

13 246

MICROFILMADO

NUTRICION MINERAL Y FERTILIZACION DE LA YUCA

DE LOS YUCATECOS Reinhardt H Howeler*

13246

En general la yuca se considera como un cultivo rústico que crece relativamente bien en suelos pobres sin la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes. Por otra parte los agricultores consideran que la yuca agota el suelo y por eso prefieren sembrarla como último cultivo en los sistemas de rotación antes de que la parcela vuelva a barbecho. Hong-sapan (1962) informa que en Tailandia los rendimientos disminuyeron de 25-36 toneladas a entre 12 y 13 ton /ha como resultado de la producción continua de yuca. Aunque la yuca extrae grandes cantidades de K del suelo él considera que en comparación con el maíz, la caña de azúcar el banano y el repollo la yuca no es el cultivo que más agota el suelo por tonelada de alimento producido. No obstante como se observa a continuación - (Kanapathy 1974) la yuca absorbe más nutrientes del suelo que la mayoría de los cultivos tropicales.

<u>Cultivo y producción</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Mg</u>
		(kg /ha)		
Yuca (18.6 ton /ha 6 meses)	87	37.6	117	35.1
Palma oleífera (18 ton /ha)	61	9.9	84	13.6
Caucho (1.13 ton /ha)	9	2.0	11	2.3
Maíz (3.4 ton /ha)	82	20.7	69.2	14.7

En los suelos de turba del occidente de Malasia se podría cultivar yuca permanentemente manteniendo un nivel alto de rendimiento por medio de la aplicación adecuada de fertilizantes (Kanapathy 1970). Según informes de Birkinshaw (1926) se obtuvieron excelentes rendimientos del caucho después de 15 cosechas consecutivas de yuca en un suelo bien fertilizado. O sea que debido a su alta tasa de extracción de nutrientes la yuca agota rápidamente el suelo cuando no se fertiliza pero con la aplicación de niveles adecuados de fertilizantes se puede mantener su fertilidad.

Además de la extracción de nutrimentos por parte del cultivo otro de los factores que afecta la fertilidad del suelo es la erosión ya que la yuca tiende a aumentarla especialmente durante la siembra y después de la cosecha. Gómez (1975) calculó un índice de erosión para la yuca de 9.8 en comparación con 1.1 para la caña de azúcar 1.7 para la piña 1.0 para los pastos y 11.8 para el café en suelos de ceniza volcánica con pendiente del 60 por ciento en Colombia.

Aborción de nutrientes

Para mantener la fertilidad del suelo es necesario aplicar por lo menos la misma cantidad de nutrientes que el cultivo haya absorbido. Entre los cultivos tropicales la yuca es tal vez la que más K extrae. Según Prevott (1958) la yuca tiene el índice de extracción K/N más alto (Figura 1). El banano, la palma oleífera la piña el coco y la caña de azúcar tienen tam

* Especialista Suelos Programa Yuca CIAT

bién un índice K/N alto en tanto que el del maíz el arroz y el algodón es relativamente bajo. En el Cuadro 1 se presenta la extracción de nutrientes por tonelada de yuca cosechada de acuerdo a diferentes autores

Aun cuando la información varía considerablemente entre los diferentes autores debido a las diversas condiciones de suelo cultivares etc en promedio por cada tonelada de raíces la yuca extrae aproximadamente 2 14 kg de N 0 46 kg de P 3 5 kg de K 0 69 kg de Ca y 0 39 kg de Mg cuando se cosechan las raíces exclusivamente. Es decir que para dar un rendimiento promedio de 25 ton /ha la yuca absorbería del suelo 53 5 kg de N 26 3 kg de P_2O_5 105 kg de K_2O 17 2 kg de Ca y 9 75 kg de Mg. Si se retirara la planta completa de la plantación estas cantidades ascenderían a 174 kg de N 72 1 kg de P_2O_5 , 200,7 kg de K_2O , 71,7 kg de Ca y 24 7 kg de Mg lo cual quiere decir que la yuca extrae una cantidad elevada de nutrientes del suelo en cada cosecha pero que el dejar las hojas y los tallos sobre el terreno reduce considerablemente el agotamiento del terreno. Además del K la yuca absorbe grandes cantidades de N mientras que los niveles de extracción de P Ca y Mg son relativamente bajos

Acumulación de nutrientes en la planta

Mediante muestreos y análisis realizados cada dos semanas con diferentes partes de la planta Orioli (1967) determinó en Argentina la acumulación y distribución de nutrientes en la planta hasta los seis meses de edad tanto para plantas fertilizadas como para aquellas sin fertilizar. La Figura 2A muestra la acumulación y distribución de materia seca (MS) durante el ciclo de crecimiento. Se puede apreciar que la acumulación de MS fue lenta durante los primeros tres meses (cerca del 20 por ciento del total acumulado) Durante el cuarto y quinto mes las plantas acumularon aproximadamente 25 por ciento de MS por mes mientras que en el mes siguiente la acumulación fué más lenta. Esta reducción en el índice de acumulación después del quinto mes se debe probablemente al comienzo del invierno en Argentina y no se presenta bajo condiciones tropicales.

El índice de acumulación de MS en las raíces fue relativamente constante durante todo el ciclo de crecimiento pero en las hojas y en los tallos fue bajo durante el sexto mes. Aunque las plantas fertilizadas acumularon mayor cantidad de MS que aquellas sin fertilizar la Figura 2B muestra que las curvas de acumulación relativa fueron casi idénticas en ambos casos.

La Figura 2B presenta la acumulación de N en la planta durante el ciclo de crecimiento. Nuevamente la tasa de acumulación de N fue lenta durante los dos primeros meses y alcanza un máximo durante el tercero y cuarto mes en tanto que en los últimos dos meses se acumuló muy poco o ningún N e incluso se registraron pérdidas en las plantas sin fertilizar. Aunque a los seis meses de edad la MS está distribuida prácticamente por igual entre raíces tallos y hojas la Figura 2B muestra que el N se encuentra principalmente en las hojas y que la cantidad acumulada en raíces y tallos. Esto pone de manifiesto el alto contenido proteínico de las

hojas y el bajo contenido de las raíces. La tasa de acumulación de N en las hojas fué prácticamente constante durante todo el ciclo de crecimiento pero en los tallos y las raíces ésta prácticamente fué nula en los últimos meses.

La acumulación de P y K fué similar a la del N es decir lenta durante los dos primeros meses alcanzó un máximo de casi 40 por ciento por mes durante el tercero y cuarto mes y luego disminuyó hasta llegar casi a cero en el sexto mes.

Nuevamente la mayor parte de P y K se encontraba en las hojas durante el último mes tanto las hojas como los tallos perdieron algo de P mientras que las raíces y los tallos perdieron parte del K.

La acumulación de calcio se diferenció de la NPK en que después de los dos primeros meses el índice de acumulación permaneció casi constante durante el ciclo de crecimiento. La acumulación de Ca en las hojas y en las raíces se detuvo después del tercer mes pero la de los tallos continuó.

Las curvas de acumulación relativa de nutrientes de las plantas fertilizadas y sin fertilizar fueron muy similares aunque las plantas fertilizadas absorbieron mayores cantidades de nutrientes.

Nyholt (1935) determinó la acumulación de MS y nutrientes en diferentes partes de la planta hasta los 14 meses de edad mediante el muestreo a intervalos mensuales de plantas de dos cultivares sembrados en un suelo laterítico ácido en Indonesia. La Figura 3 muestra la acumulación y distribución de materia fresca durante el ciclo de crecimiento. A diferencia de la información presentada anteriormente para Argentina bajo las condiciones tropicales de Indonesia la acumulación de MS continuó durante todo el ciclo de crecimiento y sólo disminuyó ligeramente después del sexto mes. Sin embargo la acumulación de MS se detuvo en las hojas y disminuyó en los tallos después de los primeros seis meses pero continuó en las raíces.

La Figura 4 presenta la distribución y acumulación de N P K Ca y Mg durante el ciclo de crecimiento. La cantidad de N en la planta aumentó a una tasa casi constante hasta el sexto mes permaneció invariable durante dos meses y comenzó a disminuir a partir del octavo mes. Esto se debió a la pérdida de hojas después de los primeros seis meses. Las raíces acumularon N únicamente hasta el octavo mes, a partir del cual la cantidad de N permaneció constante. Aunque el peso de las raíces continuó aumentando hasta los 14 meses el contenido de N disminuyó de 1.03 por ciento a los dos meses hasta 0.17 por ciento a los 14. Solamente los tallos continuaron acumulando N durante todo el ciclo de crecimiento.

La acumulación de P K Ca y Mg mantuvo una tasa bastante uniforme durante el ciclo de crecimiento aun cuando el contenido de las hojas disminuyó después del sexto mes debido a la caída foliar. El K y el P se acumularon principalmente en las raíces y el Ca y el Mg en el tallo.

Contenido de nutrientes en la planta

El contenido de nutrientes varía considerablemente entre las diferentes partes de la planta y durante el ciclo de crecimiento. El Cuadro 2 (Nyholt 1935) muestra los cambios en la concentración de varios nutrientes en las raíces, tallos y hojas en diferentes edades de la planta. Los contenidos de N, P y K disminuyeron significativamente en las tres partes a medida que la planta envejecía. Los contenidos de Ca y Mg tendieron a aumentar en las hojas pero disminuyeron en los tallos y en las raíces. O sea que en general todos los contenidos de nutrientes disminuyen durante el ciclo de crecimiento excepto el de Ca y posiblemente el de Mg de las hojas los cuales aumentan.

El contenido de N es muy alto en las hojas mucho más bajo en los tallos y muy bajo en las raíces de aquí que el contenido de proteínas de estas últimas sea bajo.

El contenido de K también es más alto en las hojas que en los tallos y en las raíces, pero las diferencias son menores. Los contenidos de P, Ca y Mg son más altos en las hojas seguidos por los de los tallos y finalmente los de las raíces con diferencias considerables entre los contenidos de las diferentes partes de la planta.

Cours (1961) determinó que existían diferencias marcadas entre las porciones jóvenes y viejas de la parte aérea de la planta. El Cuadro 3 muestra que las hojas jóvenes tienen contenidos más altos de N, P y K más bajos de Ca que las viejas. Los contenidos de N, P y Ca de los pecíolos de las hojas jóvenes son mayores que los de los pecíolos de las hojas viejas pero los de K son menores. Las hojas tienen mayor cantidad de N y P y menor de K y Ca que los pecíolos. Las ramas verdes superiores tienen un nivel más alto de N, P, K y Ca que las inferiores las cuales a su vez tienen un contenido más alto que la rama primaria o el tallo principal. El feloderma del tallo principal tiene un nivel excepcionalmente alto de K razón por la cual Cours (1961) recomienda emplear esta parte de la planta para diagnosticar la deficiencia de K. Cours (1953) determinó en un estudio más detallado que los contenidos de N, P y K disminuyen de las hojas superiores a las inferiores de la rama primaria y de las ramas superiores a las inferiores en tanto que los contenidos de Ca y Mg aumentan de las hojas superiores a las inferiores y de las ramas superiores a las inferiores.

El Cuadro 4 resume los informes de varios investigadores sobre el contenido de nutrientes en varias partes de la planta. Los contenidos de nutrientes varían incluso entre las mismas partes de la planta a causa de las diferencias entre cultivares, niveles de fertilidad del suelo, edad de la planta y parte de la planta de la que se tomó la muestra. A fin de poder hacer diagnósticos precisos es necesario estandarizar la parte de la planta que se debe emplear para el muestreo y la edad fisiológica de la planta en el momento de tomar la muestra. Para el muestreo generalmente se utilizan las hojas superiores totalmente expandidas (cuarta o quinta hoja a partir de la copa de la planta) y se ana-

lizan los contenidos de todos los elementos en la lámina foliar y los contenidos de K Ca y Mg en los pecíolos La edad fisiológica más apropiada viene a ser más o menos a los tres meses cuando la planta alcanza el índice máximo de absorción de nutrientes (Ver Figura 2) No obstante cuando la yuca se siembra antes de la estación seca se debería posponer el muestreo hasta el comienzo de la estación lluviosa cuando las plantas comienzan a crecer de nuevo activamente

Fox (1975) indica que un nivel de N del 5 por ciento entre los cuatro y los cinco meses de edad corresponde al rendimiento máximo La Figura 5 muestra la relación entre el rendimiento y el contenido de P en las láminas foliares a los cinco meses de edad (edad fisiológica de tres meses) y en ella se observa un nivel crítico de P de aproximadamente 0,4 por ciento Roche (1957) sugiere que las hojas tienen un contenido crítico de K de 0 6 por ciento y el feloderma de 0 5 por ciento en tanto que el del suelo es de 0 6 me/100 gm En el artículo Essais de Fumure (1953) se sugiere que un contenido de menos de 0 7 por ciento de K indica deficiencia de este elemento En el CIAT (1974) se obtuvieron los rendimientos más altos en un experimento en materia con un contenido foliar de K de 1 1-1 3 por ciento Aunque aún no se han determinado exactamente los niveles críticos y éstos variarían de acuerdo con el cultivar empleado se considera que los siguientes niveles son una aproximación bastante razonable si las láminas foliares superiores totalmente expandidas contienen más de 5 0 por ciento de N 0 4 por ciento de P 1 2 por ciento de K 0 7 por ciento de Ca 0 3 por ciento de Mg y 0 35 por ciento de S probablemente no habría respuesta a la fertilización

La literatura sobre los contenidos de elementos menores es todavía más escasa que aquella sobre los elementos principales El Cuadro 5 resume información suministrada por varios investigadores La gran variabilidad de la información probablemente refleja la absorción de grandes cantidades de microelementos en suelos bien provistos En el CIAT (1975) se ha registrado un nivel crítico de casi 60 ppm de Zn en las hojas superiores totalmente expandidas Los síntomas de deficiencia de Zn generalmente aparecen cuando su contenido es inferior a 20 ppm Como la deficiencia de Zn es bastante frecuente en la yuca es muy importante hacer un diagnóstico apropiado por medio del análisis foliar

Los niveles normales de microelementos en las láminas foliares superiores son aproximadamente 15 40 ppm de B 60-100 ppm de Zn 50 150 ppm de Mn 6-12 ppm de Cu y 100-200 ppm de Fe (CIAT, 1974)

Con el objeto de poder suministrar a la planta los nutrimentos necesarios para obtener una producción óptima es importante conocer los requerimientos de la planta diagnosticar correctamente cualquier deficiencia por medio de la observación visual o del análisis del suelo y de partes de la

planta y aplicar los medios adecuados para corregir dicha deficiencia. A continuación se tratarán estos puntos para cada uno de los elementos

Fertilización nitrogenada

El nitrógeno es un componente básico de las proteínas, la clorofila, las enzimas, las hormonas y las vitaminas.

La deficiencia de N es más frecuente en suelos arenosos o muy ácidos, donde los niveles tóxicos de Al y/o Mn reducen la descomposición microbiana de materia orgánica.

La deficiencia de nitrógeno también es común en suelos de ceniza volcánica, los cuales tienen normalmente un contenido alto de materia orgánica, pero su descomposición es lenta y no contribuye mucho al suministro de N.

Las plantas con deficiencia de N tienen hojas de color verde claro y generalmente sufren de enanismo (Krochmal 1968, Asher 1975, Lozano 1976). Las primeras afectadas son las hojas más viejas, pero luego toda la planta puede volverse clorótica. En ensayos de solución de nutrientes (Forno 1977) la yuca mostró solamente síntomas leves a concentraciones bajas de N, en tanto que el algodón, el sorgo y el maíz presentaron síntomas severos. El crecimiento de la yuca se redujo notablemente. Esto concuerda con observaciones hechas en el CIAT (Lozano 1976) según las cuales la yuca con deficiencia de N presentó enanismo en lugar de síntomas de deficiencia. El nivel crítico de deficiencia de N en la lámina foliar es aproximadamente 5 por ciento (Fox, 1975).

La yuca extrae cantidades relativamente grandes de N del suelo, especialmente si se retiran las hojas y los tallos del terreno junto con las raíces. Por cada 25 toneladas de raíces, el suelo pierde casi 50 kg de N. Si la eficiencia del N es de cerca del 50 por ciento (43-69 por ciento según Fox, 1975) se deberían aplicar más o menos 100 kg de N al suelo para que éste mantenga su fertilidad. En Madagascar, los investigadores (Essais de Fumure 1953, Le Manioc 1952) recomiendan incorporar estiércol o abono verde como Mucuna utilis, Vigna o Crotalaria. Sin embargo, Crotalaria es muy susceptible a los suelos ácidos y no da buenos resultados cuando el pH es inferior a 5 (CIAT 1974). De Geus (1967) y Lumar (1977) también indican que la yuca responde bien a la aplicación de estiércol, particularmente cuando se refuerza con la fertilización química con NPK. Lambourne (1972) obtuvo mejores resultados en Malasia con estiércol (10 ton/ha) que con fertilizantes químicos o abono verde (Crotalaria + escoria básica).

En Ultisoles de Puerto Rico, Fox (1975) registró una respuesta positiva a 40 kg/ha de N, pero no hubo respuesta significativa a los niveles más altos ensayados, incluyendo 200 kg/ha de N. El ICA (1971) obtuvo una respuesta positiva a la aplicación de 50-60 kg/ha de N en 16 de 23 ensayos efectuados en terrenos de agricultores en Colombia. La mejor respuesta se obtuvo en suelos de ceniza volcánica cerca a Popayán. El CIAT (1976) registró una respuesta positiva, pero no significativa, a 100 kg/ha de N en Oxisoles de los

Llanos Orientales de Colombia en plantaciones sembradas durante la época seca (Figura 6) La aplicación en varias dosis fue tan efectiva como una sola aplicación básica en el momento de la siembra Como se observa en la Figura 7 en el mismo suelo se obtuvo una respuesta significativa durante la estación lluviosa a la aplicación de 100 kg /ha de N en forma de urea y de 200 kg /ha de N en forma de urea recubierta con azufre (URA) En suelos similares, Ngongi (1976) obtuvo respuesta a 100 kg /ha de N pero sólo en presencia de 150 kg /ha de K_2O y la aplicación de 200 kg /ha de N fué perjudicial En suelos de ceniza volcánica en Colombia Rodríguez (1975) obtuvo los mayores rendimientos con 145 kg /ha de N en combinación con 194 kg de P_2O_5 y 46 kg de K_2O Muchos investigadores (Vijayan, 1969 Acosta, 1954 Obigbesan 1976 Fox, 1975) han encontrado que la yuca responde negativamente a aplicaciones altas de N ya que estas estimulan el crecimiento excesivo del follaje y reducen la producción de raíces Krochmal (1970) registró una disminución en el rendimiento de raíces del 41 por ciento y un aumento del crecimiento del follaje del 11 por ciento con aplicaciones altas de N Vijayan (1969) observó una reducción en el número de raíces y en el contenido de almidón con niveles de N superiores a 75 kg /ha Otros investigadores (Vijayan 1969 Muthuswamy, 1974 Obigbesan 1976) registraron aumentos en el contenido de HCN debidos a las dosis altas de N Aparentemente los niveles altos de N estimulan la formación de productos nitrogenados como proteínas y HCN e inhiben la síntesis del almidón (Díaz 1966 Malavolta, 1954)

En Costa Rica (Acosta, 1974) se observó una respuesta del rendimiento a 50 kg /ha de N y una reducción del mismo con niveles mayores En Brasil no se obtuvo respuesta a la aplicación de N en Sao Paulo (Silva 1968) mientras que Normanha (1960) recomienda para los suelos estériles de Goias aplicar 20 kg /ha de N en cobertura entre 3 y 5 meses de edad Nunes (1974) obtuvo una respuesta positiva a 30 kg /ha de N en Río de Janeiro En Nigeria Occidental Amon (1973) recomienda una dosis de 25 kg /ha de N en combinación con 60 kg de K_2O en tanto que Obigbesan (1976) obtuvo rendimiento de 56 y 64 ton /ha en 15 meses aplicando 50 y 60 kg /ha de N En Ghana Stephens (1960) obtuvo una respuesta del rendimiento principalmente a P pero también hubo una respuesta leve a 25 kg /ha de N En el mismo país Takyi (1972) logró incrementar los rendimientos en un 50 por ciento aplicando 60 kg de N y 45 kg de P_2O_5 /ha pero no observó respuesta alguna a la aplicación de K y de Ca En Madagascar la yuca respondió principalmente al K pero se recomienda aplicar 30-60 kg /ha de N (Le Manioc 1953 De Geus 1967) En los suelos lateríticos ácidos del estado de Kerala en India Mandal (1971) logró los mayores rendimientos con 100 kg /ha de N aplicados la mitad en una sola dosis básica y la mitad en cobertura a los dos meses En suelos de turba de Malasia Chew (1970) obtuvo la mayor respuesta a N aplicando 180 kg /ha Kanapathy (1974) recomienda 120 kg /ha de N para suelos similares En Indonesia (Java) la yuca respondió principalmente al K y Den Doop (1937) no recomendaba la aplicación de N

La mayoría de los investigadores (Samuels 1970 Santaná 1975) no encuentra

diferencias significativas entre las diversas fuentes de N tales como urea, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, NaNO_3 aunque en India se considera que $\text{CaNH}_4(\text{NO}_3)_3$ es superior probablemente debido a su contenido de Ca (Trivandrum 1970) La URA no fué superior a la urea en Colombia (Figura 7) ni en Puerto Rico (Fox 1975) Normanha (1959) obtuvo un establecimiento pobre cuando se aplicaron N y K en los surcos El recomienda la colocación lateral del fertilizante en el momento de la siembra con una aplicación en cobertura de N a los tres meses (Normanha 1968) En Malasia Chan (1970) no encontró diferencias significativas entre la aplicación de N en cobertura o al voleo en el momento de la siembra Rodríguez (1975) aconseja aplicar los fertilizantes en el momento de la siembra en lugar de en dosis separadas en tanto que Samuels (1970) y Mandal (1971) prefieren aplicar la mitad en el momento de la siembra y la otra mitad de dos a dos meses y medio más tarde

En resumen normalmente la yuca no responde al nitrógeno o responde a dosis relativamente bajas y produce un follaje excesivo y pocas raíces con tasas de aplicación altas Se Observaron pocas diferencias entre las diversas fuentes de N Se recomienda aplicar el fertilizante en su totalidad en el momento de la siembra o en dos dosis una en el momento de la siembra y la otra de dos a tres meses más tarde

Deficiencia de fósforo

El fósforo es un componente básico de las nucleoproteínas ácidos nucleicos y fosfolípidos y de todas las enzimas involucradas en el transporte de energía El P es esencial para que puedan tener lugar procesos tales como la fosforilación fotosíntesis, respiración descomposición y síntesis de carbohidratos proteínas y grasas A través de estos procesos el P afecta el crecimiento de las raíces, la florecencia y la maduración de las frutas (Loteró 1974 Fassbender 1967) Como el P es esencial para el proceso de fosforilación en la síntesis del almidón un buen suministro de P aumentará la producción de raíces y el contenido del almidón Malavolta (1952) registró una reducción en el contenido de almidón de 32 a 25 por ciento cuando se eliminó el P de la solución de nutrientes La aplicación de P no tuvo efecto alguno sobre el contenido de HCN de las raíces (Muthuswamy 1974)

Aunque la yuca extrae cantidades relativamente pequeñas de P del suelo y crece en muchos suelos deficientes en P Edwards (1977) encontró que su requerimiento de P es muy alto y se desarrolla al máximo en soluciones con concentraciones de P de 15-40 veces más altas que las que necesita el maíz A concentraciones muy bajas de P la yuca produjo 18 por ciento del máximo en tanto que el maíz y la soya produjeron 21 y 34 por ciento respectivamente Los síntomas de deficiencia de P aparecieron a concentraciones mucho más bajas en el follaje de P que en los del maíz y la soya Por consiguiente la yuca requiere niveles altos de P para desarrollarse al máximo pero puede adaptar su índice de crecimiento a condiciones de deficiencia de este elemento (Edwards, 1977)

Krochmal (1968) observó que de los tres elementos principales el P era el que más afectaba el rendimiento y que en un experimento en un cultivo de arena aumentó la producción de raíces en 93 por ciento. Krochmal no encontró síntomas de deficiencia de P y sólo una leve reducción del crecimiento en un cultivo de arena que no contenía P. Por su parte Asher (1975) notó un enroscamiento hacia arriba y un amarillamiento de los niveles inferiores de las plantas deficientes en P. Posteriormente estas hojas se caen y el crecimiento de la planta se reduce en forma marcada. Se requirió una reducción del rendimiento de más del 70 por ciento para que se presentaran síntomas de deficiencia. La Figura 8 muestra la forma como los diversos niveles de nutrientes en la solución afectaron la producción de MS y el contenido de nutrimentos de la planta. Cuando la solución no contenía P el crecimiento de la planta disminuyó a casi 10 por ciento del índice normal pero no se presentaron síntomas de deficiencia. El contenido crítico de deficiencia de P fue aproximadamente 0.44 por ciento de P en la lámina foliar y 15 ppm de P en el suelo extraído con la solución Bray II Olsen ó North Carolina.

La deficiencia de P es más frecuente en los Oxisoles y Ultisoles como los de Campo Cerrado del Brasil, los Llanos Orientales de Colombia y los Llanos de Venezuela y en la mayoría de los suelos de Africa Tropical. En Asia los Ultisoles son comunes en Malasia, parte de India e Indonesia. Muchos Inceptisoles como los de los Andes (Andosoles) parte de los Llanos en Colombia, la región que corre a lo largo del Amazonas en Brasil, los de Hawaii - Camboya, India e Indonesia se caracterizan por la deficiencia y fijación sumamente alta de P.

En Costa Rica Acosta (1954) sólo observó respuesta al P en presencia de N. Rodríguez (1975) obtuvo el rendimiento máximo en suelos de ceniza volcánica de Colombia con 194 kg /ha de P_2O_5 . El ICA (1971) registró una respuesta positiva a 300 kg /ha de P_2O_5 en 13 de 14 ensayos llevados a cabo en terrenos de agricultores localizados principalmente en suelos deficientes en P de Cauca y Meta en Colombia. Ninguna encontró mucha correlación entre la respuesta y el contenido de P del suelo. En Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia el CIAT (1976) obtuvo una respuesta altamente significativa a la aplicación de 200 kg /ha de P_2O_5 y una respuesta adicional a 400 kg /ha de P_2O_5 empleando escoria básica y superfosfato simple (SFS). El principal factor limitante de la yuca en estos suelos fue la escasez de P. La Figura 9 muestra como la producción de follaje de yuca aumentó linealmente con la aplicación de P mientras que la de raíces aumentó cuadráticamente. O sea que con dosis bajas e intermedias de P la planta presentó el índice de cosecha más alto y la producción más eficiente de raíces en tanto que con dosis altas la planta produjo más follaje que raíces. Bajo las condiciones colombianas la aplicación de 200 kg /ha resultó más económica para la mayor parte de las fuentes de P exceptuando la escoria básica cuya dosis más económica fue 400 kg /ha de P_2O_5 (CIAT, 1976).

Normanha (1951-1960) encontró que el P era el factor más limitante de la producción de yuca en Sao Paulo y Goias (Brasil). Él recomendó la aplicación de 60-120 kg /ha de P_2O_5 en forma de harina de hueso o SFS. En suelos

pobres arenosos del mismo estado Si vi (1968) no obtuvo respuesta significativa a P sino a K En Río de Janeiro Nunes (1974) registró un aumento del rendimiento del 86 por ciento con 40 kg /ha de P_2O_5 en suelos cuyo principal factor limitante era el P La aplicación de 67 kg /ha de P_2O_5 fue más económica En el estuario del Amazonas Albuquerque (1968) obtuvo rendimientos máximos con 100 kg /ha de P_2O_5 en forma SFS

Amon (1973) no recomendó el uso de P en Nigeria Occidental mientras que en Ghana Stephens (1960) y Takyi (1972) alcanzaron los mayores rendimientos con 24 y 45 kg /ha de P_2O_5 Aunque la yuca responde principalmente al K en Madagascar De Geus recomendó el uso de 130 kg /ha de P_2O_5

Vijayan (1969) y Trivandrum (1971) lograron los mejores rendimientos en el estado de Kerala (India) con 100 kg /ha de P_2O_5 en combinación con 100 de N y 100 de K_2O la fuente más económica de P fue la escoria básica Ghadha (1958) registró en el mismo estado un incremento del rendimiento hasta de 25 por ciento con 80 kg /ha de P_2O_5 Para los suelos de turba de Malasia Chew (1970) aconseja 50 kg /ha de P_2O_5 aunque Kanapathy (1974) no noto una respuesta al P en estos suelos

Las fuentes de P que se emplean con más frecuencia son superfosfato triple y simple La escoria básica es tan efectiva como el SFT especialmente en suelos ácidos y donde se encuentra disponible es generalmente una fuente menos costosa (CIAT 1976 Trivandrum 1971) La Figura 10 muestra la respuesta de la yuca a varias fuentes de P en los Llanos de Colombia El SFT fue superior al SFS (aplicado manualmente) y la escoria básica y la roca fosfórica incorporadas también fueron sumamente efectivas La combinación de la roca fosfórica con azufre elemental o H_2SO_4 mejoró considerablemente su disponibilidad La disponibilidad de P de las rocas fosforicas provenientes de diferentes partes del mundo varía notablemente y la yuca responde a su aplicación de acuerdo con su solubilidad en citrato Entre las mejores fuentes de roca fosfórica están Carolina del Norte Marruecos y Perú (CIAT 1976) La Figura 10 muestra que la aplicación de la escoria basica al voleo fue muy superior a la aplicación en banda En el caso del SFT no se encontraron diferencias significativas entre los dos metodos pero en los suelos que fijan mucha cantidad de P la aplicación en bandas es superior Ofori (1970) sugiere que la aplicación de P al voleo una vez que la planta está establecida pudiera ser más eficaz toda vez que las raíces aún están absorbiendo activamente y se encuentran en los primeros 10 cm de suelo una vez que las raíces comienzan a funcionar como receptáculos de almacenamiento de carbohidratos dejan de jugar un papel activo en la absorción de nutrientes Campos (1974) y Sena (1973) encontraron raíces de yuca a una profundidad de 140 cm pero calcularon que el 86 por ciento de las raíces se encuentran en los primeros 10 cm de suelo De aquí que la incorporación de fertilizantes no sea aparentemente benéfica

Deficiencia de potasio

El potasio no es un componente básico de las proteínas de los carbohidratos o de las grasas pero toma parte en su metabolismo el K es esencial para la translocación de carbohidratos desde el follaje hasta las raíces

ces (Malavolta 1954) Por consiguiente la deficiencia de K da como resultado una producción excesiva de follaje y pocas raíces Blin (1905) y Obigbesan (1973) informaron que el K incrementa el contenido de almidón y disminuye el de HCN en las raíces o sea que ejerce el efecto contrario al del N Muthuswamy (1974) no encontró efecto alguno del P y del K sobre el contenido de HCN de las raíces mientras que Payne (1956) registró un contenido más alto de HCN en raíces provenientes de suelos deficientes en K Como mencionamos anteriormente la yuca extrae más K del suelo que de ningún otro elemento un cultivo normal absorbe aproximadamente 100 kg /ha de K_2O

La deficiencia de potasio se caracteriza por una disminución del índice de crecimiento de la planta y en casos muy severos por moteado de color morado de las hojas más viejas de la planta con enroscamiento de los márgenes foliares y clorosis y necrosis del ápice y de los bordes de las hojas (Asher 1975 Krochmal 1968) Las hojas más viejas y los peciolo se envejecen prematuramente y se caen La deficiencia de K también produce entrenudos más cortos y menor altura de la planta Díaz (1966) observó una ramificación excesiva en plantas deficientes en K Ngongi (1976) informó que la aplicación de K aumentaba el tamaño de las hojas el número de lóbulos foliares la retención foliar y la altura de la planta El contenido crítico de K es 1.2 por ciento para la lámina foliar y 2.5 por ciento para los peciolo

La deficiencia de K en la yuca se encuentra a menudo en muchos suelos donde otros cultivos no responden al K Entre los suelos más deficientes en K están los de los Llanos Orientales de Colombia La mayor parte de los Aldosoles de Sur América tienen niveles razonables de K La deficiencia de K también se puede dar en suelos arenosos

En Puerto Rico Samuels (1970) obtuvo una respuesta a 100 kg /ha de K_2O mientras que Murillo (1962) no encontró respuesta alguna en suelos lateríticos de Costa Rica El ICA (1971) registró respuesta al K en 11 de 14 ensayos realizados en Colombia Ngongi (1976) consiguió una respuesta significativa a 240 kg /ha de K_2O en los Llanos Orientales y a 120 kg /ha de K_2O en el Valle del Cauca (Figura 11) El K_2SO_4 fué superior al KCl en los Llanos por cuanto las aplicaciones altas de KCl indujeron deficiencia de S Este problema se pudo solucionar aplicando K_2SO_4 ó mezclando S con KCl Los niveles altos de K también disminuyeron los contenidos de Mg de las hojas y de los peciolo posiblemente al inducir deficiencia de Mg Ngongi (1976) notó además una fuerte interacción N x K a tal punto que el cultivo sólo respondía al N en presencia de K El CIAT (1976) registró rendimientos máximos en los mismos suelos con 160 kg /ha de K_2O

En Brasil Nunes (1974) no encontró respuesta significativa al K en Río de Janeiro en tanto que Normanha (1960 1961) recomienda aplicar 30-100 kg /ha de K_2O en Sao Paulo y Goias Silva (1968) obtuvo una respuesta significativa al K en los suelos arenosos pobres de Sao Paulo Díaz (1966) afirma que la deficiencia de K es más frecuente en Sao Paulo Albuquerque

(1968) alcanzo rendimientos máximos con 180 kg /ha de K_2O en el estuario del Amazonas

En el oriente de Nigeria Irving (1947) obtuvo respuesta al K en suelos ligeramente ácidos en tanto que Amon (1973) recomienda el uso de 60 kg /ha de K_2O en el occidente nigeriano Takyl (1972) no encontró respuesta al K en un Ocroso forestal de Ghana

La deficiencia de K fue el principal factor limitante en Madagascar (Roche 1957) y se recomienda aplicar 110 kg /ha de K_2O (DeGeus 1967 Le Manioc 1952 Essais de Fumure 1953) La aplicación de K incrementó significativamente el contenido de este elemento en la felodermis (Cours 1961) y disminuyó los de N y P El contenido de K en las hojas puede aumentar con mayores niveles de K sin que por ellos se incremente el rendimiento (Ngongi 1976)

En India Kumar (1971) y Trivandrum (1969) lograron obtener una respuesta significativa con 100 kg /ha de K_2O mientras que Chadha (1958) registró un aumento del rendimiento hasta del 75 por ciento con 160 kg /ha Este último autor encontró una fuerte interacción de N x K y recomendó la aplicación de N y K_2O en una proporción de 1:1:75 En los suelos turbosos de Malasia se puede cultivar la yuca continuamente aplicando 90 kg /ha de K_2O y 120 kg de N (Kanapathy 1974) Chew (1971) recomendó 110 160 kg /ha de K_2O para estos suelos Tanto Nyholt (1935) como Den Doop (1937) consideran que el K es el principal factor limitante en Indonesia Den Doop (1937) obtuvo una respuesta positiva a 150 kg /ha de K_2O en la primera siembra y un efecto residual fuerte a la aplicación de 300 kg /ha de K_2O en la segunda y tercera siembras (Figura 12) Según el mismo autor, la aplicación de K aumenta el requerimiento de P y la disponibilidad de K disminuye durante las sequías Kumar (1977) logró mejores resultados con la aplicación de la mitad de las dosis en el momento de la siembra y la mitad un mes más tarde Normanha (1952) y Silva (1968) indicaron que la aplicación de KCI en contacto con el cangre es especialmente perjudicial para la germinación y recomendaron la colocación lateral del P y del K y la aplicación en cobertura del N a los tres meses El CIAT (1976) no encontró diferencias significativas entre los diferentes métodos de aplicación de NPK (10-20-20) incluyendo la aplicación al voleo en bandas en círculo alrededor de la planta y localizada bajo el cangre

Deficiencia de calcio y magnesio

El calcio desempeña un papel importante en la regulación del suministro de agua de la planta mientras que el magnesio es un componente de la clorofila y por lo tanto está involucrado en la fotosíntesis

La deficiencia de Ca se manifiesta en una reducción del crecimiento de la raíces sin síntomas foliares definidos Forno (1976) encontró que la escasez de Ca durante la propagación de la yuca en cámara húmeda daba como resultado pudrición radical Esto podía evitarse agregando 150 μM de Ca a

la solución nebulizadora (Forno, 1976)

La deficiencia de Mg se caracteriza por clorosis de las áreas comprendidas entre las venas de las hojas inferiores la cual comienza por el ápice y los bordes foliares mientras que las venas permanecen de color verde oscuro (A her 1975 Lozano 1976) El nivel de Mg en las hojas inferiores que presentaban deficiencia era 0.05 ppm y el de las hojas normales 0.26 ppm en tanto que el de los peciolos era 0.04 y 0.28 ppm, respectivamente En general los peciolos son más sensibles a la deficiencia de Ca y Mg que las láminas foliares

Las deficiencias de Mg y Ca son más frecuentes en los Ultisoles y Oxisoles ácidos estériles, pero la deficiencia de Mg en la yuca también se ha observado en los suelos de ceniza volcánica de Popayán (Colombia) los cuales presentan niveles bajos de Mg y altos de K

La deficiencia de Ca se controla corrientemente aplicando cal aunque también puede emplearse una fuente más soluble como yeso o CaSO_4 , especialmente si el suelo tiene un nivel bajo de S La deficiencia de Mg se puede controlar con cal dolomítica ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$), MgO ó MgSO_4 Ngongi (1976) obtuvo en los Llanos Orientales una respuesta significativa a la aplicación de 50 kg /ha de Mg en forma de MgSO_4 ó MgO, pero el MgSO_4 fue muy superior al MgO probablemente debido a su contenido de S y a su mayor solubilidad (Figura 13) Los niveles superiores a 50 kg /ha de Mg disminuyeron los rendimientos por cuanto seguramente indujeron deficiencia de Ca

Toxicidad del aluminio y del manganeso y efecto del pH

Gran parte de los suelos de las regiones tropicales son improductivos debido al alto grado de acidez el que en el caso de muchos suelos minerales generalmente va acompañado de toxicidad de aluminio y/o manganeso Dichos suelos podrían convertirse en productivos por medio del encalamiento el cual incrementa el pH y el contenido de Ca y reduce el Al intercambiable y el Mn (Figura 14) Sin embargo el costo de la cal incluyendo su transporte es prohibitivo en muchas regiones y sólo se pueden aplicar cantidades relativamente pequeñas para que no resulte tan oneroso Para estas áreas es sumamente importante seleccionar cultivos que toleren la acidez del suelo y niveles altos de Al y de Mn Entre los cultivos tolerantes hay algunos especialmente tolerantes a las condiciones adversas de este tipo Edwards (1977) demostró que de tres cultivos ensayados la yuca era la que mejor toleraba un pH bajo de la solución nutritiva Además fué la que menos sufrió debido a los niveles altos de Al y Mn La Figura 15 muestra que en los ensayos de selección en el campo con seis cultivos alimenticios la yuca y el caupí produjeron 54 y 60 por ciento de sus rendimientos máximos sin aplicación de cal en tanto que el arroz el maíz y el frijol prácticamente no dieron rendimiento bajo estas condiciones Por consiguiente aunque todos estos cultivos respondieron positivamente al encalamiento la yuca y el caupí toleraron mucho mejor la acidez del suelo Actualmente se están efectuando selecciones a grande escala en el campo y en soluciones nutritivas con el objeto de identificar los cultivares de yuca más tolerantes

La toxicidad de Al se caracteriza por una falta general de vigor y un crecimiento radical muy pobre. Las hojas inferiores son amarillas y necróticas aun cuando esto también puede deberse a deficiencia de Mg la cual se presenta a menudo simultáneamente con la toxicidad de Al en el campo. La Figura 16 muestra como el encalamiento del suelo puede realmente disminuir los rendimientos de la yuca al inducir deficiencia de Zn. La yuca como la mayoría de los cultivos únicamente dió una respuesta positiva a la aplicación de hasta 6 ton /ha de cal en presencia de una cantidad suficiente de Zn. La Figura 17 muestra como el contenido de Zn disminuyó drásticamente con el encalamiento alcanzando niveles inferiores al contenido crítico de Zn (60 ppm) cuando se aplicaron 6 ton /ha de cal. La aplicación de Zn evitó que se llegara al nivel crítico y las plantas no sufrieron de deficiencia de Zn incluso con la dosis más alta de encalamiento. En consecuencia se debe ser sumamente cuidadoso al encalar suelos poco fértiles a fin de no inducir deficiencias de oligoelementos tales como Zn, Cu, Mn y B.

Samuels (1970) obtuvo en Puerto Rico una respuesta positiva a la aplicación de 2 ton /ha de cal a un suelo con un pH de 4.5. En Cruz das Almas (Brasil) no se logró obtener respuesta al encalamiento en 3 años de ensayos (Conceicao 1973). No obstante Silva (1968) y Normanha (1961) recomiendan la aplicación e incorporación profunda de cal en los suelos de São Paulo (Rodríguez, 1976) aconseja aplicar 1.5 ton /ha de cal por cada me de Al/100 gm aunque información del CIAT (1975) señala que la yuca puede tolerar relativamente bien de 2-3 me de Al/100 gm. Normanha (1951) sugiere utilizar 2 ton de cal dolomítica si el pH del suelo es inferior a 5. En India Trivandrum (1971) también recomienda la aplicación de 2 ton /ha de cal y encontró que ésta aumentaba la disponibilidad de P.

En los suelos de turba de Malasia Kanapathy (1970) y Lim (1973) observaron que la yuca sobrevivía sin encalamiento en suelos con un pH de 3.2 en tanto que el maíz y el maní murieron. Como el contenido de Al de estos suelos es muy bajo, este es principalmente un efecto directo del pH. Para obtener rendimientos óptimos ellos recomiendan el uso de la cal y aclaran que su efecto benéfico se debe principalmente al aumento del pH más que al suministro de Ca.

La yuca tolera relativamente bien los suelos ácidos pero no un pH sumamente alto y es bastante sensible a la alcalinidad y salinidad del suelo. La Figura 18 muestra como los rendimientos de la yuca disminuyeron drásticamente cuando el pH era superior a 7.8 el porcentaje de saturación de Na era mayor de 25 por ciento o la conductividad eléctrica superaba los 0.5-0.7 mmhos /cm. En cambio estas condiciones no afectaron tanto los rendimientos del frijol. Los cultivares de yuca tenían niveles de tolerancia muy diferentes y algunos eran adecuados para suelos con pH altos. Aun cuando la aplicación de 2 ton /ha de S incrementó los rendimientos bajo las condiciones de pH alto del CIAT (1976), esta práctica es generalmente muy costosa para ser recomendada. Una solución más práctica es seleccionar otro cultivo o una variedad con mayor tolerancia a la salinidad.

Deficiencia de azufre

El azufre es un componente básico de varios aminoácidos y en consecuencia toma parte en la síntesis de las proteínas. Cuando el suministro de S es inadecuado las plantas acumulan en las hojas cantidades excesivas de N inorgánico, aminoácidos y amidas y dejan de formar proteínas (Stewart 1969). Krochmal (1968) y Asher (1975) observaron que la deficiencia de S se manifiesta en una coloración verde pálido a amarillo de las hojas superiores similar a la ocasionada por la deficiencia de N. Ngongi (1976) encontró que en los Llanos Orientales de Colombia la aplicación de I_2SO_4 era significativamente mejor que la de KCl pero que mezclando S con HCl se podía obtener un efecto similar. Por consiguiente concluyó que el S era el factor limitante y que las aplicaciones altas de cloruros podían inhibir la absorción de sulfato e inducir la deficiencia de S.

Deficiencias de microelementos

Para diagnosticar las deficiencias de oligoelementos se recomienda efectuar análisis de suelo y/o foliare. En la parte inferior del Cuadro 5 se indican los niveles considerados normales. Los niveles críticos de deficiencia de Zn (determinados mediante extracción con 0.25 N H_2SO_4 + 0.05 N HCl) son aproximadamente 60 ppm en las láminas foliares y 2 ppm en el suelo. En el caso del B éstos son 15 ppm aproximadamente para las hojas (Forno 1976) y 0.3-0.6 ppm de B soluble en agua caliente para el suelo.

Si bien la determinación de las deficiencias de elementos principales de la yuca con base en los síntomas visibles es bastante difícil en el caso de los elementos menores éstos son muy claros y el diagnóstico es sencillo. Lozano (1976) tomó fotografías a color de dichos síntomas los cuales se describen brevemente a continuación (Krochmal 1968, Asher 1975, Lozano 1976).

Deficiencia de Zn

Moteado blanco o amarillo de las áreas intervenosas de las hojas superiores y producción de hoja muy pequeñas de color verde pálido en el punto de crecimiento. En casos severos las hojas se decoloran y toman una coloración entre blanca y amarilla.

Deficiencia de Cu

Moteado blanco de las áreas intervenosas similar al causado por la deficiencia de Zn. En casos extremos se presenta amarillamiento uniforme de la parte superior de la planta, deformación del punto de crecimiento y disminución del desarrollo de las raíces.

Deficiencia de Fe

Clorosis de las áreas intervenosas seguida por el amarillamiento uniforme o decoloración completa de las hojas superiores de la planta. No hay reducción en el tamaño de la planta.

Deficiencia de Mn

Clorosis de las áreas intervenosas seguida por el amarillamiento uniforme de las hojas similar al causado por la deficiencia de Fe sólo que el amarillo es más pálido y hay menos contraste entre el color de las venas y de las áreas intervenosas.

Deficiencia de B

Manchas cloróticas pequeñas situadas cerca del ápice de las hojas jóvenes plantas y hojas pequeñas muerte del ápice radical e inhibición de la formación de raíces laterales.

Toxicidad de B

Manchas necróticas y quemazón en el ápice foliar y a lo largo de los bordes de las hojas inferiores.

Los informes sobre deficiencias de microelementos en la yuca no son muy frecuentes pero seguramente éstos limitan el rendimiento más de lo que se cree. Cuando no se aplica Cu a los suelos de turba de Malasia la yuca presenta raquitismos y la parte superior de la planta se vuelve completamente amarilla (Kanapathy 1970). Chew (1971) recomienda una fertilización básica de 15 kg /ha de Cu en forma de CuSO_4 la cual elimina este problema durante varios años. En Colombia tanto bajo las condiciones alcalinas del CIAT como en los suelos sumamente ácidos de los Llanos Orientales se observan a menudo síntomas de deficiencia de Zn y respuestas significativas de la yuca a la aplicación de este elemento. En el CIAT los mejores resultados se obtuvieron con una aplicación foliar de ZnSO_4 al 1 por ciento o sumergiendo el material vegetativo de propagación en una solución de ZnSO_4 al 1 por ciento antes de la siembra. La medida más efectiva en los suelos ácidos de los Llanos fue la aplicación de ZnSO_4 (10 kg /ha) aunque una combinación de inmersión de los cangres en la solución y aplicación foliar es probablemente el sistema de aplicación más económico.

La Figura 19 muestra que entre los oligoelementos ensayados en los Llanos el Zn dió la mejor respuesta seguido por el Cu y el Mn. Sin embargo nunca se observaron síntomas de deficiencia de Mn y Cu. Aunque estos suelos tienen un contenido bajo de B la yuca no respondió realmente a la aplicación de B. En comparación con cultivos como el maíz y el frijol la yuca tiene un requerimiento relativamente bajo de B a diferencia de su requerimiento excepcionalmente alto de Zn. La aplicación de cantidades excesivas de un microelemento puede inducir fácilmente la deficiencia de otro. Los elementos menores pueden ser de suma importancia para obtener una producción óptima pero su aplicación se debe dosificar cuidadosamente.

13246

Resumen y conclusiones

Aunque la yuca se desarrolla relativamente bien en suelos infértiles ácidos donde muchos cultivos no prosperan, también responde a la fertilización y de hecho tiene un requerimiento de P sumamente alto. El P es generalmente el elemento más limitante del rendimiento en tres clases de suelos tropicales. En los Llanos Orientales de Colombia los rendimientos se triplicaron por medio de la fertilización adecuada con P.

La yuca extrae grandes cantidades de K del suelo (aproximadamente 10 kg de K_2O por cada 25 toneladas de raíces) y este elemento puede agotarse si se cultiva yuca continuamente sin retornar al suelo cantidades apropiadas de K. Bajo esas condiciones el cultivo responde a dosis altas de K.

En comparación con otros cultivos la yuca tiene un requerimiento de N igual o más bajo, y por lo general sólo se recomienda aplicar niveles bajos de N. La aplicación excesiva de fertilizantes nitrogenados estimula el crecimiento del follaje y reduce la síntesis del almidón. La yuca tolera bastante bien los suelos ácidos donde otros cultivos sufren de toxicidad de Al o de Mn. También tolera un pH bajo aun cuando el pH óptimo para este cultivo varía de 5.5-7.5. La yuca responde a dosis bajas de K pero es susceptible al exceso de encalamiento el cual puede inducir deficiencias de elementos menores.

Entre las deficiencias de elementos menores la de Zn es la más frecuente. Se puede subsanar mediante la aplicación de $ZnSO_4$ al suelo empleándolo como aspersión foliar o para sumergir el material de propagación.

Por medio de la selección de un gran número de cultivares de yuca por su tolerancia a las condiciones adversas del suelo tales como la acidez o la poca disponibilidad de P es posible obtener material genético que esté excepcionalmente bien adaptado para desarrollarse en suelos pobres con un mínimo de fertilización.

REFERENCIAS

- 1 Acosta J R and Pérez J 1954 Abonamiento en yuca (Fertilization of cassava) Suelo Tico 7(31) 300 308
- 2 Albuquerque M De 1968 Estudio de fertilidade con mandioca em latosolo amarelo esgotado da Zona do Estuario Amazonico (Fertility studies with cassava on exhausted yellow latosol in the Amazonian Estuary Zone) Brasil Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuarias do Norte Boletín Informativo No 134
- 3 Amon B O E and Adetunji S A 1973 The response of maize, yam and cassava to fertilizers in a rotation experiment in the savannah zone of western Nigeria Nigerian Agricultural Journal 10(1) 91-98
- 4 Aher, C J 1975 Symptoms of nutritional disorders in cassava Mimeograph Dept Agr Un Queensland, Brisbane, Australia
- 5 - Barrios, E A and R Brossani 1967 Composición química de la raíz y de la hoja de algunas variedades de yuca Manihot Turrialba 17 314 320
- 6 Birkinshaw F A 1926 A brief summary of tapioca cultivation on what is a now valuable rubber estate in province Wellesley Malayan Agr J 14(11) 361-364
- 7 Blin H 1905 La fumure du manioc (Fertilization of cassava) Bulletin Economique de Madagascar no 3 419-421
- 8 - Bonnefoy J V 1933 Calcul des éléments fertilisants enlevés au sol par une récolte de manioc (Calculation of the fertilizer elements taken from the soil by a cassava harvest) Bulletin Economique de Madagascar no 83 75-77
- 9.- Campos H Dos R and Sena Z F De 1974 Profundidade do sistema radicular do aipim maragogipe (Manihot esculenta Crantz) em diferentes idades (Distribution of the root system of 'Aipim Maragogipe' (Manihot esculenta Crantz) at different growing periods) Cruz das Almas, Bahia Brasil, Universidade Federal da Bahia Escola de Agronomia
- 10 - Chadha T R 1958 Fertilizer experiments on tapioca in the Perala State Journal of the Indian Society of Soil Science 6(1) 53-63
- 11 Chan Seal then 1970 Notes on the growing of cassava at

Serdang In Blencowe E K and J W Blencowe Crop
diversification in Malaysia Kuala Lumpur Malaysia
Incorporated Society of Planters pp 139 148

- 12 - Chew W Y 1970 Varieties and NPK fertilizers for tapioca
(Manihot utilissima Pohl) on peat Malaysian Agricultural
Journal 47(4) 483 491
- 13 - Chew W Y 1971? The performance of tapioca sweet potato
and ginger on peat at the Federal Experiment Station Jalan
Kebun Selangor Kuala Lumpur, Agronomy Branch Division of
Agriculture 7 p
- 14 - CIAT 1974 Annual Report Centro Internacional de Agricultura
Tropical Cali, Colombia
- 15 - CIAT 1975 Annual Report Centro Internacional de Agricultura
Tropical, Cali Colombia
- 16 CIAT 1976 Annual Report Centro Internacional de Agricultura
Tropical Cali, Colombia
- 17 Conceicao, A J Da Tavares F D and Guimaraes C D 1973
Calagem em solos para mandioca (Fertilizer application for
cassava) Cruz das Almas Brasil Universidade Federal da
Bahia Escola de Agronomia Brascan Nordeste Serie Pesquisa
1(1) 53 60
- 18 - Cours G 1953 Le manioc (Cassava) In Recherche Agronomique
de Madagascar Inspection Generales des Services Agricolas
Compte rendu no 2 78-88
- 19 Cours G Fritz J and Ramahadimby G 1961 El diagnóstico
felodermico de la mandioca (Phellodermic diagnosis of the
nutritional status of cassava) Fertilité no 12 3-20
- 20 - Dias C A de C 1966 Mandioca também se aduba (cassava also
has to be fertilized) Tr 8(9) 14-16
- 21 - Doop, J E A Den 1937 Groene bemesting kunstmest and andere
factoren in Sisal - en Cassave-productie VI (Green manure
fertilizers and other factors in sisal and cassava production
VI) Bergcultures 11(36)1290-1305
- 22 - Doop J E A Den 1937 Groene bemesting kunstmest en andere
factoren in Sisal - en Cassave-productie (Green manure
fertilizers and other factors in the production of sisal and
cassava V) De Bergcultures 9 264-278
- 23 Doop J E A Den 1941 Factors influencing the availability
of the indigenous phosphorus in an acid tropical soil Soil
Science 52 101-120

- 24 - Du Fournet R y Guarin 1957 Note sur la culture du manioc a Madagascar Riz et Riziculture 3 15-38
- 25 - Dulong R 1971 Le manioc a Madagascar (Manioc in Madagascar) Agronomie Tropicale 26 (8) 791 829
- 26 - Essais De 1953 Fumure du manioc (Fertilizer trials with cassava) Recherche Agronomique de Madagascar Compte Rendu no 2 85-88
- 27 - Fassbender H W 1967 La fertilización del frijol (Phaseolus sp) Turrialba 17(1) 46-52
- 28 - Forno D A 1977 Mineral nutrition of cassava Ph D Thesis Un of Queensland, Brisbane Australia
- 29 - Forno D A Asher C J and Edwards D G 1976 Mist propagation of cassava tip cuttings for nutritional studies effects of substrate calcium concentration temperature and shading Tropical Agriculture (Trinidad)58(1) 47 55
- 30 - Fox R H Talleyrand H and Scott T J 1975 Effect of nitrogen fertilization on yields and nitrogen content of cassava Llanera cultivar Journal of Agriculture of University of Puerto Rico 59(2) 115-124
- 31 - De Geus J G 1967 Root crop Cassava In De Geus J G Fertilizer guide for tropical and subtropical farming Zurich, Centre d'Etude de l'azote pp 181-185
- 32 - Gómez A 1975 Erosión y Conservación de los Suelos de Ladera de los Departamentos de Caldas Quindío y Risaralda (erosion and soil conservation of steep soils of the departments Caldas Quindío and Risaralda) mimeograph CENICAFE Manizales Colombia
- 33 - Hongsapan S 1962 Does planting of cassava really impoverish the soil? Iasikorn 35(5) 403 407
- 34 - Instituto Colombiano Agropecuario 1971 Respuesta de la yuca a la fertilización en parcelas demostrativas (Cassava response to fertilization in demonstration plots) Tibaitata Colombia
- 35 - Irving H 1956 Fertilizer studies in eastern Nigeria 1947-51 Enugu Nigeria The Government Printer 34 p
- 36 - Kanapathy I and Keat G A 1970 Growing maize sorghum and tapioca on peat soil In Glencove E I and J W eds Crop diversification in Malaysia Kuala Lumpur Malaysia Incorporated Society of Planters pp 25-35
- 37 - Kanapathy I 1974 Fertilizer experiments on shallow peat under continuous cropping with tapioca Malaysian Agricultural Journal

- 38 - Krochmal, A and C Samuels 1968 Deficiency symptoms in nutrient pot experiments with cassava CEIBA 14 7 16
- 39 - Krochmal A and C Samuels 1970 The influence of NPK levels on the growth and tuber development of cassava in tanks Ceiba 16(2) 35 43
- 40 - Iumar B Moham, R C Mandal and M L Magoon 1971 Influence of potash on cassava Indian Journal of Agronomy 16(1) 82-84
- 41 - Iumar B Moham P C Mandal G M Nair and N Hrish, 1977 Effect of farm yard manure and NPK on cassava p 122-124 In J Coel R McIntyre and M Graham (Ed) Proc IV Symp Intern Sec Trop Root Crops Cali Colombia 1976
- 42 - Lambourne J 1927 A preliminary report on tapioca as a catch crop with oil palms Malayan Agr J 15 104 113
- 43 - Le Manioc (Cassava) 1952 Recherche Agronomique de Madagascar no 1 49-52
- 44 - Lim C I Chin Y I and Belle Jones, E W 1973 1973 Crop indicators of nutrient status of peat soil Malaysian Agricultural Journal 49(2) 198-207
- 45 - Loteio J C 1974 Absorción de fósforo y sus funciones en la planta En Suelos Ecuatoriales El fósforo en zonas tropicales pp 422
- 46 - Lozano J C A Bellotti A van Schoonhoven P Howeler J Doll D Ho ell and T Bates 1976 Field problems of cassava CIAT Serie Ge-16 Cali Colombia
- 47 - Malavolta E et al 1954 Estudos sobre a alimentação mineral da mandioca (Manihot utilissima Pohl) Mineral nutrients of cassava (Manihot utilissima pohl) Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz' (Brazil) 11 21 40
- 48 - Malavolta E E A Graner I Coury I O 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
- 49 - Mandal P C Singh I D and Magoon L 1971 Relative efficacy of different sources levels and split application of nitrogen in tapioca Indian Journal of Agronomy 16(4) 449-452
- 50 - Mejia Iranco P 1964 El Cultivo de la Yuca y su Explotación Industrial Agr Tropical 1 13-21

- 51 urillo A G 1967 Estudios sobre Yuca (Manihot utilissima Pohl)
Un de Costa Rica San José Costa Rica
- 52 Muthuswami P et al 1974 Hydrocyanic acid content of cassava
(Manihot esculenta Crantz) peel as affected by fertilizer
application Current Science 43(10) 312
- 53 Ngongi A G N 1976 Influence of some mineral nutrients on
growth composition and yield of cassava (Manihot esculenta
Crantz) Ph D Thesis Cornell Un Ithaca NY
- 54 - Normanha F S 1951 Adubacao da mandioca no Estado de São Paulo
I Efeito da adubação mineral (Cassava fertilization in the
state of São Paulo I Effect of mineral fertilization)
Bragantia 11(7-9) 181-194
- 55 Normanha E S and Freire E S 1959 Consequencias da aplicacao
de adubos em contato com ramas de mandioca (Effect of
fertilizer application in contact with cassava cuttings)
Bragantia 18 1-4
- 56 Normanha F S 1960 Adubação do mandiocal e mamoneiras em terras
fracas (Manuring of cassava and castor-oil plantations in
sterile soils) Chácara e Quintaes 10(2) 162
- 57 Normanha E S 1961 Adubação da mandioca (Fertilization of
cassava) MIR 3(8) 18-19
- 58 - Normanha F S Ferreira A S Freire F S 1968 modo e época
de aplicação de adubos minerais em cultura de mandioca Bragantia
27(12) 143-154
- 59 Nunes Da O et al 1974 Pesquisa da mandioca a adubacao mineral
e o método de aplicao do potássio em solos de baixa
fertilidade (Cassava responses to mineral fertilizing and
methods of potassium application in low fertility soils)
Pesquisa Agropecuária Brasileira (Série Agronomia) 9(9) 1-9
- 60 Nijholt J A 1935 Opname van voedingsstoffen uit den bodem bij
cassave (Absorption of nutrients from the soil by a cassava-
crop) Puitenzorg Algemeen Proefstation voor den Landbouw
Iorte mededeelingen No 15
- 61 Obigbesan C O 1973 The influence of potassium nutrition on
the yield and chemical composition of some tropical root and
tuber crops. In International Potash Institute Colloquium
10th Abidjan Ivory Coast
- 62 Obigbesan C O and Fryer A A A 1976 Investigations on
Igerian root and tuber crops Influence of nitrogen
fertilization in the yield and chemical composition of two
cassava cultivars (Manihot esculenta) Journal of Agricultural
Science 86 (2) 401-406

- 63 - Ofori C S 1970 Absorption and translocation of phosphate through cassava tubers (Manihot esculenta Crantz) Ghana J Agr Sci 3 203-205
- 64 - Orioli, G, A et al 1957 Acumulación de materia seca N, P K y Ca en Manihot esculenta (Accumulation of dry matter N P K and Ca in Manihot esculenta) Bonplandia (Argentina) 2(13) 175-182
- 65 - Pages A 1955 Sur la composition minerale des feuilles de certaines plantes entrant dans la ration alimentaire habituelle de la population des Hauts-Plateaux de Madagascar (The mineral composition of leaves of certain plants forming part of the daily rations of the population of the High Plateaux in Madagascar) Naturaliste Malgache 7(2) 215 218
- 66 - Payne H and Webster D C 1956? The toxicity of cassava varieties on two Jamaican soil types of differing potassium status Kingston Jamaica Ministry of Agriculture and Fisheries Crop Agronomy Div
- 67 - Prevott, P and H Ollagnier 1958 La fumure potassique dans les regions tropicales et sub tropicales (The fertilization of K in tropical and subtropical regions) In Potassium Symposium Berne
- 68 - Roche P Velly J and Joliet B 1957 Essai de détermination des seuils de carence en potasse dans le sol et dans les plantes (Determination of the critical level of potassium deficiency in soil and plants) Revue de la Potasse
- 69 - Rodriguez, J M 1975 Fertilización de la yuca (Fertilization of cassava) In Curso sobre producción de yuca Medellín Instituto Colombiano Agropecuario Regional 4
- 70 Samuels G 1970 The influence of fertilizer levels and sources on cassava production on a lares clay in Puerto Rico In Annual Meeting C I C S 7th Martinique Guadalupe 1969 Proceedings
- 71 - Sant'ana A M, Carvalho J E B De and Borges I O 1975 Competicao de fontes de nitrogenio em solos para mandioca (Effects of different sources of nitrogen on cassava production) In Cruz das Almas Brasil Universidade Federal da Bahia Escola de Agronomia/ERASCAN Nordeste Série Pesquisa v 1 no 1
- 72 - Sena Z F De and Campos H Dos P 1973 Estudo do sistema radicular da mandioca (Manihot esculenta Crantz) submetidas a diferentes frequencias de irrigação (Study of the root system of cassava under different period of irrigation) Cruz das Almas Brasil Universidade Federal da Bahia Escola de Agronomia Brascan Nordeste Serie Pesquisa 1(1) 41-52

- 73 - Silva Jairo Pibeiro da e E S Freire 1968 Efeito de doses crescentes de nitrogenio, fósforo e potassio sobre a producao de mandioca em solos de baixa e alta fertilidade (Responses of cassava to increasing doses of nitrogen phosphorus and potassium) *Bragantia* 27(29) 357-364
- 74 - Silva Jairo Pibeiro da e E S Freire 1968 Influencia da aplicao de adubos minerais nos sulcos de plantio sobre os stands de culturas de mandioca (Effects of application of some fertilizers in the furrows on the stands of cassava fields) *Bragantia* 27(26) 291-300
- 75 - Stephens D 1960 Fertilizer trials on peasant farms in Ghana *Empire Journal of Experimental Agriculture* 109 1-22
- 76 - Stewart D A , and Porter, L I 1969 Nitrogen sulfur relationships in wheat (*Triticum aestivum* L) corn (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*) *Agr J* 61 267-271
- 77 - Takyi S I 1972 Effects of potassium lime and spacing on yields of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) *Ghana Journal of Agriculture Science* 5(1) 39-42
- 78 - Trivandrum 1970 Central Tuber Crops Research Institute Annual Report 1969 Trivandrum 83 p
- 79 - Trivandrum Central Tuber Crops Research Institute Annual Report 1970 Trivandrum 78 p
- 80 - Velly J 1969 Contribution a la determination de la fumure d entretien les exportations en elements minéraux de principales cultures (Contribution to the determination of soil maintenance fertilization the extractions of mineral elements by main crops) *Bulletin de Madagascar* 19 872 890
- 81 - Vijayan M P and Aiyer, P S 1969 Effect of nitrogen and phosphorus on the yield and quality of cassava *Agricultural Research Journal of Kerala* 7(2) 84-90

CUADRO 1 Cantidad de nutrimentos extraídos por tonelada de raíces de yuca cosechada

Parte de la planta	Rendimiento de raíces Ton/ha	N	P	K	Ca	Mg	Referencia
Raíces	40	1 83	0 37	1 82	0 36	1 08	Dulong (1971)
Raíces	52 7	0 72	0 53	5 08	0 65	0 37	Nyholt (1935)
Planta completa	52 7	2 50	0 92	9 04	3 06	0 99	Nyholt (1935)
Raíces	64 6	0 70	0 44	4 91	0 79	0 28	Nyholt (1935)
Planta completa	64 6	1 93	0 70	7 53	2 40	0 66	Nyholt (1935)
Raíces	6	1 0	0 29	2 64			Hongsapan (1962)
Raíces	42	3 64	0 40	4 40	0 60	0 14	Dufournet (1957)
Tallos	42	2 38	0 26	1 55	0 40	0 55	Dufournet (1957)
Planta completa	42	6 02	0 67	5 95	1 00	0 69	Dufournet (1957)
Raíces	26	6 85	0 77	3 50	1 0	0 12	Dufournet (1957)
Tallos	26	4 12	0 62	1 19	1 15	0 35	Dufournet (1957)
Planta completa	26	10 96	1 38	4 69	2 15	0 46	Dufournet (1957)
Raíces	25	2 20	0 19	1 60			Diaz (1966)
Raíces	50	3 06	0 34	3 70	0 50	0 12	Cours (1953)
Tallos	50	2 00	0 22	1 30	0 34	0 46	Cours (1953)
Planta completa	50	5 06	0 56	5 00	0 84	0 58	Cours (1953)
Raíces	18 6	1 14	0 50	2 35	0 41	0 53	I anapathy (1974)
Planta completa	18 6	4 67	2 02	7 33	2 45	1 37	
Raíces	2 6	1 49	0 49	2 11			Mejía Franco (1946)
Raíces	-	0 70	0 44	2 8	1 00	0 05	Bonnefoy (1933)
Planta completa	-	20 10	2 40	9 0	9 90	2 20	Bonnefoy (1933)
Raíces	-	2 02	0 43	3 02			I anapathy (1970)
Planta completa	-	6 28	1 89	6 53			
Raíces		3 00	0 50	3 5	0 60	0 10	Cours (1953)
Tallos		2 00	0 30	1 5	0 60	0 40	Cours (1953)
Planta completa		5 00	0 80	5 0	1 20	0 50	Cours (1953)
Raíces		1 82	0 36	1 77	0 34	1 08	Velly (1969)
Raíces	30	2 0	0 71	7 05			De Geus (1967)
Raíces	40	2 12	0 66	5 74	1 37		De Geus (1967)
<u>Promedio</u>							
Raíces		2 14	0 46	3 50	0 69	0 39	
Planta completa		6 95	1 26	6 67	2 37	0 99	

CUADRO 2 Contenido nutritivo de hojas tallos y raíces de varias edades de la mata de yuca (tomado de Nyholt 1935)

Month	Hojas 7 de MS					Tallos - 7 de MS					Raíces - 7 de MS				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
2	3 28	0 29	2 21	1 13	0 33	0 88	0 27	1 95	1 07	0 30	1 03	0 19	2,13	0 48	0 16
4	3,41	0 27	2 05	1 38	0 28	0 81	0,21	1 69	1 03	0 27	0 45	0 11	1 47	0 22	0 07
6	3 06	0 24	2 11	1 37	0 27	0 64	0 13	1 53	0 78	0 20	0,36	0 11	1,41	0 16	0 06
8	3 20	0,24	2 16	1 43	0 28	0 49	0 12	1 52	0 69	0 15	0 28	0 09	1 18	0 13	0 05
10	2 79	0 22	2 00	1 9	0 28	0 48	0 12	1 53	0 73	0 17	0 22	0,10	1 07	0,15	0 07
12	2 47	0 23	1 01	1 48	0,29	0 44	0 12	1 38	0 70	0 15	0 18	0,09	1 14	0 16	0 06
14	2 34	0,23	1,33	1 61	0 35	0 48	0 12	1 26	0 72	0 17	0 17	0 11	1 19	0 19	0 07

CUADRO 3 Contenido nutritivo de diferentes hojas pecíolos y tallos de yuca (Cours 1961)

Parte de la planta	N	P	K	Ca
	7		M S	
Hoja superior	3 84	0 23	0 80	0 45
Hoja inferior	2 48	0 13	0 72	0 81
Pecíolo de la hoja superior	1 63	0 17	1 04	1 13
Pecíolo de la hoja inferior	1 40	0 08	1 15	1 02
Parte superior de rama joven	1 36	0 16	0 49	1 40
Parte inferior de rama joven	1 28	0 06	0 40	0 45
Rama primaria	1 00	0 05	0 51	0 37
Felodermis de tallo principal	1 12	0 06	1 31	0 85
Madera de tallo principal	0 76	0 07	0 40	

CUADRO 4 Contenido nutritivo de diferentes partes de yuca reportadas por varios investigadores

Parte de la Planta	N	P	K	Ca	Mg	S	Referencia
	7						
Hojas jóvenes	5.5	0.4	1.2	0.7	0.3		Cours (1953)
Hojas vieja	5.0	0.3	0.7	1.4	0.4		
Cangre	0.95	0.39	2.47	0.42			Crioli (1967)
Hojas	2.00	0.25	1.27	2.20	0.55		rochmal (1970)
Pecíolos	0.86	0.24	1.56	5.86	1.23		
Tallos	0.60	0.30	1.92	0.30	0.17		
Raíces	0.27	0.11	0.59	0.10	0.13		Janapathy (1970)
Hojas	4.31 4.82	0.33 0.37	0.58 0.92				Roche (1957)
Hojas	3.4 6.17	0.22 0.37	0.78 1.05	0.27 0.93	0.24 0.44		Cours (1953)
Hojas		0.19		1.29			Barrios (1967)
Raíces		0.10		0.04			Barrios
Raíces		0.10		0.12			Barrios
Hojas + ramitas	3.10	0.33	1.33	1.03	0.64		Janapathy (1970)
Tallos	0.61	0.49	1.13	0.52	0.36		
Raíces	0.2	0.12	0.57	0.10	0.14		
Hojas	4.65	0.18	1.14	1.07	0.42	0.16	CIAT (1974)
Laminas foliares	4.78	0.22	1.65	0.0	0.22		Igonal (1976)
Pecíolos	1.59	0.11	2.00	1.48	0.22		
Raíces (peladas)	0.70	0.07	0.73	0.04	0.03		
Laminas foliares	5.0		1.74			0.37	
Pecíolos	1.6		2.35				
Raíces (peladas)	0.47		0.0			0.06	
Laminas foliares	4.9	0.22	1.40	0.66	0.23		
Pecíolos	1.52	0.11	1.88	1.52	0.30		
Raíces (peladas)	0.35	0.05	0.67	0.04	0.05		
Lamina foliar	4.5 6.5	0.2 0.5	1.0 2.0	0.75 1.5	0.25 1.0		CIAT (1974)
Lamina foliar	4.0 5.6	0.25 0.27	1.5 1.3	0.6 0.7	0.22 0.23	0.4 0.37	CIAT (1975)
Pecíolos	1.4 1.6	0.12 0.13	2.2 3.3	1.2 1.5	0.30 0.41	0.13 0.14	

CUADRO 5 Cantidad de elementos menores contenidos en varias partes de la planta de yuca reportados por diferentes investigadores

Parte de la planta	ppm					Referencia
	B	Zn	Mn	Cu	Fe	
Raíces		10 5-63 2	4 2-10	2 1-8 4	13 2-74 2	
Raíces		28 2	6 1	3 3	34 2	Muthususwami (1974)
Raíces (peladas)		204	273	20	152	Albuquerque (1968)
Hojas + ramitas			262		72	Kanapathy (1970)
Tallos			65		45	
Raíces			10		17	' "
Raíces (completas)					274	Barrios (1967)
Raíces (peladas)					592	" "
Raíces (completas)					443	" "
Raíces (peladas)					729	" "
Hojas					505	" "
Hojas			150		140	Pages (1955)
Hojas	15-40	40-100	50 150	6-12	100 200	CIAT (1974)
Retoños	15-150					Forno (1977)

* Fluctua desde deficiencia de B hasta toxicidad de B

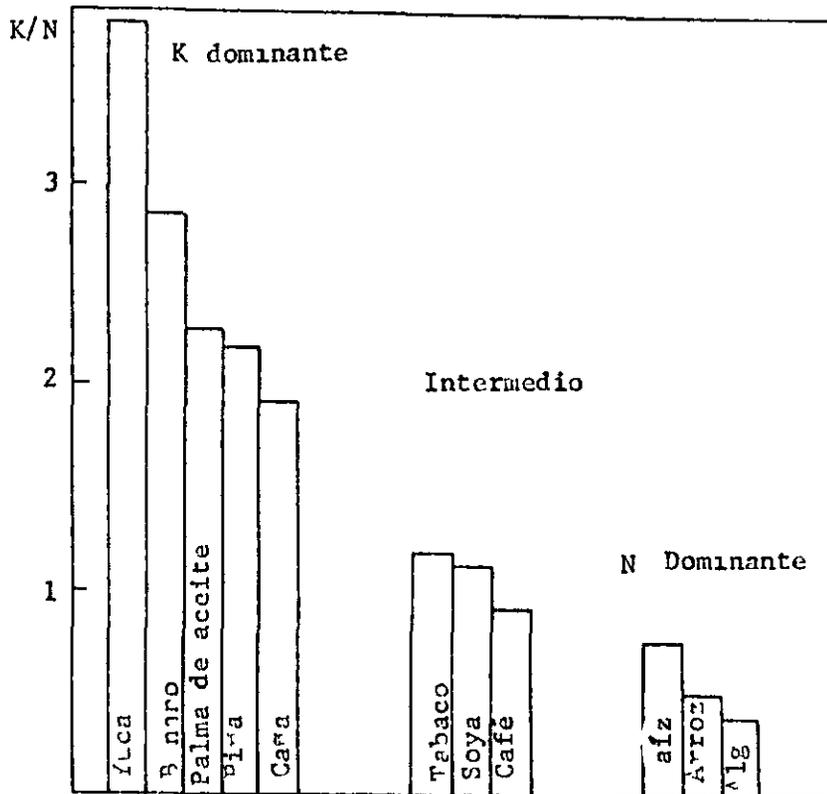


Figura 1 La proporción de la extracción K/N de algunos cultivos tropicales (Prevott 1950)

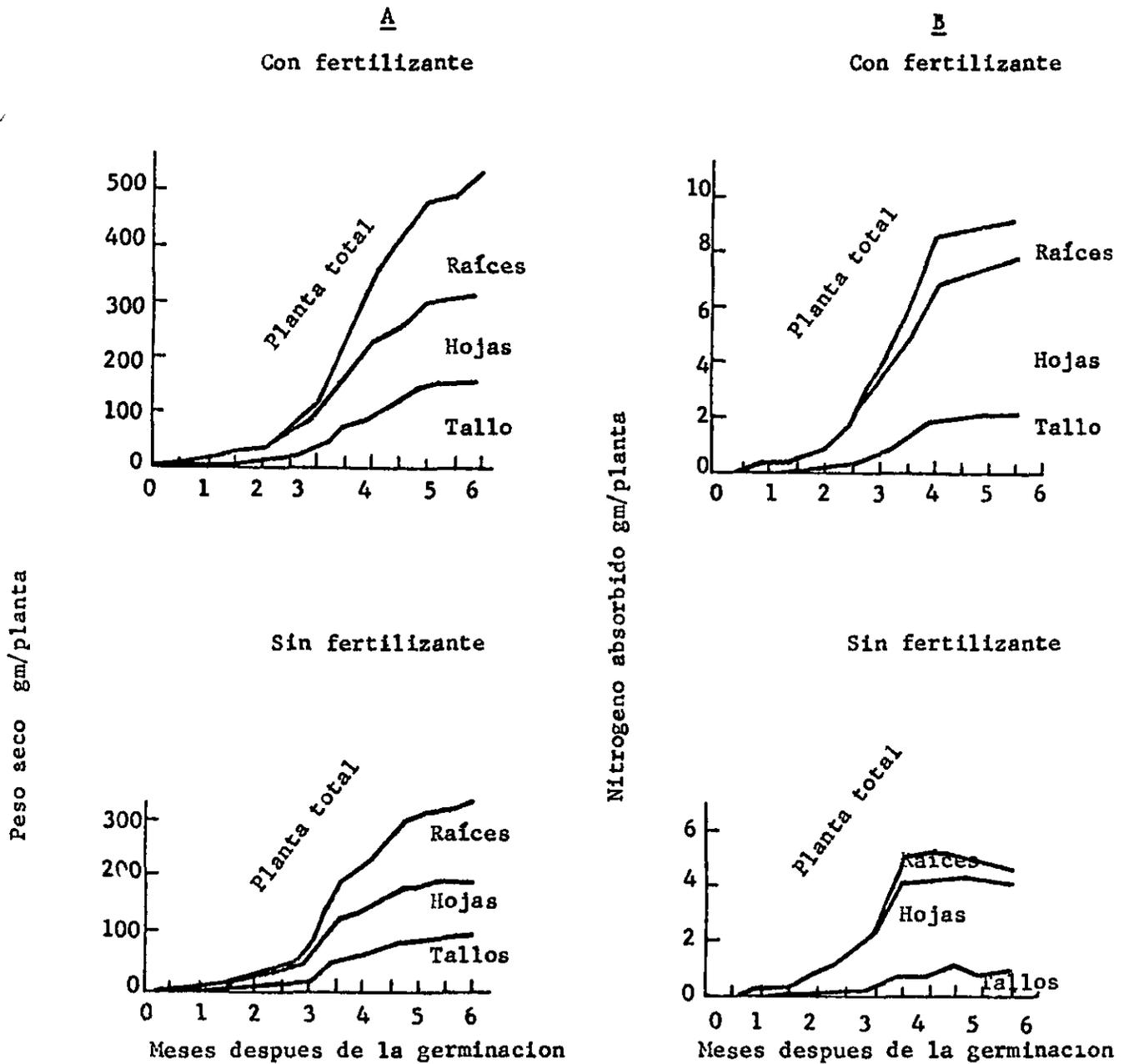


Figura 2 La acumulación y distribución de materia seca (A) y Nitrogeno (B) durante seis meses de crecimiento de la yuca en Argentina (Oriolf 1967)

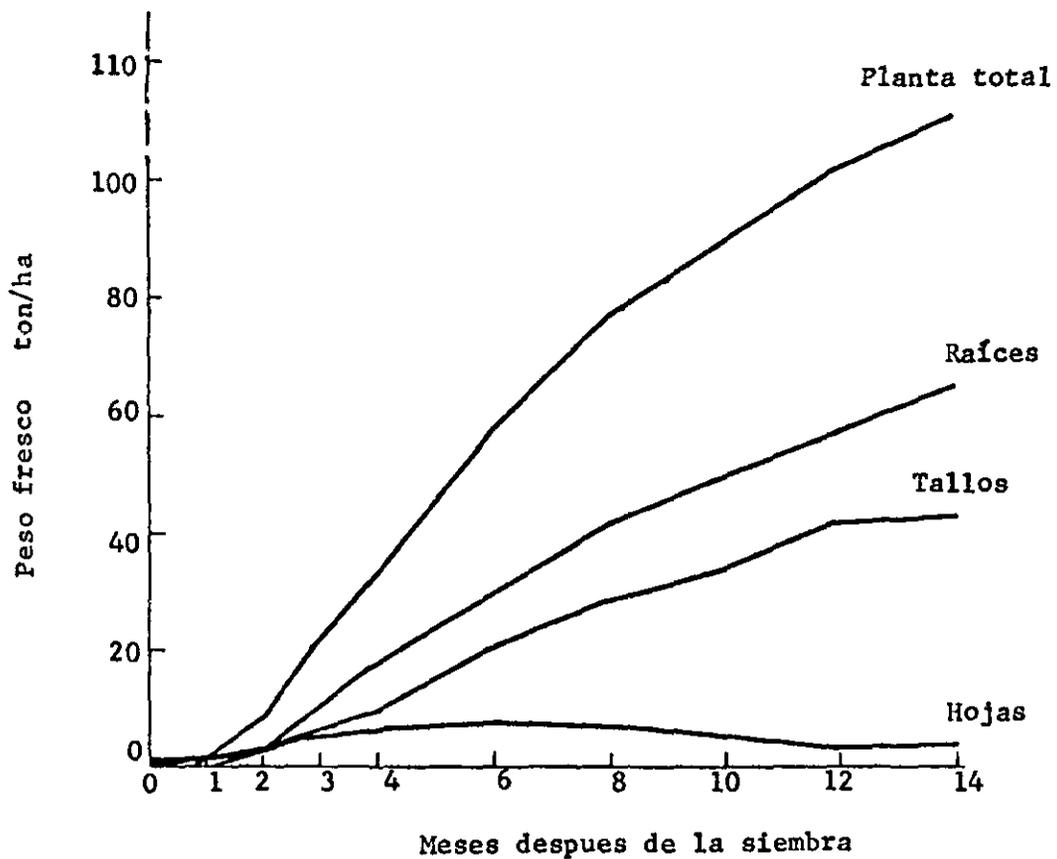


Figura 3 - Acumulacion y distribucion de materia fresca durante un ciclo de 14 meses de crecimiento de la yuca en Indonesia (Nyholt 1935)

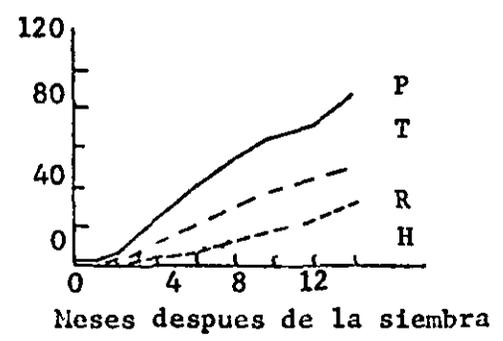
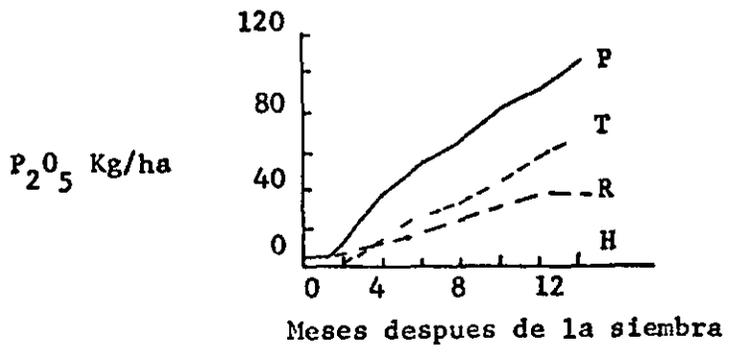
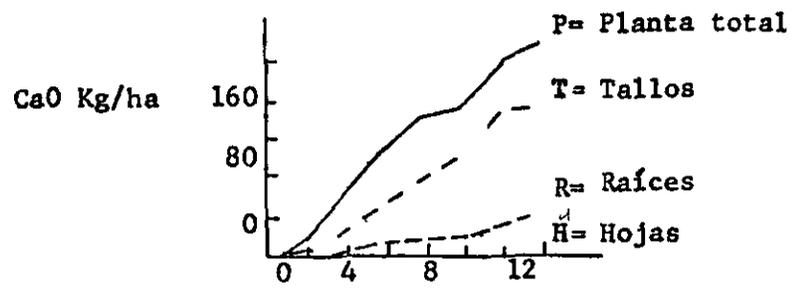
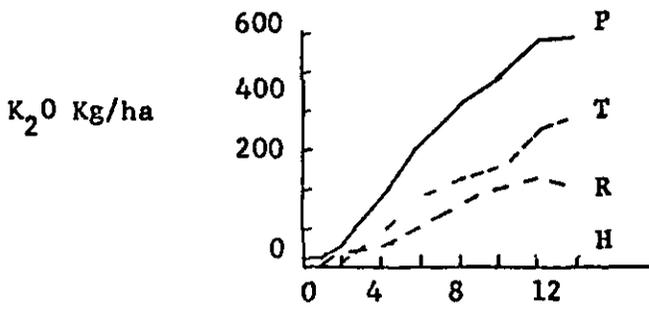
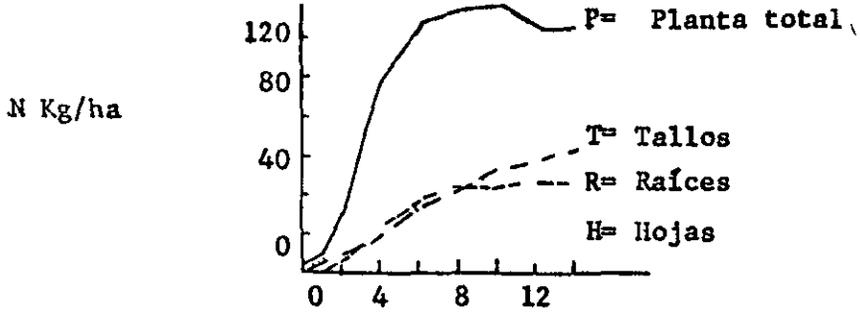


Figura 4 - La acumulacion y distribucion de N P K Ca y Mg durante los 14 meses del ciclo de la yuca en Indonesia (Nyholt 1935)

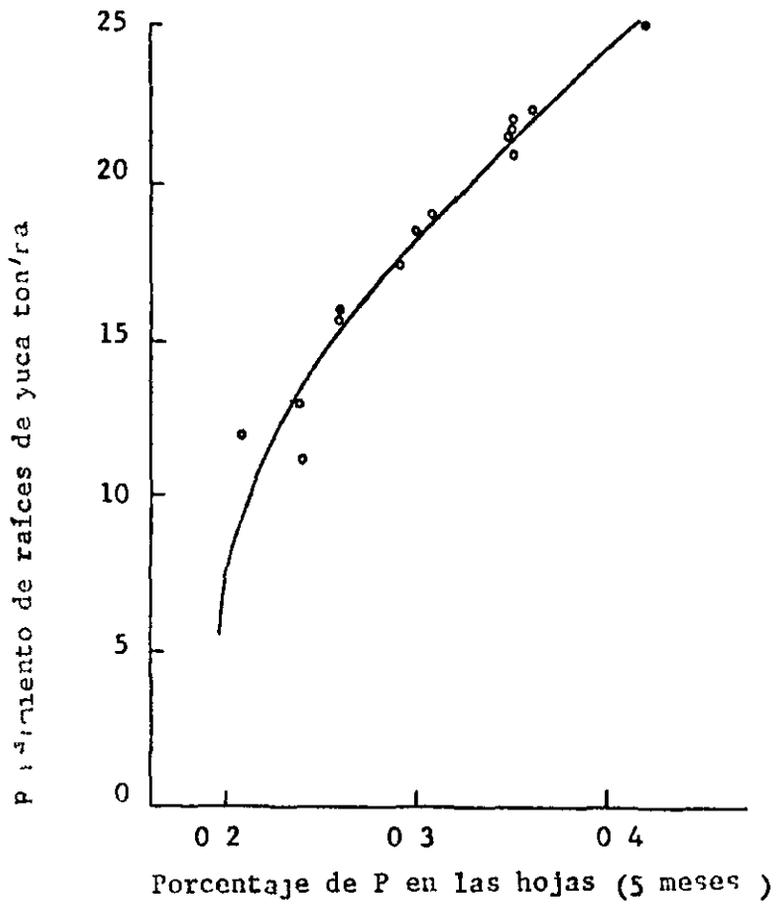


Figura 5 Relación entre el rendimiento de la yuca y el contenido de P en las hojas superiores totalmente abierta cinco meses de pues de la siembra

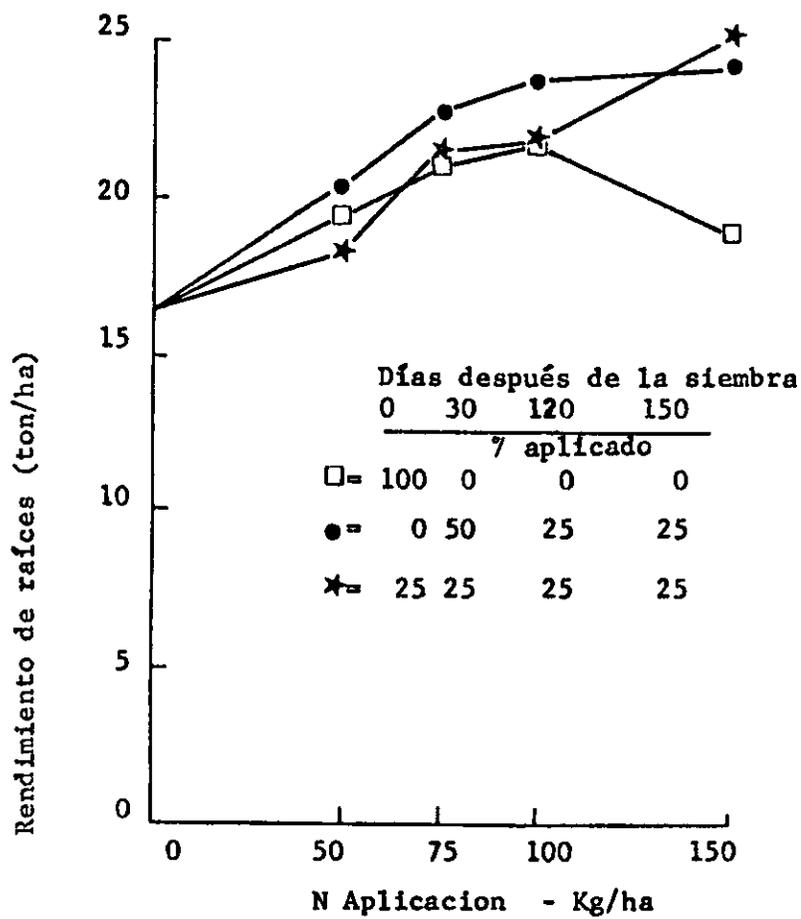


Figura 6 Respuesta de la yuca a varios niveles y épocas de aplicación de Urea-Nitrogeno en Carimagua

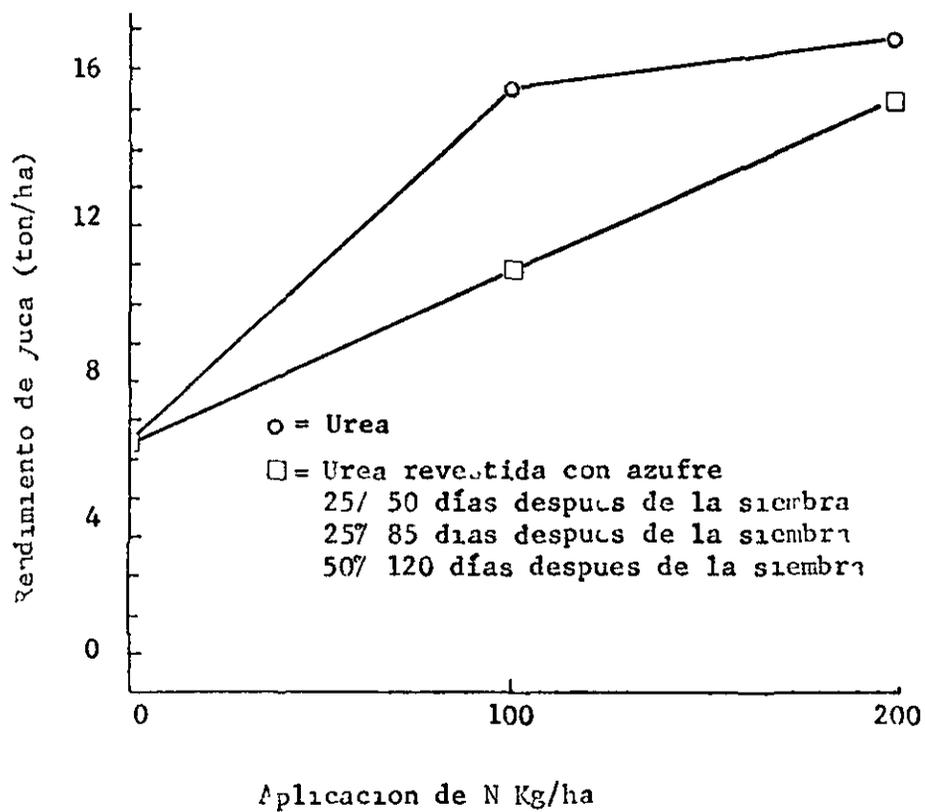


Figura 7 Respuesta de la yuca a aplicación de tres niveles de N en forma de Urea y Urea recubierta con azufre en Cuimangua

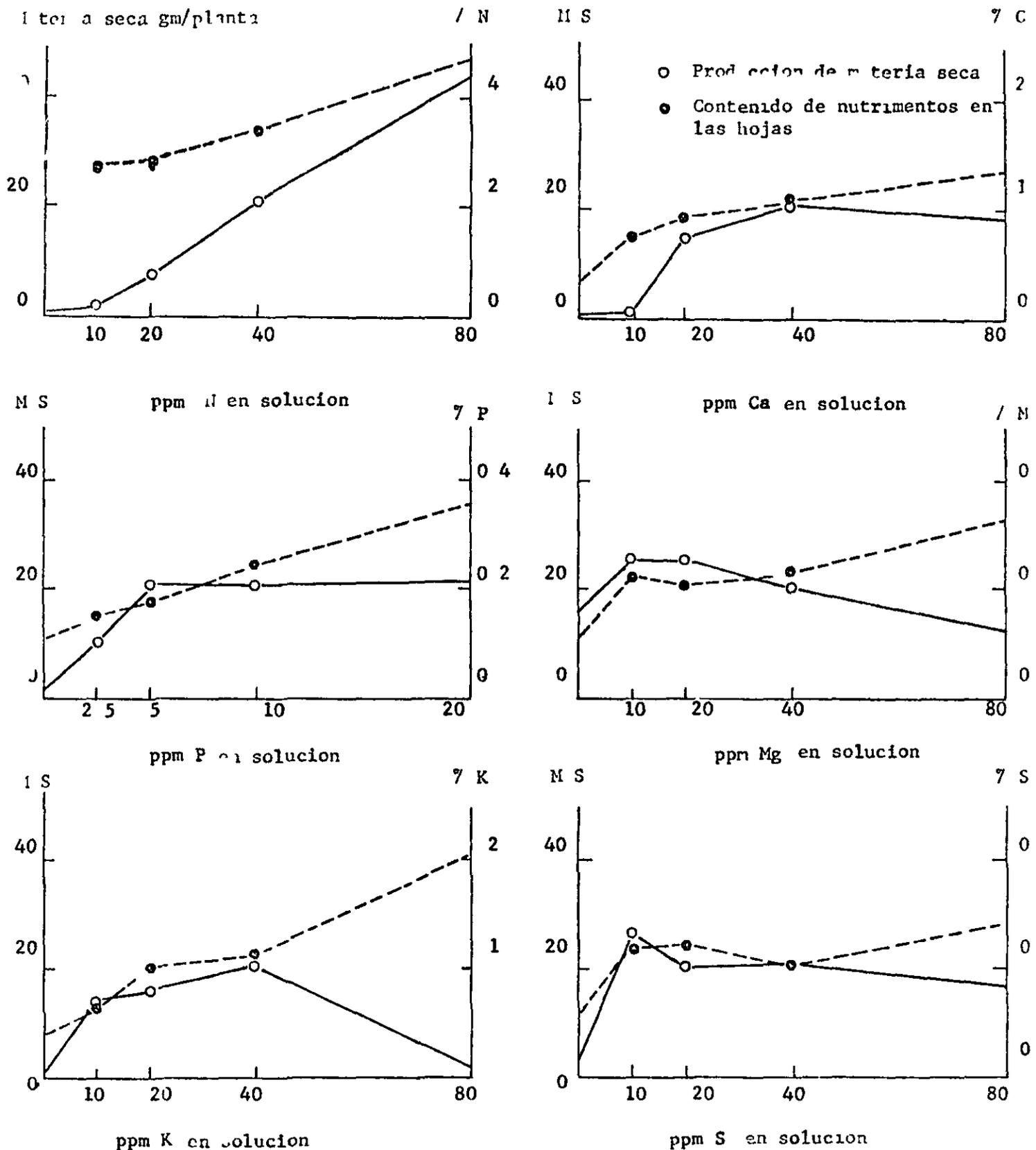
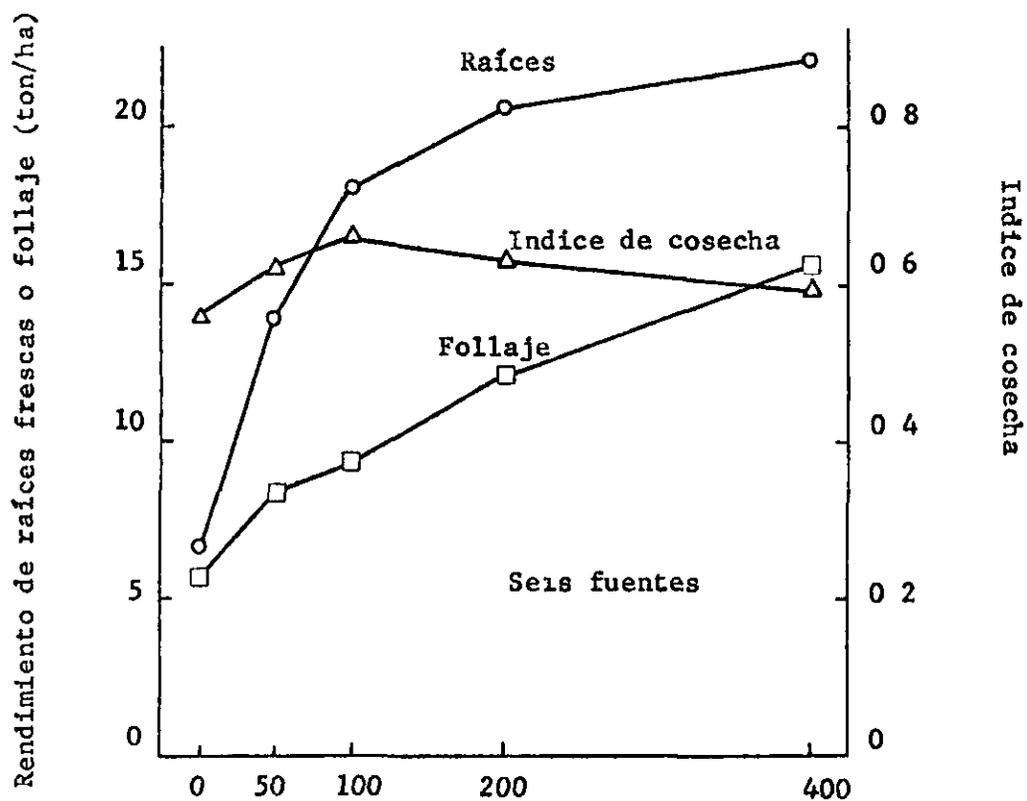


Figura 8 - Producción de materia seca total y contenido de nutrientes en las hojas de la yuca



P - Aplicación - Kg P₂O₅/ha

Figura 9 - Efecto de la aplicación de P (promedio de seis fuentes) sobre el rendimiento de raíces frescas y de follaje y sobre el índice de cosecha de la yuca

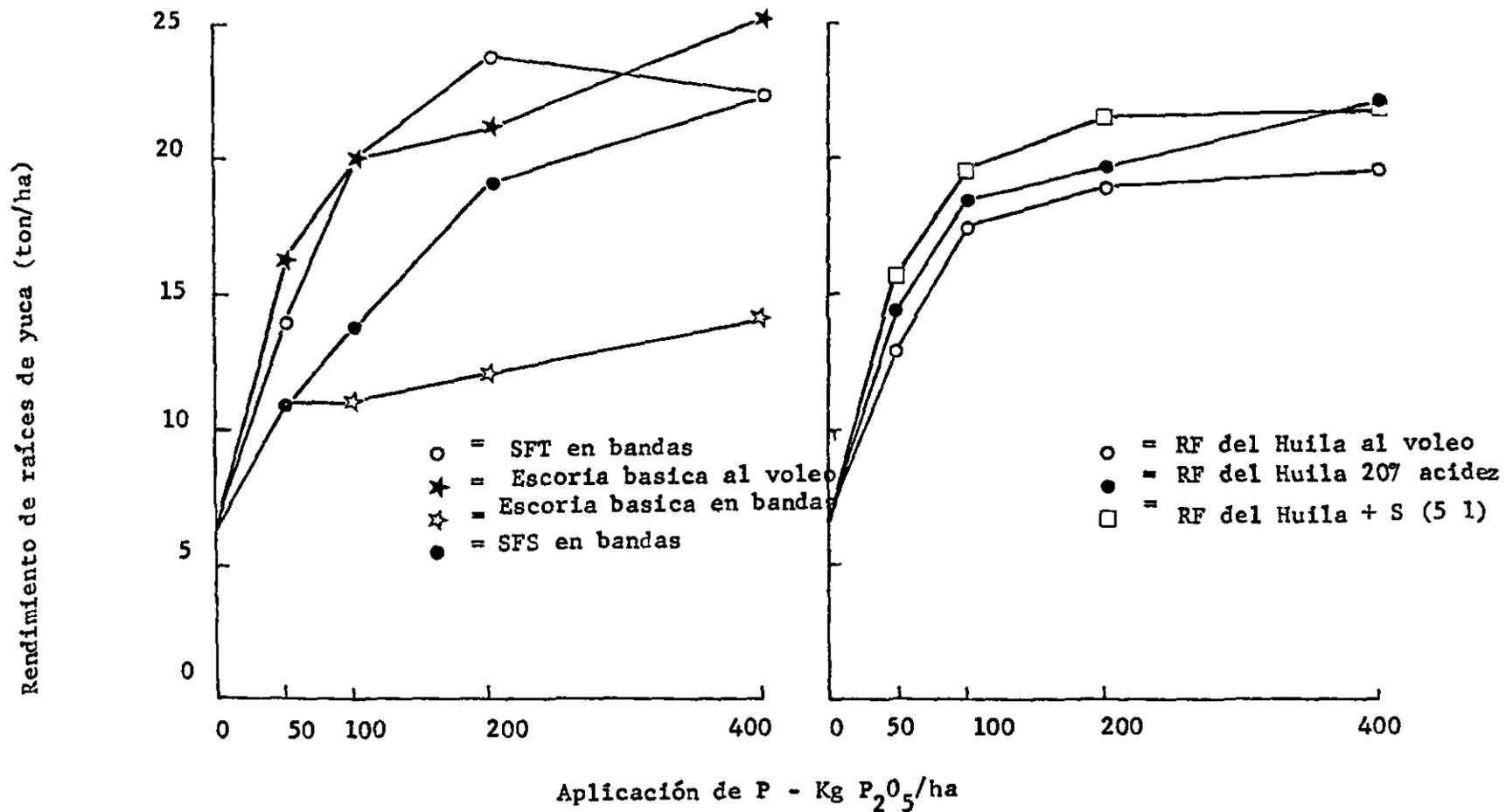


Figura 10 - Respuesta de la yuca a varios niveles y fuentes de P aplicados a el voleo o en bandas en Carimagua

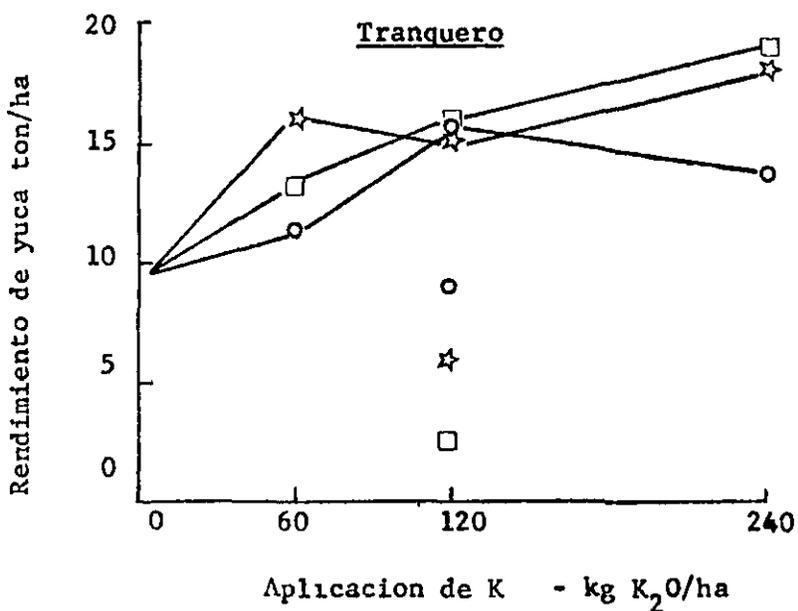
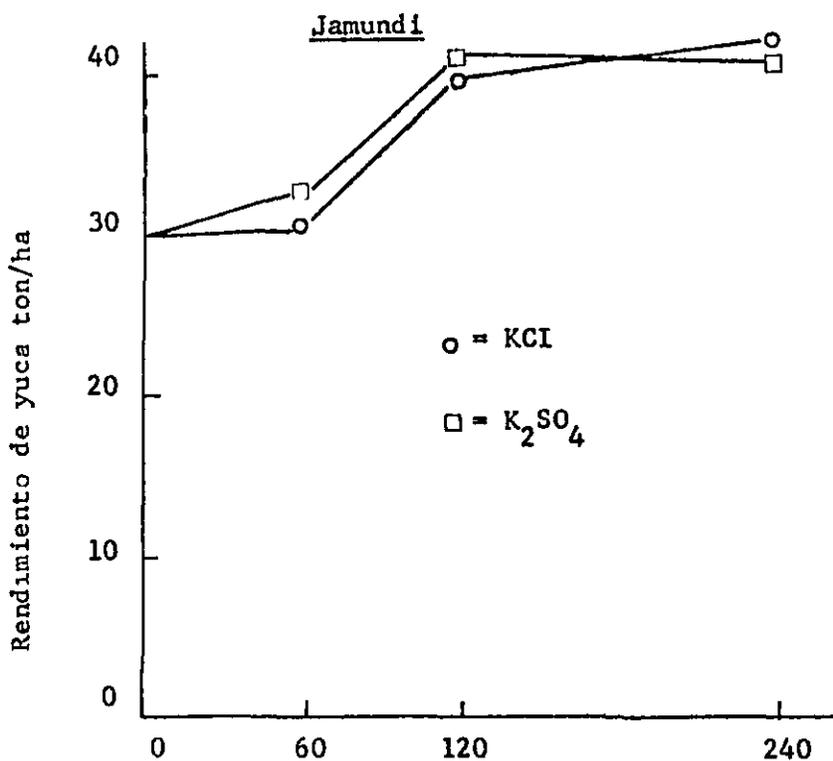


Figura 11 - Respuesta de la yuca a varios niveles y fuentes de K aplicados en Jamundi (Valle del Cauca) y Tranquero (cerca a Carimagua)

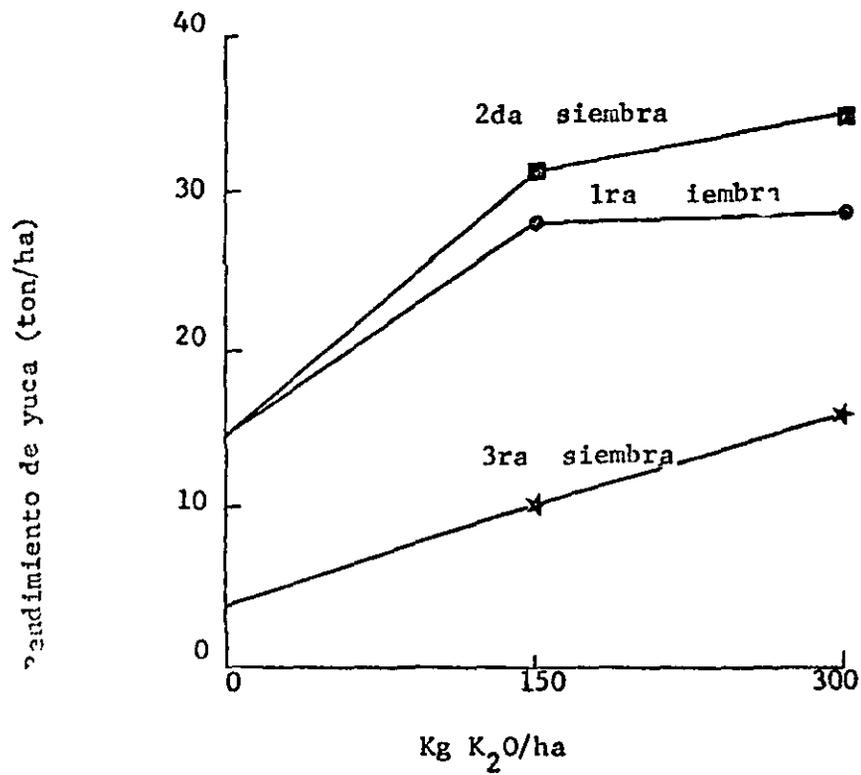


Figura 12 - Respuesta de tres siembras de yuca a varios niveles de K aplicados antes de la primera siembra (Den Doop 1937)

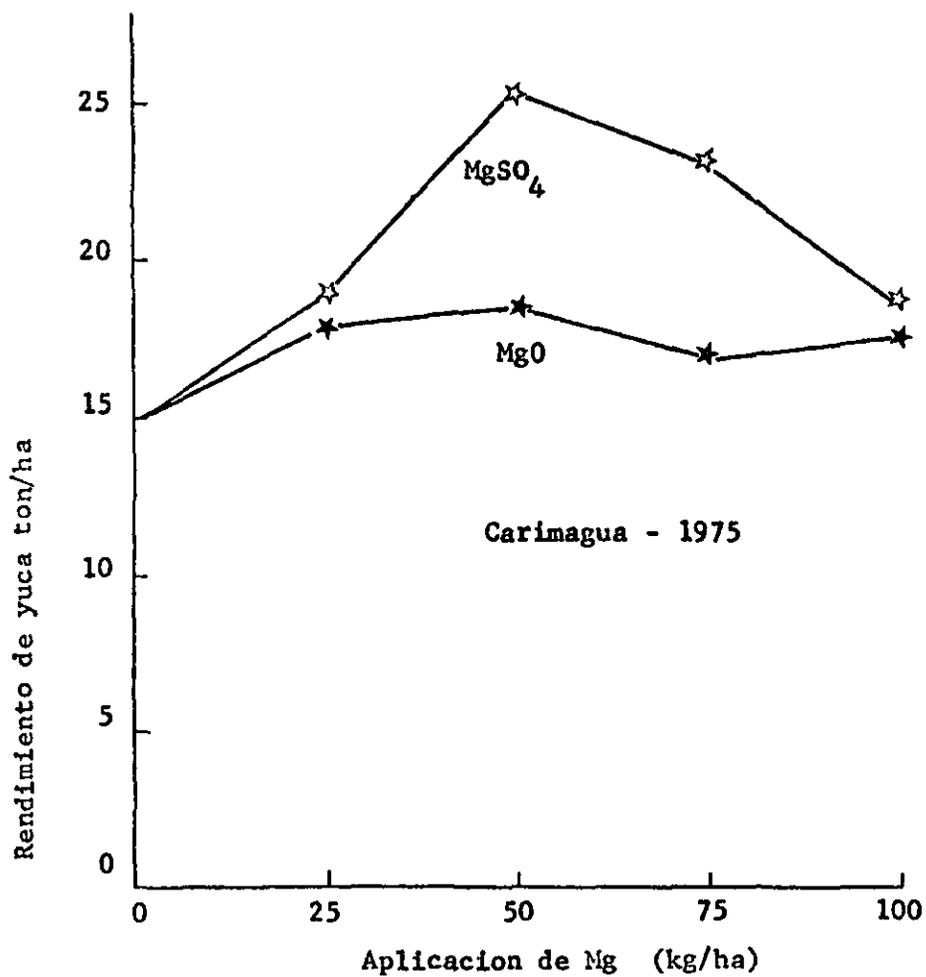


Figura 13 - Respuesta de la yuca a varios niveles de Mg aplicados como MgO₄ y MgO en Tranquero (cerca a Carimagua en 1975)

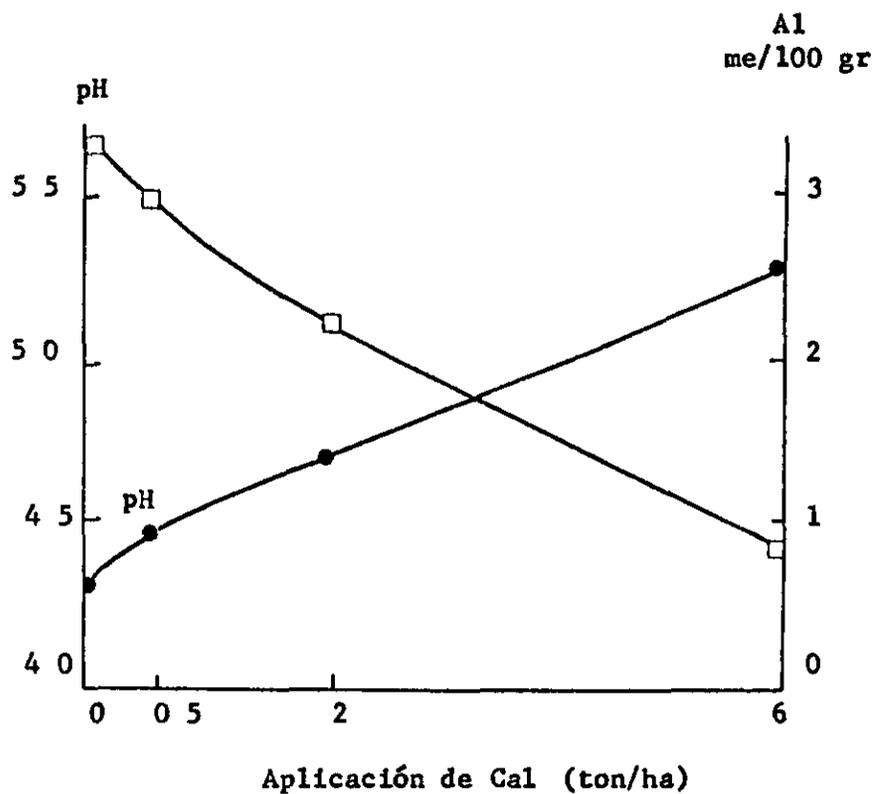


Figura 14 - Efecto del encalamiento sobre el pH del suelo y el aluminio intercambiable en Carimagua

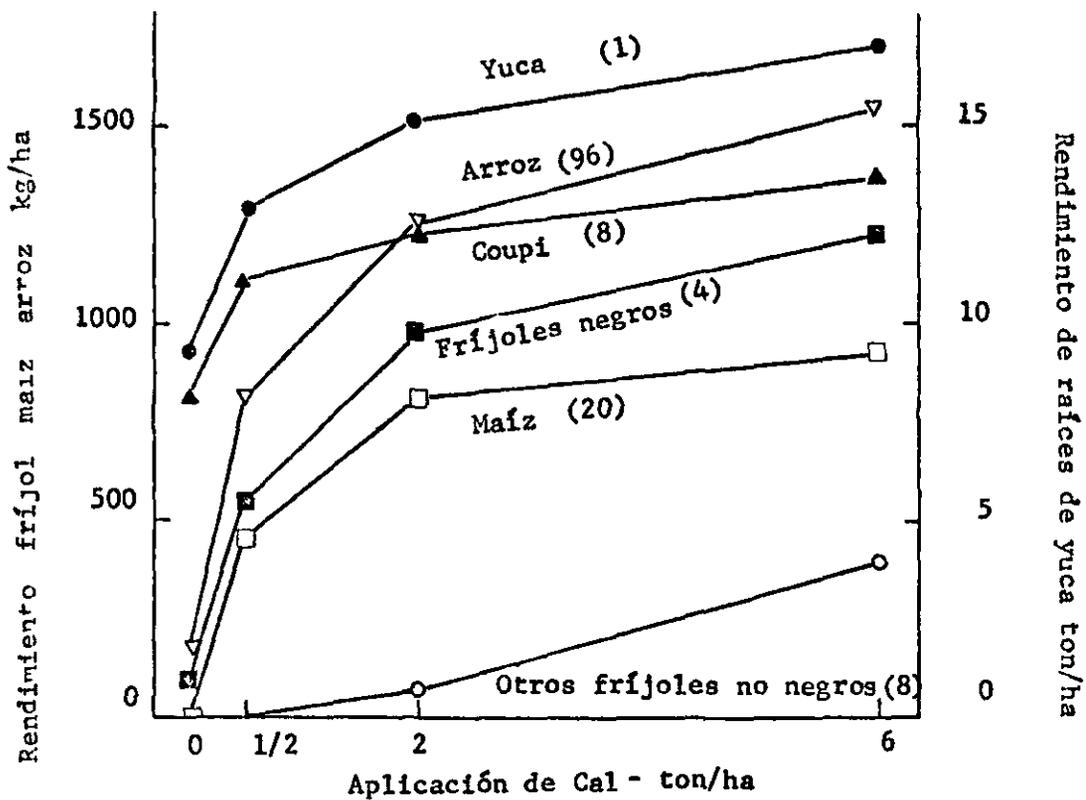


Figura 15 Respuesta de seis cultivos alimenticios a la aplicación de cal en Carimagua. Los números entre paréntesis indican el número de cultivares.

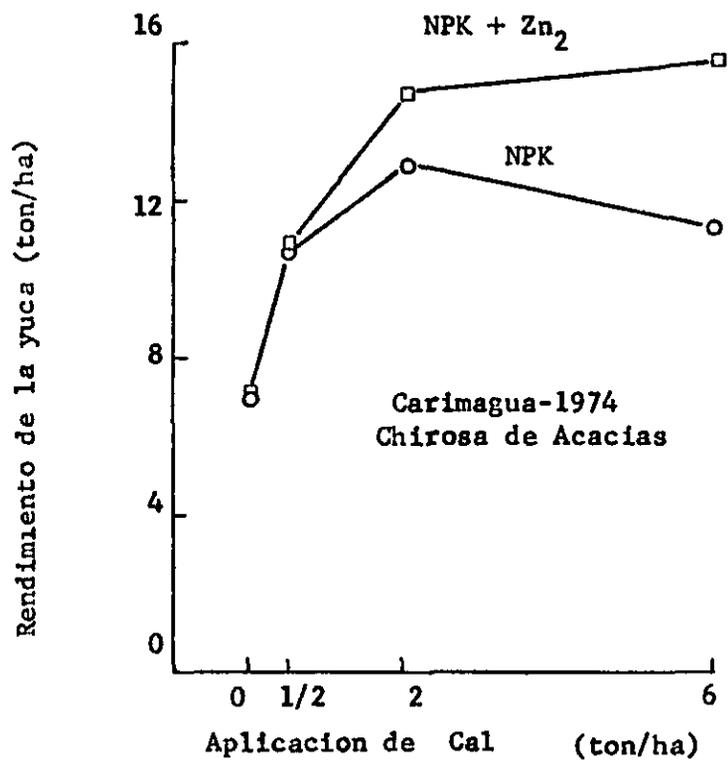


Figura 16 - Respuesta de la yuca al encalamiento con y sin la aplicación de 20 kg/ha de Zn en Carimagua

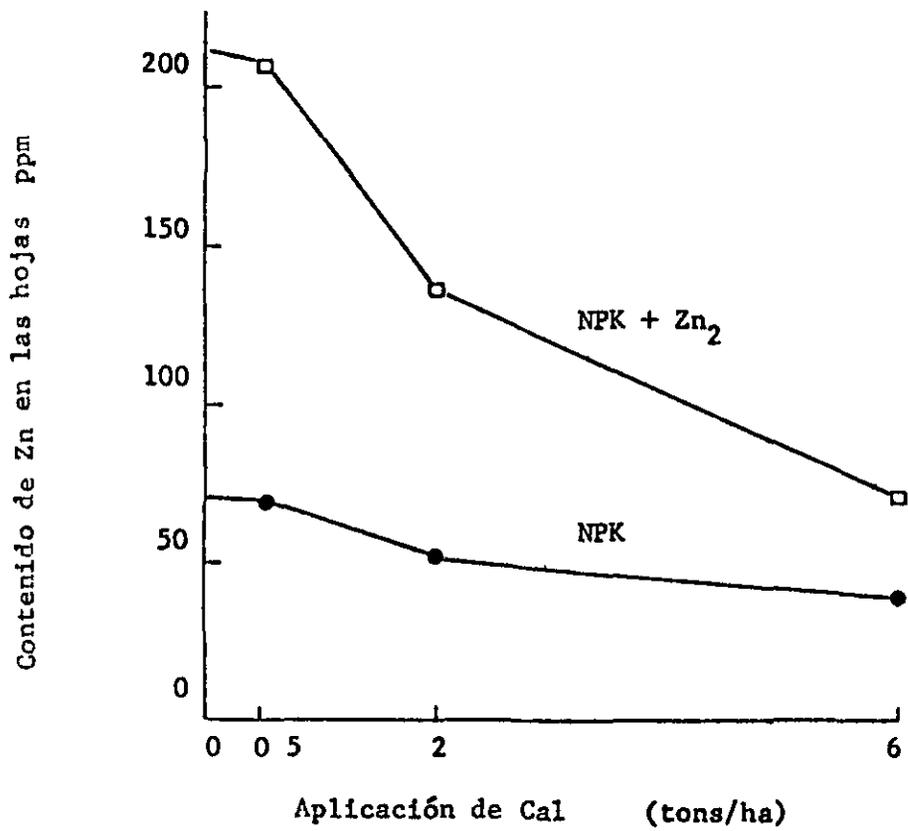


Figura 17 Efecto del encalamiento sobre el contenido de Zn de las hojas superiores de la yuca con y sin aplicar el Zn en el suelo

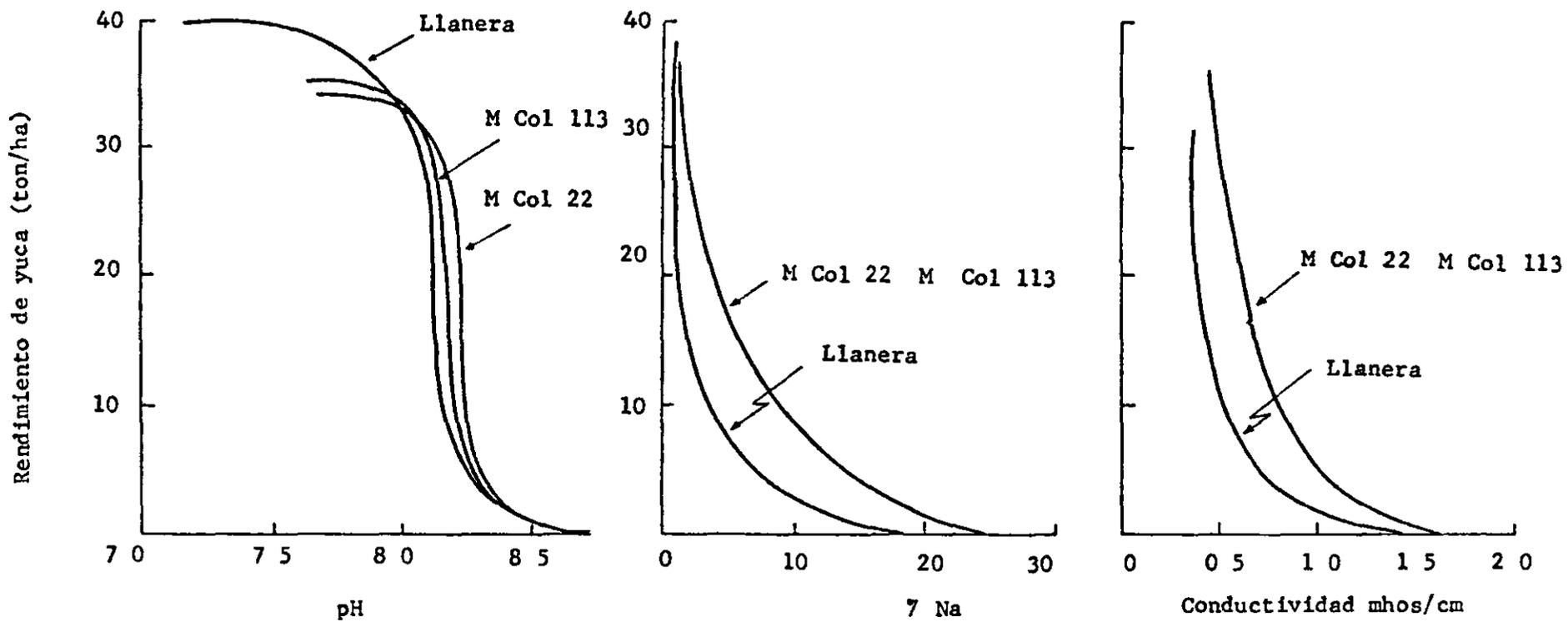


Figura 18 Efecto del Ph del suelo del porcentaje de saturacion de sodio y de la conductividad electrica sobre el rendimiento de tres cultivares de yuca en el CIAT Palmira

Carimagua 74

6 tons de Cal/ha

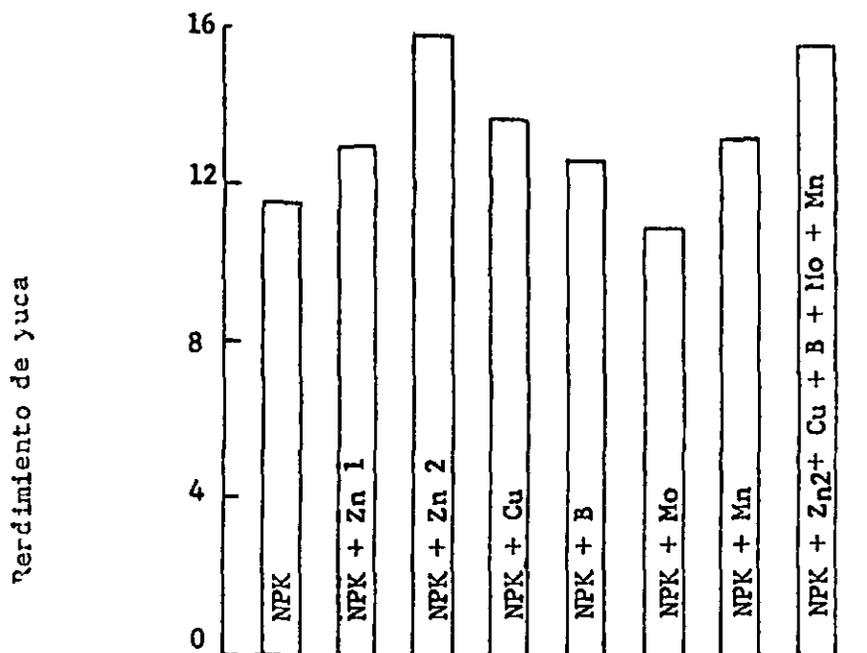


Figura 19 - Respuesta de la yuca a la aplicacion de varios microelementos en un suelo el cual habia recibido 6 ton/ha de Cal en Carimagua 1974