



LA INTERACCION DE CAL CON FOSFORO Y ELEMENTOS MENORES EN LA PRODUCCION DE  
YUCA (MANIHOT ESCULENTA) EN OXISOLES DE LOS LLANOS ORIENTALES  
DE COLOMBIA\*

Luis Fernando Cadavid, Fabio A. Calvo y Reinhardt H. Howeler\*\*

INTRODUCCION

La yuca se viene sembrando sin ninguna técnica, como cultivo de subsistencia, en algunos conucos de los Llanos Orientales. Los Conucos, áreas de bosque taladas y quemadas, son utilizadas por uno ó dos años hasta agotar el suelo, para luego sembrar pasto, repitiendo esta secuencia sucesivamente. Los bosques tumbados son irrecuperables y con el tiempo seguramente va a influir sobre el sistema ecológico.

Uno de los objetivos de esta investigación es incorporar la tierra de las sabanas altas en la producción agrícola y la yuca es uno de los cultivos que puede adaptarse bastante bien a este tipo de suelos clasificados dentro de los oxisoles.

Durante varios años de investigación, en la granja experimental Carimagua, se ha observado que la yuca es uno de los cultivos alimenticios que más tolera la acidez, característica importante de estos suelos. Mientras que el maíz, sorgo, frijol y muchas variedades de arroz requieren aplicaciones de 2-6 toneladas de cal/ha para una producción normal, se mostró que la yuca y el caupi alcanzan su producción óptima con sólo 1/2 a 2 toneladas de cal/ha. Esta tolerancia a la acidez del suelo es importante

---

\* Contribución del Programa de Suelos Yuca, del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

\*\* Asistentes de Investigación de Suelos y Científico de Suelos, respectivamente.

porque se reducen los requerimientos de cal, producto costoso en esta región, con dificultades para el transporte de insumos por la inexistencia de carreteras transitables en épocas lluviosas. A pesar de esta tolerancia a la acidez y a la infertilidad general, en estos suelos la yuca sí responde a la aplicación de todos los elementos mayores y secundarios como también a algunos elementos menores.

Otro de los objetivos de esta investigación fué la de estudiar más profundamente las diferencias genéticas en la yuca en cuanto a su tolerancia a la acidez del suelo, y a las interacciones entre aplicaciones de cal, de fósforo y elementos menores.

#### REVISION DE LITERATURA

En suelos con un contenido de aluminio intercambiable de 3-4 meq/100 gr de suelo la mayoría de los cultivos sufren de toxicidad de Al. Generalmente, se piensa en la aplicación de cal para neutralizar parte o todo el aluminio intercambiable y aumentar el pH. Pero la solución no radica exclusivamente en esto. Es necesario tener en cuenta varios factores al llevar a cabo programas de encaleamiento y fertilidad de suelos. Chacón (2) menciona que la adición de cal puede producir deficiencias de elementos menores en las plantas debido a que la disponibilidad de estos elementos (boro, hierro, manganeso, cobre y zinc) disminuye con el aumento en el pH. Otra razón para tener precaución en el encalado, es el bajo poder amortiguador de muchos suelos tropicales (16). Aunque algunas variedades han respondido a aplicaciones de cal, no es necesario, al menos en yuca y otras especies, encalar para neutralizar al máximo. Kamprath (1971) citado por Freitas y Raij (5) previene contra los posibles efectos perjudiciales causados por el encalado de los suelos meteorizados hasta obtener neutralidad y recomienda

que la práctica del encalado se ejerza únicamente para neutralizar todo o parte del aluminio.

Pratt. (14), dice que no hay datos cuantitativos sobre el efecto perjudicial de la cal sobre la estructura del suelo; la deterioración de la estructura se debe más al uso de la maquinaria en la labranza, que a la aplicación de cal.

Freitas y Raij (5), dicen que 10 ton de cal / ha es una dosis muy alta para encalar suelos latosoles con 25% de arcilla y 1% de M.O., por posibles deficiencias de microelementos. Con una fertilización adecuada que incluye microelementos, las aplicaciones de cal no resultan perjudiciales. Mikelsen y otros citados por Freitas (5) concluyeron que con este encalamiento el contenido de Mo en las hojas de maíz, soya y algodón aumentó, mientras que los del Zn y Mn disminuyeron.

El boro no cambió.

La información sobre los requerimientos de la yuca por Ca y Mg es poca. Bonnefcy citado por Howeler (7) calculó que una tonelada de yuca cosechada extrae 0.71 kg Ca y 0.5 kg Mg en las raíces, 3.9 kg Ca y 2.0 kg Mg en los tallos y 2.4 kg Ca y 0.15 Mg en las hojas. En realidad, el efecto del encalamiento en yuca no es solo para aumentar el pH del suelo o neutralizar el aluminio sino también para suministrar calcio y magnesio para la planta.

Además de la acidez de estos suelos se presentan problemas graves por deficiencia de fósforo debido a su bajo contenido y por la alta fijación de este elemento. Rodriguen y Sánchez (13) han calculado que los cultivos

recuperan del 10 al 30% del fósforo aplicado. El remanente de 70% a 90%, es convertido a formas químicas más o menos solubles, no inmediatamente aprovechables por las plantas o es adsorbido fuertemente por el complejo coloidal del suelo. El uso de la cal en combinación con el fósforo es de gran importancia ya que uno de los conceptos más comunes a cerca del manejo del fósforo en los oxisoles es el de que la cal tiene un beneficio marcado sobre la disponibilidad del fósforo (4). Sin embargo, Fox y Benavides (4) mencionan que con el encalamiento y el aumento del calcio en solución, puede disminuir la adsorción de fósforo por las plantas, porque el fosfato de la solución es deprimido con el aumento del contenido de sal en el electrolito soporte. Kurtz (8) considera que la máxima fijación se realiza en un rango de pH de 3-4, debido a la descomposición de las arcillas y a la precipitación de los fosfatos por los sesquióxidos. En Colombia, Fox y Benavides (4) observaron que la adsorción de fosfatos por oxisoles es alta en comparación con otros tipos de suelos. Los datos obtenidos en suelos de Carimagua y de Palmira son los siguientes:

<u>Sitio</u>	<u>P adsorbido</u>	
	a 0.02 ppm en solución	a 0.2 ppm en solución
	<i>Mg/g</i>	<i>Mg/g</i>
Carimagua	100	400
Palmira Serie 20-24	0	25

Según Lambourne (9) la yuca extrae por ha 6.0 kg de  $P_2O_5$ , cantidad relativamente baja en comparación con la extracción de NyK; Nyholt (13) mostró la acumulación de fósforo en varias partes de la planta durante el

ciclo de crecimiento e indicó que al tiempo de la cosecha la cantidad de fósforo es mayor en las raíces que en los tallos u hojas.

El fósforo es esencial para el proceso de la fosforilación en la síntesis enzimática del almidón (7). Malavolta (10) reportó una reducción en el contenido de almidón de 30 a 25% por falta de fósforo.

La respuesta al fósforo, depende mucho del tipo de suelo y su contenido de fósforo (7). Chadha, citado por Howeler (7), obtuvo aumentos en producción de hasta 25% con la aplicación de 88 kg de  $P_2O_5$ /ha.

Aunque existe poca información sobre el mejor tiempo y método de aplicación de fósforo, parece que sería indicado la aplicación en banda al lado de la estaca al momento de la siembra. Aplicaciones en el mismo surco o hueco con la estaca reducen la germinación y la población (8). Normanha y Bolois citados por DeGeus (3) en un experimento en Campinas, Brasil, encontraron que el mejor método de aplicación de fertilizantes es en el surco de la planta.

#### MATERIALES Y METODOS

Los suelos de Carimagua, donde se localizaron los ensayos, son representativos de la altillanura plana de los Llanos Orientales. Los suelos son parecidos a los suelos bien drenados de los Llanos de Venezuela y del Campo Cerrado de Brasil.

En general estos suelos presentan una topografía plana: suavemente ondulada. El suelo predominante tiene un color rojo y ha sido clasificado como oxisol, extremadamente ácido y con una fertilidad muy baja, con contenidos altos de hierro y aluminio en forma de óxidos hidratados. La textura

predominante es franco arcillosa, con drenaje interno y superficial que varía entre moderado a bueno. En la Tabla 1 se pueden observar las características químicas de un suelo de Carimagua.

Los suelos de Carimagua tiene propiedades químicas muy pobres, pero unas propiedades físicas muy buenas que los hacen aptos para agricultura, siempre y cuando se apliquen fertilizantes.

La región esta caracterizada por un invierno de 8 meses y un verano de 4 meses. Las lluvias están distribuidas desde Abril a Noviembre, siendo los meses más lluviosos Junio y Julio. Diciembre, Enero y Febrero son los meses más secos. La temperatura media es de 26.7°C.

Ensayo I: La Respuesta de Variedades de Yuca a la Aplicación de Cal:-

En un ensayo de campo en Carimagua se probó la tolerancia de 134 cultivares de yuca, provenientes de la colección ICA-Palmira, a la acidez del suelo. Para evaluar su comportamiento, se utilizaron 4 niveles de cal: 0, 0.5, 2 y 6 ton de cal/ha como carbonato de calcio (cal agrícola) mezclada con MgO con una relación calcio-magnesio = 10:1. Se sembraron los cultivares en surcos dobles de 6.25 m de largo y 1 m entre surcos, 5 plantas por surco. Se fertilizó con 140 kg de N, 100 kg de  $P_2O_5$  y 200 kg  $K_2O$ /ha como urea, superfosfato triple (SFT), y KCl, respectivamente. Se cosechó el ensayo a los nueve meses debido a problemas de bacteriosis y super-alargamiento.

Ensayo II: Interacción de Cal y Elementos Menores.- En parcelas principales se aplicaron cuatro niveles de cal: 0, 0.5, 2 y 6 ton/ha y en subparcelas los elementos menores en dosis de 20 kg B/ha como R-46, 10 y 20 kg Zn/ha como sulfato de zinc, 10 kg Cu/ha como sulfato de cobre, 200 gr Mo/ha como molibdato

de amonio, y 10 kg Mn/ha como sulfato de manganeso. Fertilización constante con 100 kg N, 100 kg  $P_2O_5$  y 200 kg  $K_2O$ /ha aplicado como urea, SFT y KCl +  $K_2SO_4$ , respectivamente. Se usó como variedad indicadora Chiroza de Acacias, sembrado a una población de 10.000 plantas/ha. Se cosechó el ensayo a los 10 meses.

Ensayo III: Interacción de Cal y Fósforo.- En un estudio de interacción de cal con fósforo en Carimagua se emplearon cinco niveles de cal: 0, 0,4, 4, 8 y 16 ton/ha y tres niveles de fósforo: 0, 50, y 100 kg de  $P_2O_5$ /ha como SFT en banda, usando como variedad indicadora Llanera.

Ensayo IV: Efecto de Varios Niveles, Métodos y Tiempos de Aplicación de P.- En un ensayo de campo en Carimagua, se estudió la respuesta de la variedad Llanera a las aplicaciones de fósforo como también al tiempo y método de aplicación. Se usaron cinco niveles de fósforo: 0, 50, 100, 150 y 200 kg  $P_2O_5$ /ha como SFT con aplicaciones al voleo, banda y corona. Se usaron dos épocas de aplicación: todo a la siembra y fraccionado: la mitad a la siembra y la otra mitad a los 90 días.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Ensayo I: La Figura 1 muestra el efecto del encalamiento sobre el pH y el aluminio intercambiable. Se observa que la aplicación de 0.5 ton cal/ha no tiene mucho efecto sobre el pH y el aluminio intercambiable. Con dos ton de cal/ha, se reduce el Al intercambiable hasta 2.2 meq/100 gr y se aumenta el pH hasta 4.8, mientras que la aplicación de 6 ton de cal/ha aumenta el pH hasta 5.3 y reduce el aluminio intercambiable hasta 0.8 meq/100 gr, rango en que muchos cultivos como maíz, sorgo, frijol y algunas especies de arroz mostraron buenos rendimientos. En la Figura 2 se observa el rendimiento promedio de todas las 134 y de los 20 mejores cultivares.

Algunas de los cultivares respondieron positivamente hasta el nivel de 2 ton/ha de cal. Sin embargo, la mayoría de los cultivares mostraron rendimientos óptimos con la aplicación de 0.5 ton/ha de cal. Veinte de las variedades dieron un rendimiento mayor de 14 ton/ha al nivel de 0.5 ton/ha de cal. Parece que el efecto positivo de éste nivel es el de aumentar la absorción de calcio y magnesio, mientras que el efecto negativo de aplicaciones altas de cal se debe a la disminución de la absorción del potasio, zinc, cobre y manganeso (Fig. 3).

La mayor producción la obtuvo el cultivar CMC 172 con un rendimiento promedio de 26 ton/ha en el nivel de 0.5 ton cal/ha.

Es muy probable que la disminución en el contenido de zinc, y la aparición de síntomas de deficiencia (clorosis intervenal muy pálido, deformación de las hojas y del cogollo) al nivel de 6 ton de cal/ha se debe al pH y no a la aplicación de calcio. Wear (18) notó que al añadir carbonato de calcio las variaciones en la absorción de zinc se debieron al pH del suelo y no a la cantidad de calcio presente. También es muy probable que el tipo de material presente en las arcillas tenga que ver con la retención de zinc. Nelson y Melsted (12) han establecido que el hecho de que el caolín retiene menos zinc que minerales del tipo 2:1, contribuye, probablemente, a su pérdida por lavado en algunos suelos de los trópicos húmedos. En Carimagua el mayor porcentaje de arcilla presente en el suelo es caolinita y esto debe influir en la poca disponibilidad de este elemento.

Otros autores, como Tisdale y Nelson (16) han informado que el zinc es adsorbido por la superficie de carbonatos de calcio y de magnesio. Esto puede explicar la deficiencia del zinc inducida por encalado. En suelos



tropicales de la India, Misra y Tiwari (11) confirmaron que en ese lugar la retención de zinc es afectada por la presencia de cal, y el pH del suelo. Aunque las razones de esto no están bien definidas, es necesario que el encalado de estos suelos para yuca se haga de una forma moderada.

En Carimagua, en análisis de hojas de la variedad Llanera que mostraban síntomas de deficiencias de zinc, Howeler (7) encontró que las hojas afectadas tenían 15-19 ppm, mientras que las hojas sanas tenían 20-42 ppm Zn.

Ensayo II: Aunque los rendimientos fueron bajos a causa de un ataque severo de bacteriosis, la respuesta de la yuca a las aplicaciones de cal y elementos menores fué bastante visible.

La Figura 4 muestra que con la aplicación de NPK solo, se observa un incremento creciente en la producción hasta el nivel de 2 ton/ha de cal, y una disminución con 6 ton/ha. Con la aplicación de NPK + 20 kg Zn/ha, se obtuvo una respuesta positiva hasta 6 ton cal/ha. Esto confirma la observación anterior que la respuesta negativa de yuca a aplicaciones altas de cal se debe más que nada a la deficiencia de Zn. Únicamente con esta aplicación alta de Zn se obtuvo una respuesta positiva, mientras que en todos los demás tratamientos de elementos menores resultaron respuestas negativas a la alta aplicación de cal.

En la Figura 5 se observa el efecto de las aplicaciones de elementos menores sobre la producción de yuca. Se observa una respuesta positiva a la aplicación de todos los elementos menores, pero con mayor respuesta al Zn y Mn.

En ninguno de los niveles de cal se presentaron síntomas de deficiencia de zinc, aunque los análisis de tejido indicaron que esta variedad mostró

un descenso en la concentración de Zn con la aplicación de cal. La variedad Chirosa aparentemente es una buena extractora de Zn. La Figura 6 y la Tabla 2 indican que aún sin la aplicación de Zn los contenidos de este elemento en las hojas no alcanzaron a bajar a niveles que resultan en síntomas de deficiencia ( $< 20$  ppm en las hojas). Al contrario, variedades que mostraron una respuesta muy negativa a la aplicación de cal en ensayo I, tenían niveles de Zn de 11-15 ppm en las hojas considerado como deficiente.

Bornemisza (1) al referirse al zinc, nos dice que hubo respuesta a zinc en los suelos rojos y ácidos del norte de Venezuela, en los de sabana de Brasil y en latosoles de Costa Rica.

Howeler (7) indica que los rangos normales de concentración de elementos menores en las hojas jóvenes son aproximadamente de 40-50 ppm Zn, 8-15 ppm Cu, 15-40 ppm B, 100-200 ppm Fe, 50-150 ppm Mn.

En el tratamiento NPK (testigo a elementos menores) sólo se registró deficiencia de Cu al nivel de 6 ton/ha de cal (clorosis intervenal muy pálido, deformación de las hojas), síntoma muy parecido a la deficiencia del Zn de la variedad Llanera.

La aplicación de Cu no tuvo ningún efecto sobre el contenido de este elemento en las hojas ya que la concentración se mantuvo constante en todos los tratamientos (Tabla 2), pero parece que sí tuvo un efecto negativo para el B. La aplicación de Mn aumentó el contenido de este elemento con los niveles de 0.5 y 2 ton cal/ha, pero no con el nivel de 6 ton cal/ha.

Ensayo III: Aunque los rendimientos fueron muy bajos debido a problemas de enfermedades, sin embargo, se obtuvo una interacción muy marcada entre las aplicaciones de cal y fósforo.

Figura 7 muestra que los mayores rendimientos se obtuvieron con 0.4 ton de cal/ha. Con aplicaciones mayores el efecto fué negativo posiblemente por deficiencia de zinc.

Hubo una respuesta marcada a las aplicaciones de 50 y 100 kg de  $P_2O_5$ /ha con niveles bajos de cal.

Con niveles de 4 y 8 ton de cal/ha sólo hubo respuesta a la aplicación de 50 kgs de  $P_2O_5$ /ha, reduciendo los rendimientos con aplicaciones mayores de P.

Ensayo IV: En la Figura 8 se puede observar el efecto de las aplicaciones de fósforo sobre el rendimiento. Se encontró una respuesta positiva hasta 200 kg  $P_2O_5$ /ha con aplicaciones en banda a la siembra. En corona a la siembra, las plantas respondieron hasta 150 kg  $P_2O_5$ /ha. Con las aplicaciones fraccionadas, los rendimientos fueron inferiores a los conseguidos con aplicaciones a la siembra.

En cuanto al método de la aplicación no se obtuvo diferencias significativas entre aplicaciones al voleo, en banda, ó en corona. Se recomienda la aplicación en banda porque con la aplicación al voleo hay mucha infestación de malezas y la aplicación en corona requiere mucha mano de obra.

#### CONCLUSIONES

En suelos ácidos como los de los Llanos Orientales de Colombia, muchas variedades de yuca responden hasta 0.5 ton/ha de cal con rendimientos bastante aceptables. Con esta cantidad de cal no se corrige el pH o no se neutraliza mucho el aluminio intercambiable. Principalmente se está suministrando Ca

y Mg, y se aumenta la absorción de K, Zn, Mn y Cu.

No se recomienda aplicaciones mayores ya que un nivel alto de cal causó deficiencias en la planta de elementos menores, Zn y Mn especialmente. Con aplicaciones de 20 Kg Zn/ha como Sulfato de Zinc, se obtuvo respuestas positivas a la aplicación de 6 ton cal/ha.

La yuca respondió positivamente a las aplicaciones de fósforo hasta 200 kg  $P_2O_5$ /ha como superfosfato triple al momento de la siembra. No hubo mucha diferencia entre aplicaciones en banda, al voleo o en corona, pero la aplicación basal al momento de la siembra fue mejor que la aplicación fraccionada.

#### RESUMEN

La yuca como especie promisoría en oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia ha servido como cultivo indicador en algunos ensayos de fertilización.

Siendo estos suelos extremadamente ácidos y con una fertilidad baja, la yuca responde muy bien tanto a los elementos mayores y secundarios como también a algunos elementos menores.

Se ha hecho especial énfasis en estudios de cal y fósforo, debido, en gran parte, a que el calcio y el fósforo son dos de los elementos más limitantes y con los cuales se han encontrado mayor respuesta en otros cultivos como arroz, maíz, sorgo, etc.

Se observó la tolerancia de 134 cultivares de yuca a la acidez, usando niveles de cal de 0, 0,5, 2 y 6 ton/ha, encontrándose un efecto positivo en los rendimientos al nivel 0.5 ton/ha. Algunos cultivares respondieron hasta 2 ton/ha.

de cal, pero por encima de este valor, el efecto fué negativo, más que nada por la deficiencia de Zn.

En un estudio de cal por fósforo, los mayores rendimientos se obtuvieron con 0.4 ton/ha de cal y aplicaciones de 50 a 100 kg  $P_2O_5$ /ha como superfosfato triple. Con aplicaciones mayores de cal, el efecto sobre el rendimiento fué negativo, probablemente por deficiencia de algunos elementos menores. Con 0.5 ton/ha de cal y aplicaciones basales de fósforo hasta 200 kg  $P_2O_5$ /ha, se encontró una respuesta positiva, no habiendo diferencia entre aplicaciones en banda, al voleo, ó en corona al momento de la siembra.

En un estudio de cal por elementos menores, se observó una respuesta positiva hasta el nivel de 2 ton/ha de cal disminuyendo los rendimientos con aplicaciones mayores. Cuando se aplicó elementos menores la respuesta fué positiva a las aplicaciones de zinc en el orden de 20 kg/ha como Sulfato de Zinc. Con el cobre, manganeso, boro y molibdeno, el efecto sobre el rendimiento fué menor.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Bornemisza, K. I. 1967. El problema del zinc en suelos y plantas de regiones tropicales y de zonas templadas. *Fitotecnia Latinoamericana*. 4 (1): 29-39.
- 2.- Chacon, O. 1968. Efectos de la cal agrícola y el molibdeno sobre el rendimiento de la soya y del maní. *Oriente Agro.* 1 (1):16-22.
- 3.- De Geus, J. G. 1967. Fertilizer guide for tropical subtropical farming. Centro D'Etude de L'Azote Zurich: 181-185 pp.
- 4.- Fox, R. L. y S. T. Benavides. 1974. El fósforo de los oxisoles. *El Fósforo en Zonas Tropicales. Suelos Ecuatoriales.* 6 (1): 137-166.
- 5.- Freitas, L. M. M. y B. Raij. Efectos residuales del encalado de un Latosol Franco Arcillo-Arenoso. Mimeografiado, 8 pp.
- 6.- Howeler, R. H. 1974. Requerimientos de elementos secundarios y menores en yuca. Mimeografiado, 18 pp.
- 7.- \_\_\_\_\_. 1974. La fertilización de la yuca. Mimeografiado, 11 pp.
- 8.- Kurtz, L. T. 1953. Inorganic Phosphorus in Acid and Neutral Soils. In *Soil and Fertilizer Phosphorus* (Ed. by W. H. Pierre and A. G. Norman) *Agronomy Vol. 4* p. 59-88.
- 9.- Lambourne, J. 1937. Experiments on the economic importance of soil fertility under continuous cropping with tapioca. *Malayan Agric. Jour. (Kuala Lumpur)* 25 (4):134-145.

- 10.- Malavolta, E.; E. A. Graner, T. Coury; M. U. C. Brasil Sobr. and J. A. C. Pacheco. 1952. Studies on the mineral nutrition of cassava (Manihot utilissima Pohl). Plant Physiology. 30 (1): 81-82 Engl., Sum Engl. 5 Bibl.
- 11.- Misra, S. G. y R. C. Tiwari. 1966. Retention and release of copper and zinc by some Indian soils. Soil Science. 101 (6): 465-471.
- 12.- Nelson, J. L. y S. W. Melsted; 1955. The chemistry of zinc added to soil and clays. Soil Science Society of America Proc. 19 (4):439-443.
- 13.- Nyholt, J. A. 1955. Opname van voedingsstoffen uit den bodem bij cassave (Absorption of nutrients from the soil by a cassava-crop). Algemeen Proefstation voor den Landbouw. Korte Mededelingen No. 15, 25 p. Dutch., Sum.Engl. 13 Refs. Illus.
- 14.- Pratt, P. F., 1965. Terminal Report - Instituto de Pesquisas IRI 1965. 83 p.
- 15.- Rodriguez, O, y C. Sanchez. 1968. Fijación del fósforo por cuatro tipos de suelos de Sabana. Oriente Agrop. 1 (1):23-32.
- 16.- Tempany, H. and Grist, D. H. 1958. An introduction to Tropical Agriculture. Gran Bretaña. Longmans, Greenland Co. 347. p.
- 17.- Tisdale, S. L. y W. L. Nelson. 1966. Soil Fertility and Fertilizers. 2nd ed. McMillan Co., New York, N. Y. 694 p.
- 18.- Wear, J. I. 1956. Effect of soil pH and Ca uptake on absorption of zinc by plants. Soil Science. 81 (4): 311-315.

**TABLA 1.- CARACTERISTICAS QUIMICAS Y LA TEXTURA DEL  
 SUELO DE CARIMAGUA.**

pH	4.5	C.P.	meq/100 gm	4.5
M.O. % (0-20 cm)	5	Al <sup>+++</sup>	"	3.5
P ppm (BRAY II)	3	Ca <sup>++</sup>	"	0.5
TEXTURA.....		Mg <sup>++</sup>	"	0.3
.....FRANCO ARCILLOSO		K <sup>+</sup>	"	0.08



TABLA 2.- Efecto de la aplicación de cal y elementos menores sobre el contenido de manganeso, zinc, cobre y boro en las hojas de yuca a los dos meses de edad. Carimagua 1974.

Cal ton/ha	Mn	Zn	Cu	B
	← ppm →			
	<u>NPK-solo</u>			
0	112	72	11.5	12
1/2	127	69	10.2	19
2	77	52	8.9	18
6	50	38	7.6	24
	<u>NPK + Zn<sub>2</sub></u>			
0	97	212	11.5	20
1/2	145	208	10.2	10
2	71	137	10.2	19
6	45	71	8.9	20
	<u>NPK + Cu</u>			
0	112	95	11.5	21
1/2	125	72	10.2	12
2	77	57	8.9	7
6	46	40	7.6	9
	<u>NPK + Mn</u>			
0	205	77	11.5	21
1/2	180	79	8.9	11
2	100	49	8.9	20
6	56	36	7.9	18

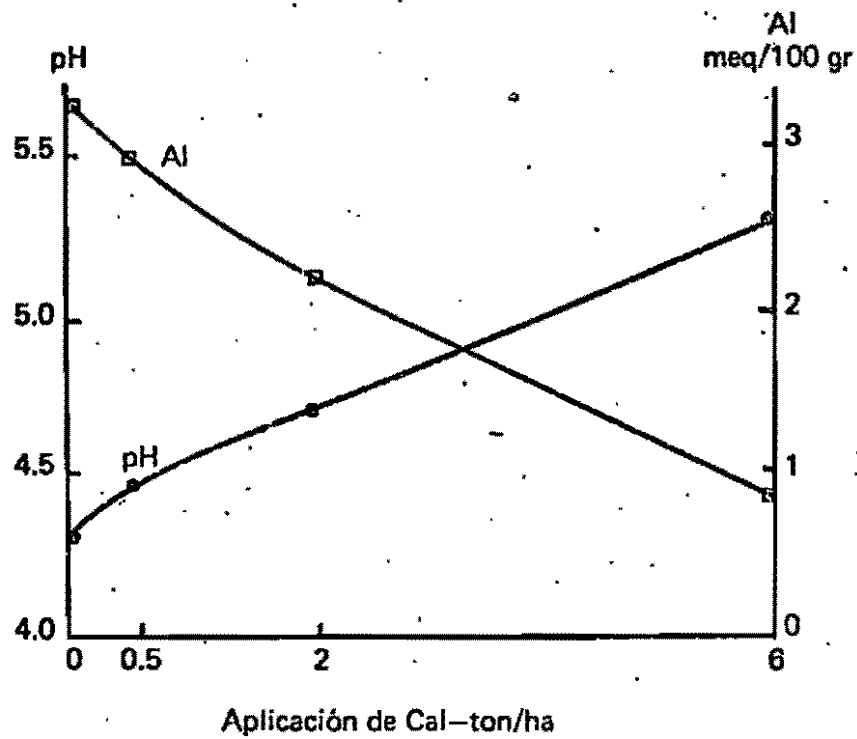


Figura 1- El efecto del encalamiento sobre el pH y el Al - intercambiable en suelo de Carimagua.

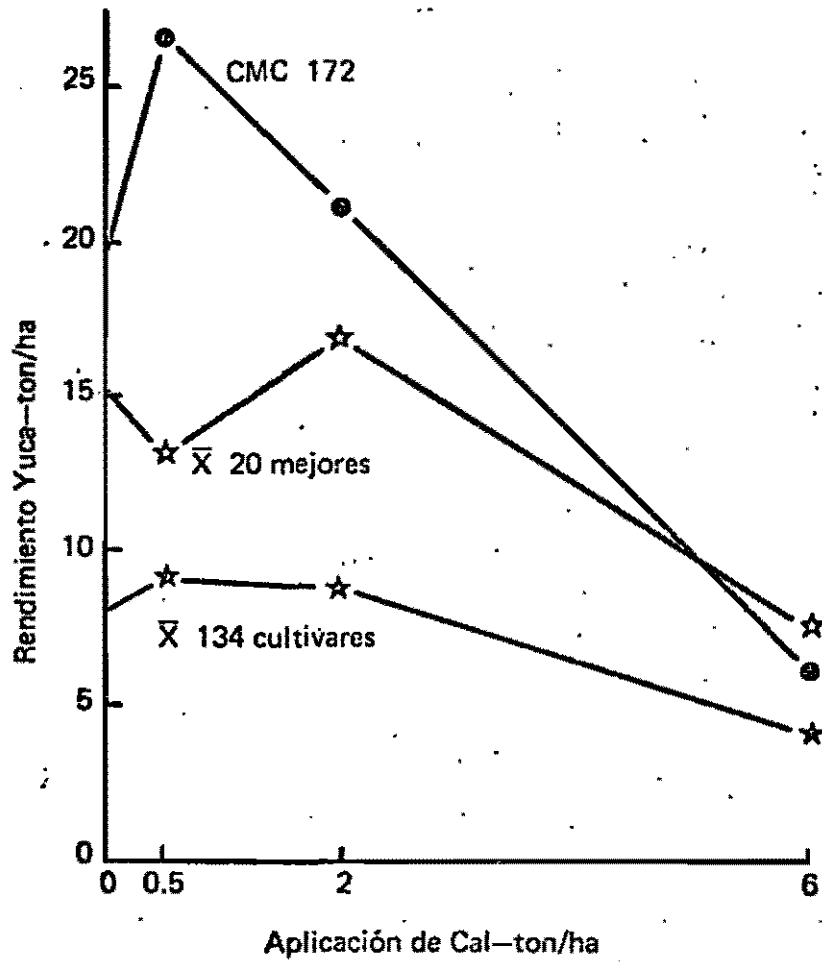


Figura 2 .- El efecto de la aplicación de cal sobre el rendimiento promedio de 134 cultivares de yuca , de 20 cultivares mejores, y del mejor cultivar, CMC 172 .- Carimagua 1972 .-

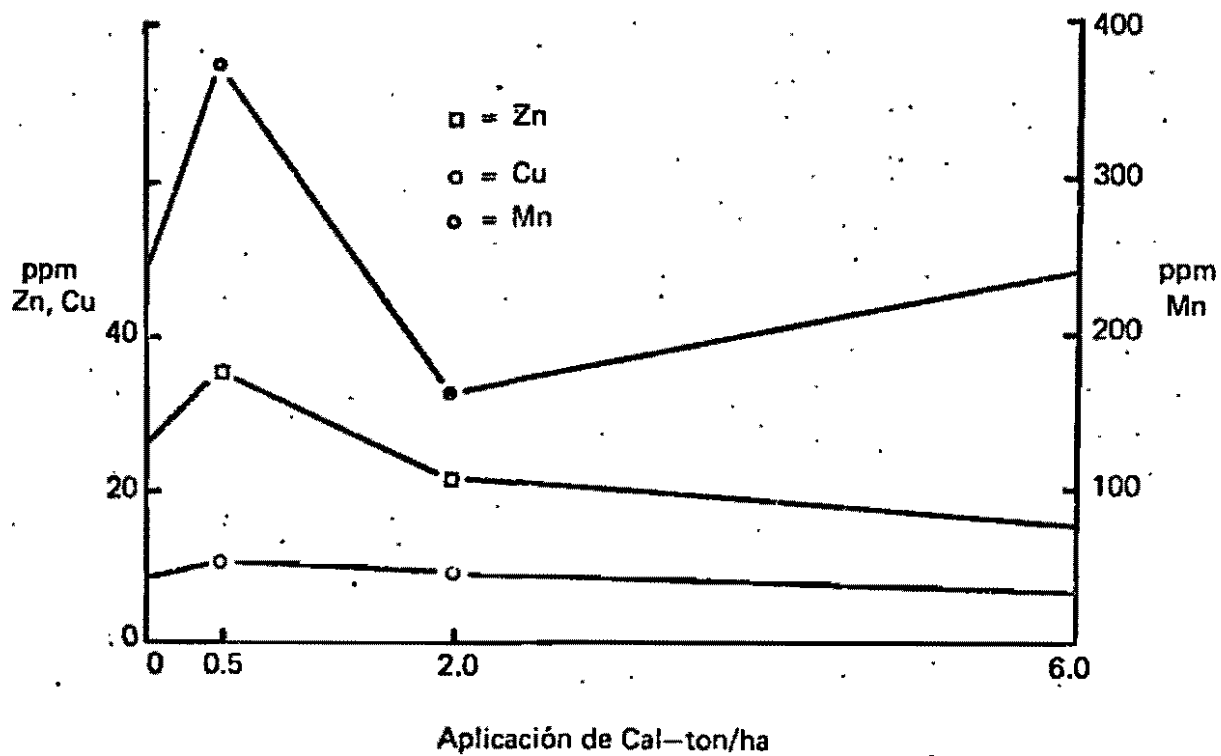
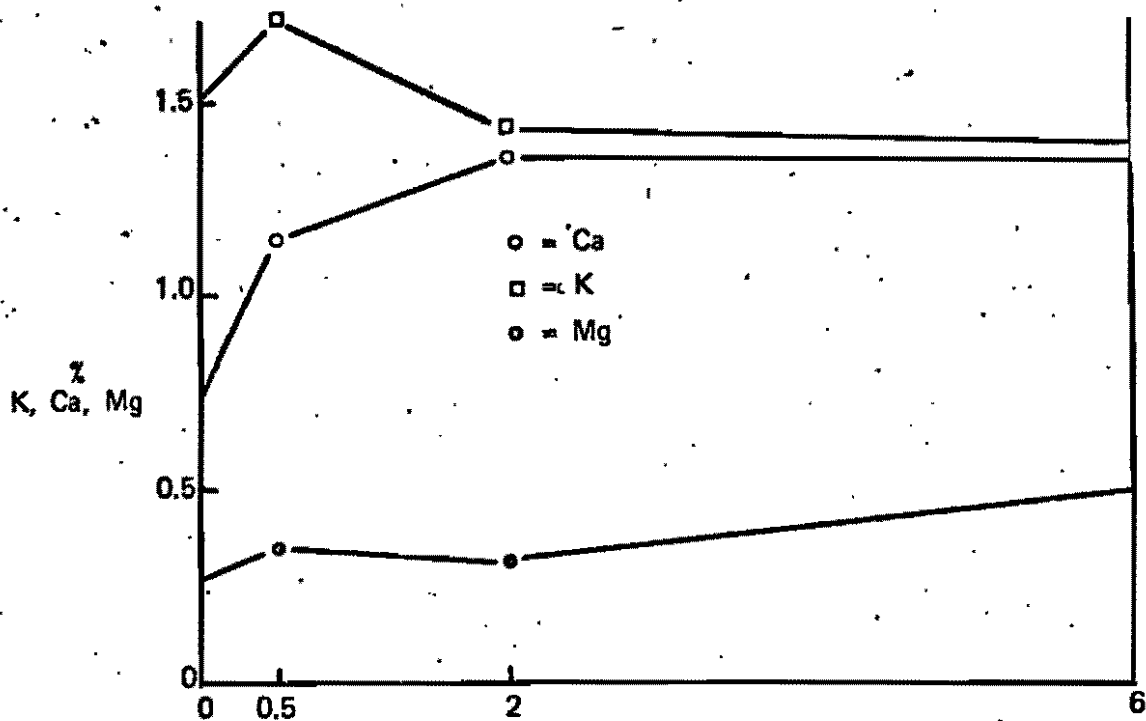


Figura 3 - El efecto de la aplicación de cal sobre los contenidos de K,Ca,Mg, Zn, y Cu en las hojas de cuatro cultivares de yuca a los cuatro meses. Carimagua 1972 -

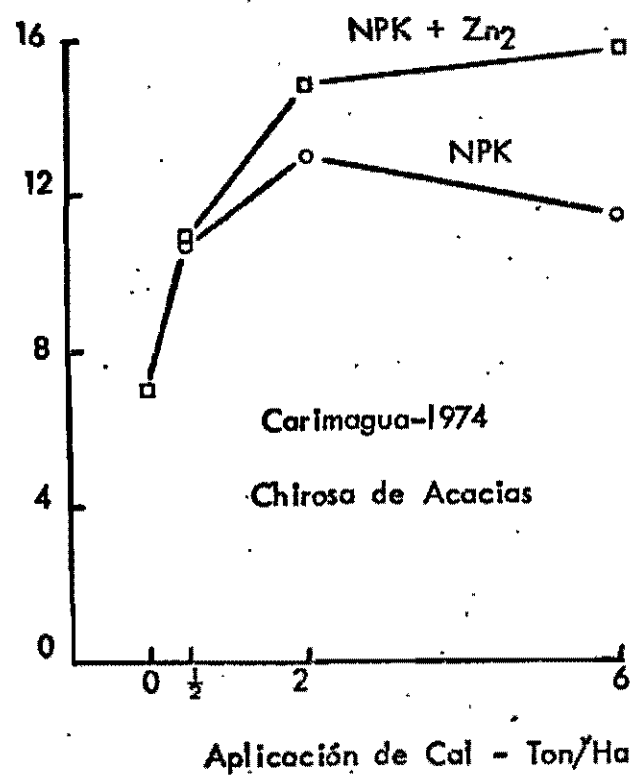


Figura 4 - La respuesta de yuca a la aplicación de cal con fertilización constante de NPK y NPK + 20 kg Zn/ha. Carimagua , 1974 . .

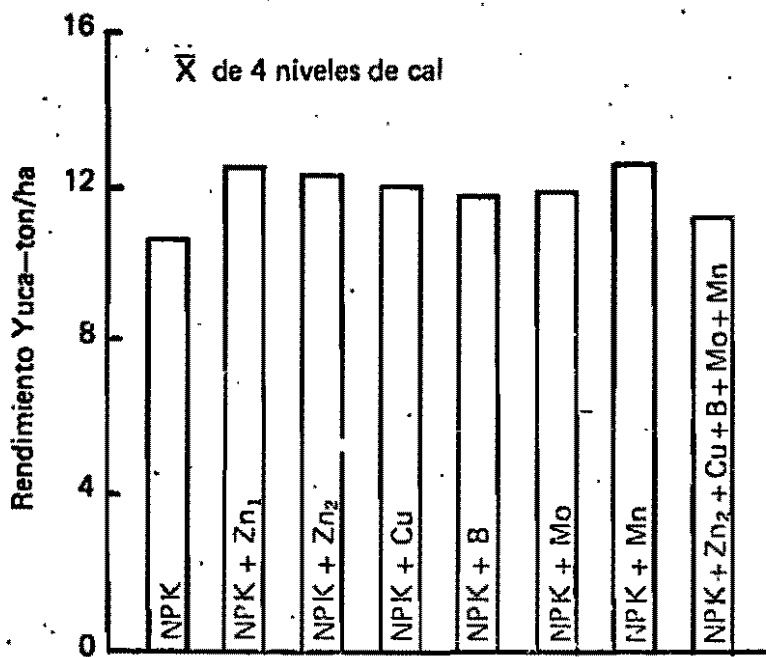


Figura 5 - La respuesta de yuca a la aplicación de elementos menores en Carimagua.

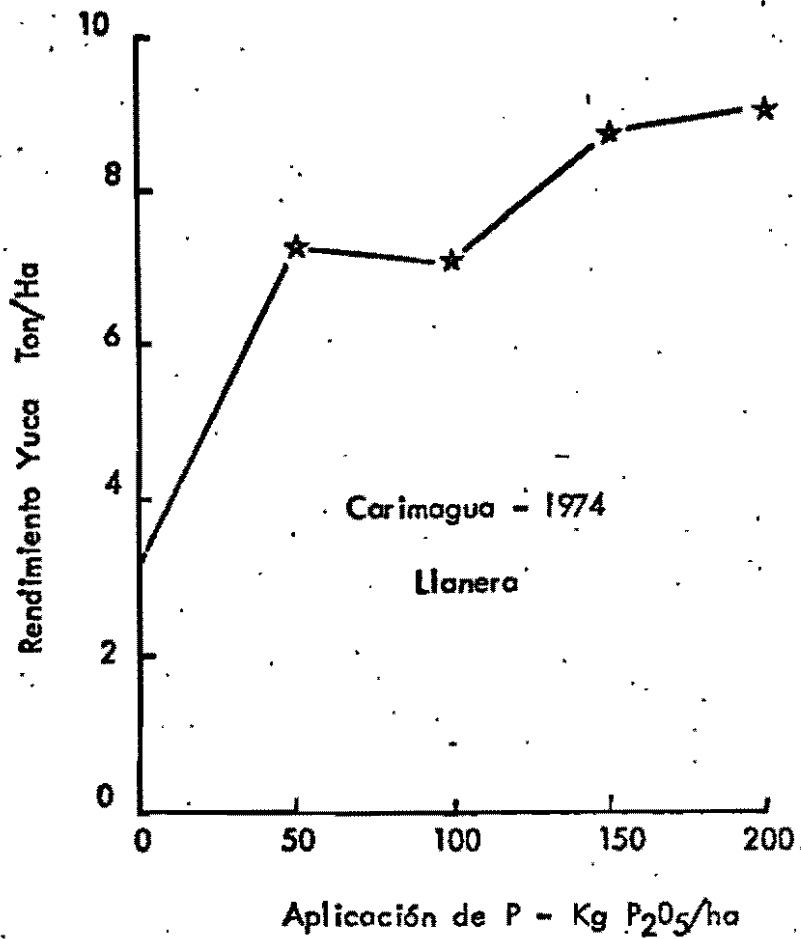


Figura 8- La respuesta de yuca a la aplicación de fósforo (promedio de tres métodos y dos épocas de aplicación) en Carimagua.

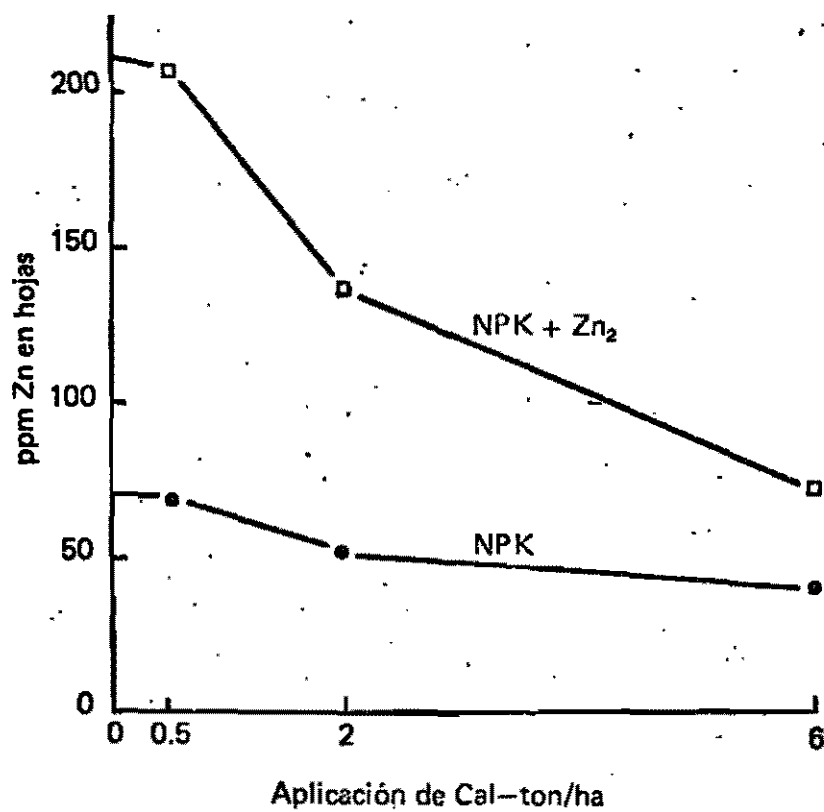


Figura 6 - El efecto de la aplicación de cal sobre el contenido de Zn en hojas de yuca a los dos meses, con y sin aplicación de Zn al suelo. Carimagua, 1974.



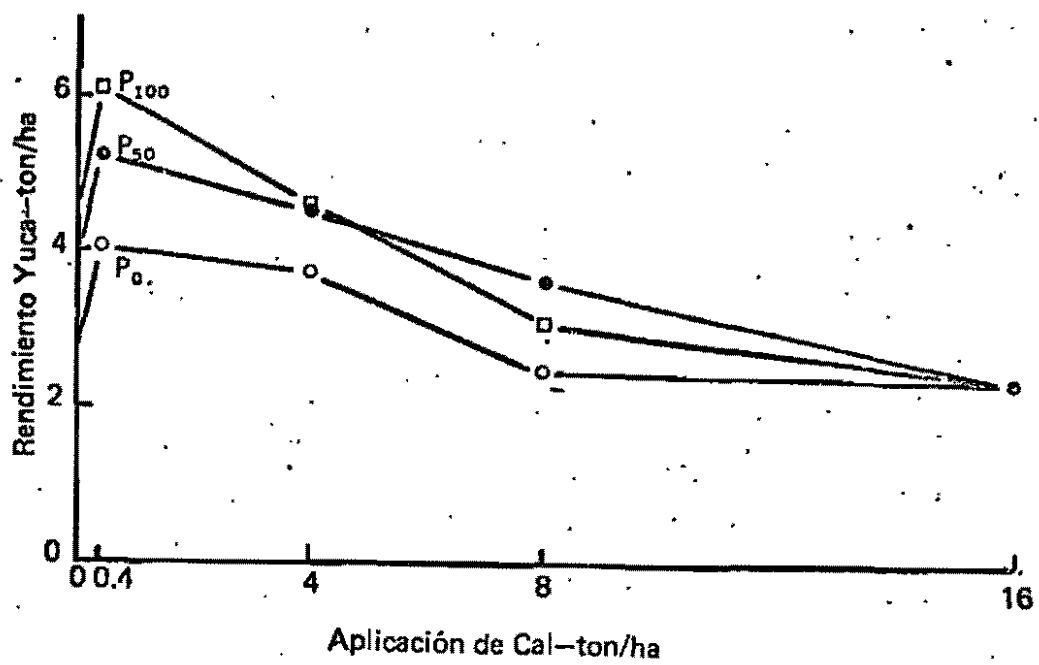


Figura 7- La respuesta de yuca a la aplicación de cal y fósforo (números indican niveles de aplicación en kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Carimagua, 1972.