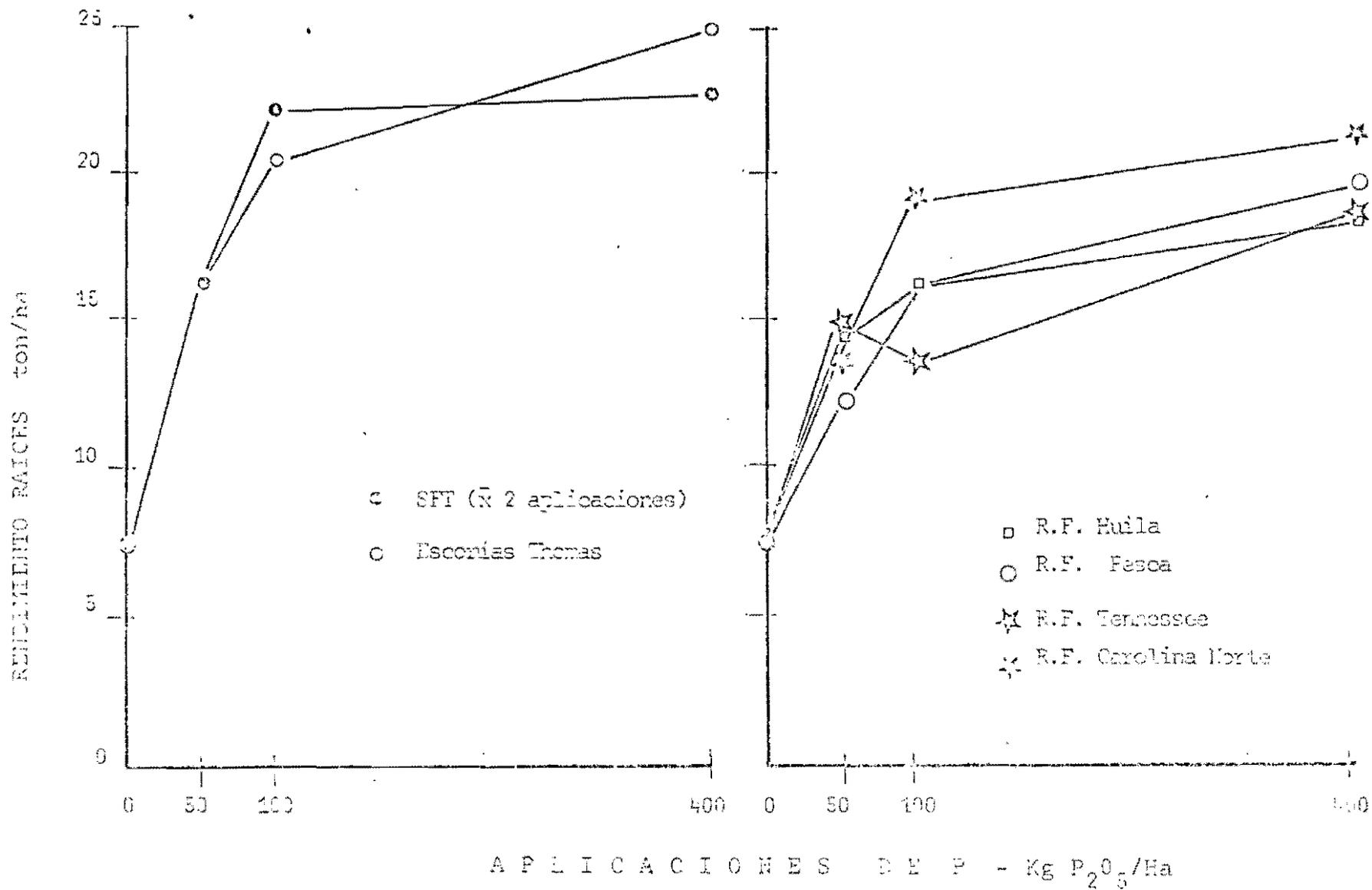


FIGURA 7. Respuesta de la yuca a fuentes y niveles de P (Rendimiento en ton/ha) a los 12 meses después de siembra. Carimagua 1975 - 1976 (1er año).

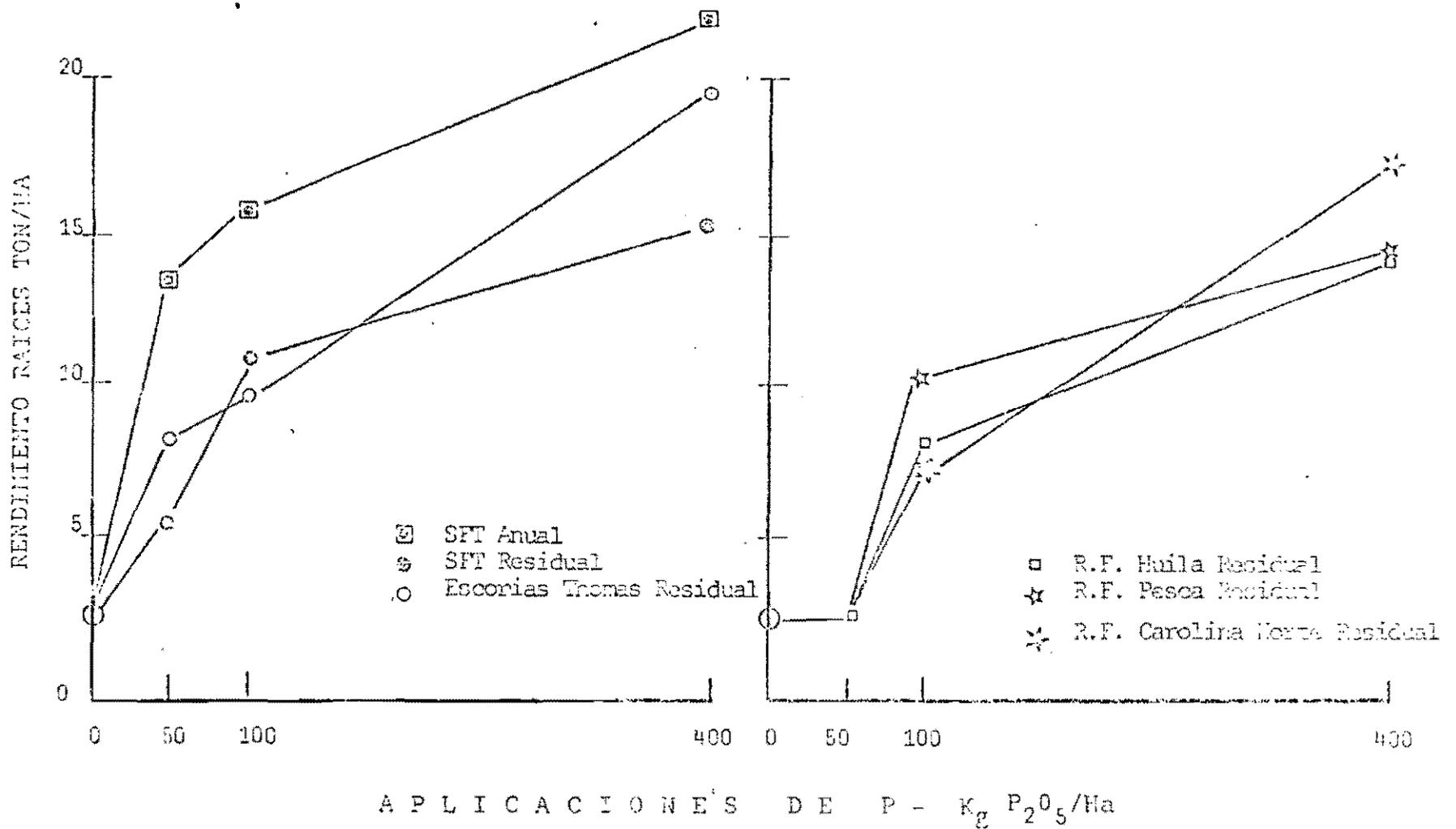


FIGURA 8. Respuesta de la yuca a fuentes y niveles de P (Rendimiento en Ton/ha) a los doce meses después de siembra. Carimagua 1976 - 1977 (II Año)

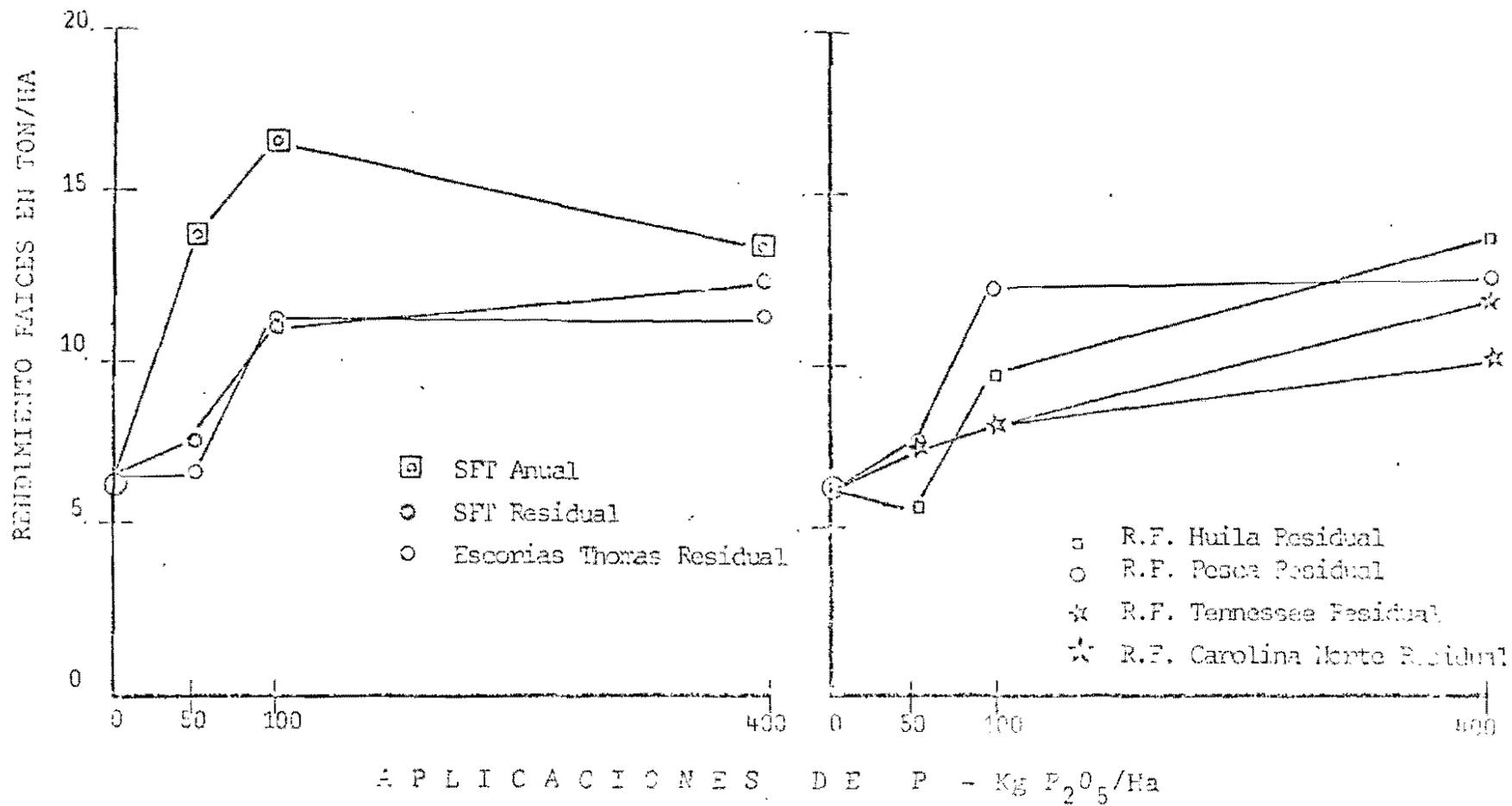


FIGURA 9. Respuesta de la yuca a fuentes y niveles de P (Rendimiento en ton/ha) a los doce meses después de siembra. Carimagua 1977 - 1978 (III Año).

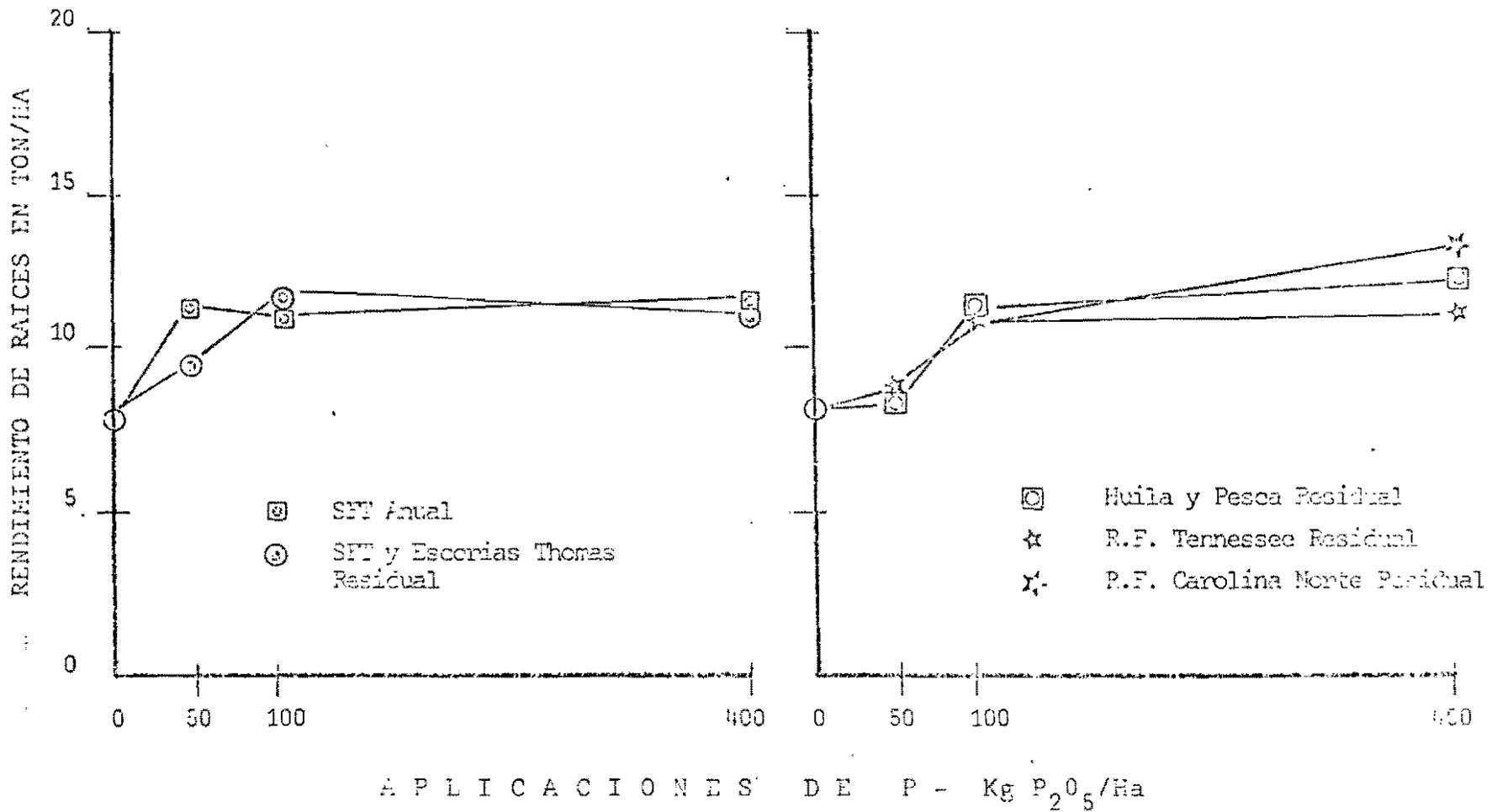


FIGURA 10. Respuesta de la yuca a fuentes y niveles de P (Rendimiento en Ton/Ha) a los doce meses después de siembra. Carimagua 1978 - 1979 (IV Año).

BIBLIOGRAFIA

1. ASHER, C.J., D.G. EDWARDS, and R.H. HOWELER. 1980. Nutritional Disorders of Cassava (Manihot esculenta Crantz Department of Agriculture, University of Queensland, Australia. 48p.
2. CADAVID, L.F. 1974. El cultivo del arroz (Oryzae sativa) y la yuca (Manihot esculenta) en Oxisoles y Ultisoles de los Llanos Orientales de Colombia. Compendio de Investigación, Carimagua-Meta, Colombia. 16p.
3. CALVO, F.A., J.M. SPAIN, y R.H. HOWELER. 1975. La aplicación de CaI y Fósforo para diferentes cultivos en suelos de los Llanos Orientales de Colombia. Rev. Suelos Ecuatoriales. Memorias del V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio Nacional sobre suelos. 8(1):151-159.
4. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CIAT. 1977. Informe Anual. Programa de Ganado de Carne. Cali, Colombia. 124 p.
5. CONTRERAS, P.E. 1979. Fraccionamiento y capacidad de retención de Fósforo en suelos tratados con roca fosfórica y abono orgánico. 9p (mimeografo).
6. FRYE, C., y BARROS, P. 1979. Fertilización del algodónero con diferentes fuentes de fósforo en algunos suelos ácidos. 3p, (mimeografo).
7. GOMEZ, J.A. 1978. Algunos factores por considerar en la selección de la fuente de fósforo (P) por su alta ó baja solubilidad en agua. 8p.
8. HANKE, F. 1974. La utilización de la fosforita Colombiana por medio de Procesos Microbiológicos. Rev. Suelos Ecuatoriales. El Fósforo en Zonas tropicales. 6(1):301-325.
9. HANKE, F. 1979. Solubilización de roca fosfórica por materia orgánica (Resúmen). 8p. (mimeografo).

10. HOWELER, R.H. 1974. La Fertilización Fosfórica del Arroz de Riego y de Secano. Rev. Suelos Ecuatoriales. El Fósforo en Zonas Tropicales. 6(1):245-263.
11. HOWELER, R.H. 1977. Respuesta de la Yuca a la aplicación de fósforo. Seminario Interno. Mimeografiado, 12p.
12. LEON, L.A., A RIAÑO, E. OWEN, R. RODRIGUEZ, y L.F. SANCHEZ. 1978. Investigaciones realizadas en Colombia sobre el uso de diversas fuentes de fósforo como fertilizante. 24p. (Mimeografo).
13. LEON, L.A. 1979. El uso de rocas fosfóricas en suelos ácidos. Rev. Nueva Agricultura Tropical, Especial: Abonos o Fertilizantes. 21:33-35.
14. MARIN, J.G. 1977. El Fósforo del Suelo. Curso sobre Suelos y Fertilizantes. 1v.pp. 89-112.
15. MICHIELIN, A.P., L.A. LEON y A. RAMIREZ. 1974. Uso eficiente de Fertilizantes Fosfatados en la Producción de Pastos en Suelos Ácidos. Rev. Suelos Tropicales. El Fósforo en Zonas Tropicales. 6(1):265-287.
16. MILLAN, L.P., y H.R. SANCHEZ. 1978. Efecto de la mezcla de Rocas Fosfóricas de Tota - Pesca (Boyacá) y Baraya (Huila) con Fosfatos Solubles en la Aprovechabilidad del Fósforo por las Plantas en un Oxisol de los Llanos Orientales de Colombia. Tesis Fac. Agron. Palmira.
17. MOJICA, P.E. 1979. Recursos minerales de Colombia. Fosfatos (separata). pp.237-268.
18. MORTVEDT, J.J. 1974. Desarrollos Recientes de la Tecnología de Fertilizantes Fosfatados. Rev. Suelos Ecuatoriales. El Fósforo en Zonas Tropicales. 6(1):389-407.
19. RAMIREZ, G. 1980. Uso de rocas fosfóricas como fuente de fósforo en algunos suelos ácidos de Costa Rica. Rev. Agron. Costarr. 4(1):33-39.
20. RODRIGUEZ, M. y J. LOTERO. 1967. Respuesta de la Lechuga Romana y la Alfalfa a Fuentes y Dosis de P y Ca en un

.../3

Suelo Orgánico de Antioquia. Rev. ICA. p.135-152.

21. SANCHEZ, L.F. 1980. Respuesta del arroz de riego (Oryzae sativa L.) a la aplicación de roca fosfórica en suelos ácidos. Rev. Carta Agraria. pp.10-14
22. THOMPSON, L.M. 1965. El suelo y su Fertilidad; Fósforo. Editado por McGraw-Hill Book Company, Inc. New York 2a. ed. Reverté. S.A. 409p.