

Acumulación total y por órganos de macronutrientes en plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cv. 'Tempranita' en la altiplanicie de Maracaibo

Total and by organs accumulation of macronutrients in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) plants cv 'Tempranita' at Maracaibo plain

Z.F. Rodríguez G.¹, L.E. Mármol C.², J. Martínez¹ y M. Montiel M.³

¹Departamento de Agronomía. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia (LUZ). Apartado Postal 526, Maracaibo, Venezuela.

²Departamento de Ingeniería, Suelos y Agua, Facultad de Agronomía de LUZ. Apartado Postal 526, Maracaibo, Venezuela.

Resumen

Por la importancia de conocer los niveles de acumulación total y por órganos en la formulación de planes de fertilización, se condujo un ensayo bajo condiciones de la altiplanicie de Maracaibo, Venezuela, para determinar las concentraciones y contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio en plantas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cv. Tempranita al momento de la cosecha, en un diseño completamente al azar con 4 repeticiones y 7 plantas como unidad experimental. En diferentes órganos de la planta se determinó la acumulación de N por micro-kjeldahl, P por colorimetría usando molibdato de amonio, K por fotometría de llama, Ca titulación con EDTA, Ca + Mg titulación con EDTA y Mg por diferencia entre Ca y Ca + Mg, de las plantas en función de su masa seca las concentraciones de dichos nutrientes. Al momento de la cosecha de raíces reservantes de yuca, la mayor concentración de N ($33,3 \text{ g.kg}^{-1}$) y K ($12,1 \text{ g.kg}^{-1}$) se observó en la lámina foliar y la menor en las raíces, el tallo presentó la mayor concentración de P ($3,3 \text{ g.kg}^{-1}$) y las raíces la menor ($1,2 \text{ g.kg}^{-1}$); mientras que para el Ca y Mg la mayor concentración se registró en el pecíolo ($30,7$ y $4,1 \text{ g.kg}^{-1}$ respectivamente) y la menor en las raíces ($2,3$ y $0,7 \text{ g.kg}^{-1}$). Los elementos extraídos en mayor cantidad fueron N, K y Ca. La extracción total en plantas fue de $288,06 \text{ kg}$ de N; $53,40 \text{ kg}$ de P; $240,24 \text{ kg}$ de K; $227,70 \text{ kg}$ de Ca y $48,94 \text{ kg}$ de Mg, para una producción de $59.180 \text{ kg.ha}^{-1}$ de raíces reservantes. **Palabras clave:** *Manihot esculenta*, acumulación, nutrientes, análisis de tejido.

Recibido el 20-6-2007 • Aceptado el 23-9-2009

Autor de correspondencia e-mail: zulrodriguez@luz.edu.ve; zuliro@hotmail.com; lmarmol@hotmail.com

Abstract

The importance of determining the total and by organs accumulation levels in order to program rational fertilizer practices, an essay was carried out by following nursery conditions at Maracaibo plain, Venezuela, in order to determine Nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium concentrations in cassava plants (*Manihot esculenta* Crantz) cv. "Tempranita" at harvest, the experiment was carried out as a randomized complete design with four replications and seven plant as experimental unit. N accumulation was determined in different plant organs by micro-kjeldahl method, P by colorimetric analysis using ammonium - molibdate, K by flame photometry, Ca using EDTA, Ca + Mg titration with EDTA and Mg for difference between Ca and Ca + Mg removal was determined based on plant dry weight and nutrient concentrations. At harvest storage roots, higher level of N (33.3 g.kg^{-1}) and K (12.1 g.kg^{-1}), was found in foliar blade and the lower was found in roots; while in stems higher level the P (3.3 g.kg^{-1}) and the lower in roots (1.2 g.kg^{-1}); Ca and Mg while higher levels in petioles (30.7 and 4.1 g.kg^{-1} respectively) and the lower was found in roots (2.3 and 0.8 g.kg^{-1}). The higher quantity elements extracted were N, K and Ca. The total extraction of plants was 288.06 kg N , 53.40 kg P , 240.24 kg K , 227.70 kg Ca and 48.94 kg Mg for a production per hectare of $59,180 \text{ kg}$ of storage roots.

Key words: *Manihot esculenta*, accumulation, nutrients, tissue analysis.

Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo tradicional en Venezuela, que ha suscitado gran interés en los últimos años por su potencial de beneficios económicos, ya que es considerada una de las principales fuentes energéticas en la alimentación humana y animal, además de constituirse en materia prima para diversos procesos industriales. En el país este cultivo es el de mayor superficie cultivada y producción dentro del grupo de raíces y tubérculos (MAT, 2009), donde el estado Zulia produce alrededor de 115.953 TM de yuca, y aproximadamente 40.000 TM son obtenidas en la Altiplanicie de Maracaibo (Rentago, 2002), constitu-

Introduction

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is a traditional crop in Venezuela, causing high interest in the last years by its potential of economical benefits, because it is considered one of the main energetic sources in the human and animal nutrition, besides of constitutes in raw material for different industrial processes. In country this is the higher cultivated surface crop and production inside of roots and tubers group (MAT, 2009), where the Zulia state produces around $115,953 \text{ TM}$ cassava, and approximately $40,000 \text{ TM}$ are obtained in Maracaibo plain (Rentago, 2002), becoming one of more important crops of region.

yéndose en uno de los cultivos más importantes de la región.

Esta planta tradicionalmente se cultiva en zonas bajo condiciones de clima y suelo adversas, particularmente suelos infértiles y con períodos prolongados de sequía (Howeler, 2002), ya que tiene la capacidad innata de producir razonables rendimientos bajo condiciones edáficas y climáticas adversas (Cadavid *et al.*, 1998); razón por la cual, se ha encontrado que esta planta tiene habilidad de producir donde otros cultivos no crecen, sin embargo, existen claras evidencias que extrae cantidades relativamente grandes de nutrientes del suelo (Howeler, 2002) de hecho la yuca absorbe más nutrientes del suelo que la mayoría de los cultivos tropicales y tiene un índice de extracción K/N muy elevado y aún cuando, la información en cuanto a la cantidad de nutrientes que absorbe es tan variable, que en términos medios, según Howeler (1981) encontró que para producir una tonelada de raíces la planta extrae aproximadamente 2,4 kg de nitrógeno, 0,46 kg de fósforo y 3,5 kg de potasio.

Los rendimientos de las raíces de yuca se han visto afectados por diversos factores, siendo uno de los más importantes las deficiencias nutricionales (Howeler, 2002); observándose que tiene requerimientos importantes y responde bien a la fertilización con N, P, y K, que se manifiesta en incrementos en el rendimiento (CIAT, 1980).

En el trópico americano y especialmente en Venezuela la información sobre aspectos nutricionales de este cultivo, especialmente la relacio-

Traditionally, this plant is cultivated in regions with climate and soil adverse, particularly, sterile and drought soils (Howeler, 2002), because they have the ability to produce reasonable yields under adverse edaphic and climatic conditions (Cadavid *et al.*, 1998); therefore, this plant has shown an ability to produce in where another crops does not grow, nevertheless, there are clear evidences about the extraction of high nutrients quantities from soil (Howeler, 2002), thus, cassava absorb more nutrients from soil than the most of tropical fruits and it has an extraction index K/N very high and even though the information in relation to the nutrients quantity absorbed is quite variable, that according to Howeler (1981) found that to produce a ton of roots, the plant approximately extract 2.4 kg nitrogen, 0.46 kg phosphorous and 3.5 kg potassium.

Yields of cassava roots have been affected by several factors, by being one of more important nutritional deficiencies (Howeler, 2002); it has important requirements and it shows a good response to fertilization with N, P, and K, manifested through increases on yield (CIAT, 1980).

In the American tropic, especially in Venezuela, the information about nutritional aspects of this crop, especially those related with requirements and extraction levels, it is almost inexistent and of limited use. Despite of being generally cultivated without fertilizers use, by its condition of long cycle crop, and potential of producing high volume by

nada con los requerimientos y niveles de extracción de nutrientes, es casi inexistente y de uso limitado. A pesar de cultivarse generalmente sin el uso de fertilizantes, por su condición de cultivo de ciclo largo, y potencial de producir grandes volúmenes por unidad de superficie, las plantas de yuca tienen alta capacidad para extraer nutrientes del suelo, mediante un sistema radicular profundo, pudiendo con ello agotar el suelo rápidamente, disminuyendo su potencial productivo (Howeler, 1981).

La extracción de los elementos minerales es estimada mediante la remoción de estos que realizan los diferentes órganos de la planta durante su ciclo productivo. Conocer los niveles de extracción total y por los cosecha de nutrientes es un requisito básico para establecer los programas de fertilización, especialmente si se emplea el criterio de fertilización por restitución (Rodríguez y Pire, 2004), criterio mediante el cual se pretende reponer al suelo los elementos removidos por el cultivo.

Considerando que el agricultor no puede cambiar el suelo que tiene disponible, pero si puede manejarlo adecuadamente para lograr un máximo rendimiento económico sin deteriorarlo y que la literatura sobre la nutrición mineral y fertilización de yuca es limitada, debido a información incompleta sobre las características del suelo, cantidad de fertilizantes, época y dosis de aplicación y en virtud de los altos costos que representa la incorporación de un plan de fertilización, los objetivos principales de este estudio son medir la producción de materia seca y determinar los

surface unit, the cassava plants have a high capacity to extract soil nutrients, through a deep radicle system, could rapidly impoverish soil, by decreasing its productive potential (Howeler, 1981).

Extraction of mineral elements is estimated through the removal of different organs of plant during its productive cycle. To know levels of total extraction and by the nutrients harvest is a basic requirement for establishing the fertilization programs, especially if fertilization criterion by restriction is used (Rodríguez and Pire, 2004), through which the elements removed by crop intent to be replaced.

Considering that the farmer can not change the available soil but he can properly manage it to achieve a maximum economic yield without damage it and also that literature on mineral nutrition and cassava fertilization is limited, because the uncompleted information about soil characteristics, fertilizers quantity, time and applying doses and taking into account the high costs that represents the adding of a fertilization plan, the main objectives of this study are to measure the dry matter production and to determine the total accumulation level and by the different organs of N, P, K, Ca and Mg, in cassava plants cv 'Tempranita' in Maracaibo plain.

Materials and methods

Study area. The essay was carried out in "El Curarire", farm placed in "The 40" area, plot 36, "La Cañada de Urdaneta" municipality

niveles de acumulación total y por los diferentes órganos de N, P, K, Ca y Mg, en plantas de yuca cv. 'Tempranita' en la altiplanicie de Maracaibo.

Materiales y métodos

Área de estudio. El ensayo se realizó en la granja "El Curarire", ubicada en el parcelamiento el 40, parcela 36 del municipio La Cañada de Urdaneta (10° 33' N, 71° 43' O). Según la clasificación de las zonas de vida de Holdridge (1986), la zona está clasificada dentro del bosque muy seco tropical (bms-T), con una elevación de 20 msnm, precipitación anual de 400 a 600 mm, con un régimen de distribución bimodal, temperatura media de 28°C y 76% de humedad relativa. El suelo es de textura superficial arenosa, bien drenado (cuadro 1), con pendiente plana y el horizonte argílico a más de 25 cm de profundidad.

Se sembraron estacas de yuca, cv. 'Tempranita'. El material se tomó de la porción central del tallo hasta obtener

(10° 33' N, 71° 43' W). According to Holdridge (1986), this life region is classified as very dry tropical (bms-T), 20 masl, annual rainfall of 400 to 600 mm, with a bimodal distribution regime, mean temperature of 28°C and 76% of relative moisture. Soil is sandy superficial texture, well drained (table 1), with flat slope and the argyle horizon to more of 25 cm depth.

Cassava stakes cv. 'Tempranita' were sowed. Material was taken from the central part of them until to get stakes of 20 – 25 cm, with a minimum of 3 buds by stake, a cut in bevel way was made, by being later disinfected, immersing the stakes on a fungicide mixing (Carboxamidas) – insecticide (Carbamatos) to 0.5% previous to the sowing.

The sowing was carried out under management traditional conditions, that is to say, sowing in double row ridges, with a separation of 1 m, 0.8 m between simple rows and 1 m between plants, in one disposition in staggered formations, the plot was

Cuadro 1. Análisis del suelo en el sitio del ensayo en el estrato 0-20 cm.

Table 1. Soil analysis in the essay place in strate 0-20 cm.

Arena	Limo	Arcilla	CO	P	K	Ca	Mg	pH	CE
(%)			%	mg.kg ⁻¹	(cmol _c .kg ⁻¹)			(1:2)	(dS.m ⁻¹)
80	15	5	0,2	18,86	0,22	1,92	0,25	6,92	0,15

pH por el método potenciométrico en relación 1:2 (Thomas, 1996); Carbono orgánico por combustión húmeda (Nelson y Sommers, 1996); Fósforo disponible por Bray I (International Soil Reference Information Center, 1993); Potasio intercambiable por acetato de amonio (Helmke y Sparks, 1996); Calcio y magnesio intercambiable por acetato de amonio (Suarez, 1996); textura por el método de Boyoucos (Day, 1965).

estacas de 20 – 25 cm, con un mínimo de 3 yemas por estaca y a las cuales se les realizó un corte en forma de bisel, siendo posteriormente desinfectadas, sumergiendo las estacas en una mezcla de fungicida (Carboxamidas) – insecticida (Carbamatos) al 0,5% previa a la siembra.

La siembra, se realizó bajo condiciones tradicionales de manejo, es decir, sembrando en camellones a doble hilera de siembra, con una separación de 1 m entre dobles hileras, por 0,8 m entre hileras simples y 1 m entre plantas, en una disposición a tres bolillos, la parcela fue de 15 x 15 m, para un total de 450 plantas. El riego se realizó por surcos, según el requerimientos del cultivo; es decir, a calendario hasta llenar el surco, e incorporando el equivalente por planta de 300 kg.ha⁻¹ de fertilizante fórmula completa (12-24-12), aplicada en dos partes, 30 y 60 días posterior a la siembra, dosis y épocas de aplicación comúnmente empleada en la zona.

Para evaluar las diferentes variables relacionadas con la acumulación de materia seca y la acumulación de nutrientes en la planta el ensayo se condujo con un diseño completamente al azar con 6 repeticiones, donde la unidad experimental estuvo constituida por 5 plantas seleccionadas al azar en una misma hilera de la plantación. Al momento de la cosecha, es decir, 8 meses posteriores a la siembra se cuantificaron las siguientes variables:

Acumulación de materia seca. Colocando el material discriminado por órganos de la planta y por repetición, en bolsas de papel y se introdujeron a una estufa a 72°C, don-

15 x 15 m, for a total of 450 plants. Irrigation was made by furrows, according to the crop requirements, until furrow was full, and by adding the equivalent by plant of 300 kg.ha⁻¹ fertilizers in a complete formula (12-24-12), applied in two parts, 30 and 60 days after sowing, doses and application times commonly used in region.

To evaluate the different variables related to the accumulation of dry matter and the nutrients accumulation in plant, the essay was accomplished with a totally at random design with 6 replications, where the experimental unit was formed by 5 plants at random selected in the same row. At the moment of harvest, 8 months after sowing the following variables were quantified:

Dry matter accumulation. By placing the discriminate material by plant organs and by replication, in paper bags and they were introduced in an oven to 72°C, where material remained until getting a constant dry weight. The difference to reach the 100% represented the dry matter percentage.

Nutritional levels. To a sample of total harvested from each organ, the concentration of N, P, K, Ca and Mg was determined to measure the dry matter production according the following methodologies:

The microkjeldahl method was used to determine the nitrogen concentration (Malavolta, 1997). For the rest of elements a dry extraction was made by incinerating 0.5 g of sample to 540°C during 6 hours. Thereby, each element was

de el material permaneció hasta alcanzar un peso seco constante. La diferencia para alcanzar el 100% representó el porcentaje de materia seca.

Niveles nutricionales: A una muestra del total cosechado de cada órgano, se determinó la concentración de los elementos N, P, K, Ca y Mg para medir la producción de materia seca, según las siguientes metodologías:

El método empleado para determinar la concentración de nitrógeno fue el de microkjeldahl (Malavolta, 1997). Para los otros elementos se realizó una extracción seca incinerando 0,5 g de muestra a 540°C por 6 horas. Posteriormente, cada elemento fue determinado según la metodología descrita por Malavolta (1997):

a.- Fósforo, por colorimetría usando molibdato de amonio.

b.- Potasio, por fotometría de llama.

d) Calcio, titulación con EDTA y Calcón como indicador.

e) Calcio + magnesio, titulación con EDTA y negro de Eriocromo T, como indicador.

d) Magnesio, por diferencia entre calcio y calcio + magnesio.

Extracción total de nutrientes. A partir de la concentración de nutrientes y la masa seca de cada órgano de la planta, se determinó la masa total de nutrientes extraídos por la planta durante una cosecha. Para esto, se estimó el rendimiento total por hectárea basado en la masa fresca y número de raíces reservantes cosechadas por planta.

Rendimiento. Se estimó el rendimiento por hectárea de las planta de yuca, basado en el peso fresco de las raíces cosechadas y una densidad de

determined according to methodology described by Malavolta (1997):

a) Phosphorous, by colorimetry using amonium molybdate

b) Potassium, by flame photometry

d) Calcium, EDTA titration and Calcón as indicator

e) Calcium + magnesium, EDTA titration and Erichrome Bkblack T as indicator

d) Magnesium, by difference between calcium and calcium + magnesium

Nutrients total extraction.

From nutrients concentration and the dry matter of each plant organ, the total mass of nutrients extracted by plant during harvest was determined. The total yield by hectare was calculated based on the fresh mass and the number of storage roots harvested by plant.

Yield. It was estimated based on fresh weight of harvested roots and a sowing density of 20,000 plants.ha⁻¹, the results were expressed in kg.ha⁻¹.

To evaluate the different variables related to the dry matter accumulation and the extractor capacity of plant, the statistical program SAS (1998) was used. The central tendency of results was expressed by the average of values and the dispersion through the standard deviation of mean.

Results and discussion

Dry matter percentage (DMP). At the moment of harvest the higher percentage of DM was in storage roots with a mean value of 53.2%, followed by stems with 32.35%

siembra de 20.000 plantas.ha⁻¹, los resultados fueron expresados en kg.ha⁻¹.

Para evaluar las diferentes variables relacionadas con la acumulación de materia seca y la capacidad extractora de la planta se utilizó el programa estadístico computarizado SAS (1998). La tendencia central de los resultados se expresó por la media de los valores y la dispersión mediante la desviación estándar de la media.

Resultados y discusión

Porcentaje de materia seca (MS). Al momento de la cosecha el mayor porcentaje de MS se presentó en las raíces reservantes con un valor promedio de 53,2%, seguido por tallos con 32,35% y 10,76% en la lámina foliar (figura 1), el menor porcentaje se observó en los peciolo con 3,67% de materia seca, similar comportamiento fue observado por el CIAT (1980) y Howeler (2002) quienes señalan menor acumulación de materia en los peciolo para diferentes variedades de yuca del promedio en plantas fertilizadas de las variedades M Col 22 y M Mex 59 en Colombia y yuca variedad M Ven 77 fertilizadas, respectivamente. En cuanto al resto de los órganos, los resultados de esta experiencia, coinciden con sus resultados, que muestran mayor acumulación en las raíces, seguida de los tallos y láminas foliares.

Concentración de nutrientes

Lamina foliar. El contenido de nutrientes en la lámina foliar al momento de la cosecha, expresado g.kg⁻¹ de materia seca, se muestra en el cuadro 2. La concentración de N (33,3) y

and 10.76% in the foliar blade (figure 1), the lower percentage was observed in the petioles with 3.67% of dry matter; a similar behavior was observed by the CIAT (1980) and Howeler (2002) who reported lower matter accumulation in the petioles for different cassava varieties in those fertilized plants of M Col 22 and M Mex 59 varieties in Colombia and cassava, variety M Ven 77 fertilized, respectively. In relation to the rest of organs, our results agree with those of CIAT and Howeler that shows a higher accumulation in roots, followed by stems and foliar blades.

Nutrients concentration

Foliar blade. The nutrients content in foliar blade at the moment of harvest, expressed in g.kg⁻¹ of dry matter, is shown in table 2. N (33.3) and K (12.1) concentration in blade significant exceeded ($P \leq 0.0001$) the concentration of this element in the other plant organs, followed by stem, petiole, while the lower concentration was registered on roots. A similar behavior was observed by Parry *et al.*, (2005), who evaluating the nutritional state of cassava plants, Olho green variety fertilized, found a highest elements accumulation in leaves (table 3), however, data is referential because these authors analyzed the complete leaves, without discriminate in blades and petioles.

On the other hand, when comparing concentrations obtained by this research from the total of leaves, with those obtained by Mill and Benton (1996) for mature leaves just developed, it was observed that N (3.3%) and P (0.25%) are below ranks described by those authors (table 3),

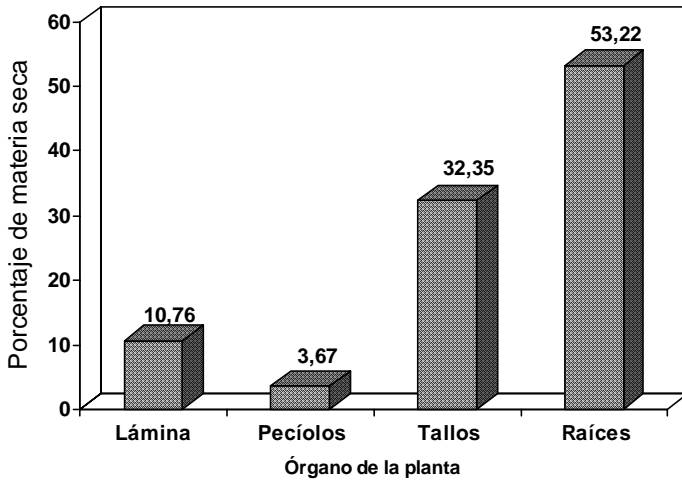


Figura 1. Porcentaje de materia seca en cada órgano de la planta de yuca cv. 'Tempranita' al momento de la cosecha.

Figure 1. Dry matter percentage in each organ of cassava cv. 'Tempranita' plant at the moment of harvest.

K (12,1) en la lámina superó significativamente ($P \leq 0,0001$) la concentración de este elemento en los otros órganos de la planta, seguido del tallo, pecíolo, mientras que la menor concentración se registró en las raíces. Similar comportamiento fue ob-

probable because a low concentration of this elements in those mature and senescent leaves found in high proportion, since the elements discussed have been moved toward tissues in total development. Nevertheless, even though the

Cuadro 2. Concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio (g.kg^{-1}) en los diferentes órganos de la planta de yuca cv. 'Tempranita' al momento de la cosecha.

Table 2. Nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium concentrations (g.kg^{-1}) in the different organs of cassava cv. 'Tempranita', at the moment of harvest.

Órgano	N	P	K	Ca	Mg
Lámina	33,3	2,5	12,1	12,5	3,1
Pecíolo	9,5	2,8	10,8	30,7	4,1
Tallos	12,4	3,3	9,6	17,7	3,3
Raíces	6,3	1,2	8,3	2,3	0,7
Total	61,5	9,8	40,8	63,2	11,2

servado por Parry *et al.*, (2005), quienes al evaluar el estado nutricional plantas de yuca variedad Olho verde fertilizadas, encontraron significativamente mayor acumulación de los mencionados elementos en la hojas (cuadro 3), sin embargo, estos datos son referenciales, pues estos autores analizaron las hojas completas, sin discriminar en láminas y pecíolos.

Por otra parte, al comparar las concentraciones obtenidas por esta investigación del total de hojas, con las obtenidas por Mill y Benton (1996) para hojas maduras recientemente desarrolladas, se observó que el N (3,3%) y P (0,25%) se encuentran por debajo de los rangos descritos por los mencionados autores (cuadro 3), debido posiblemente, a una menor concentración de estos elementos en las hojas maduras y senescentes que se encuentran en mayor proporción, ya que los elementos en discusión han sido movilizados hacia los tejidos en pleno desarrollo. Sin embargo, podría considerarse, que aún cuando, son diferentes metodologías de muestreo, los resultados obtenidos por esta investigación pueden servir de referencia para el diagnóstico nutricional del cultivo, basado en los niveles de suficiencia descritos por Mill y Benton (1996).

En cuanto al K con 1,2% y Mg con 0,3% aun cuando son elementos móviles, sus concentraciones estuvieron dentro del rango de suficiencia descrita por los Mill y Benton (1996) (cuadro 3), debido probablemente a una suplencia adecuada de los elementos.

Por otra parte, el Ca (1,25%) con-

sampling methodologies are different, results obtained by this research could be a reference to the nutritional diagnosis of crop, based on sufficiency levels described by Mill and Benton (1996).

In relation to K with 1.2% and Mg with 0.3% even though they are mobile elements, its concentrations were inside the sufficiency rank described by Mill and Benton (1996) (table 3), probably because to an adequate supply of elements.

On the other hand, Ca (1.25 %) considered as no mobile element inside the plant, by being inside the sufficiency ranks described by Mill Benton (1996), could indicate that there was no deficiencies induced by this element.

Petiole. The elements concentration averages studied are shown in table 2. In the results could be observed that Ca (3.07%) was the element found in higher concentration in petioles; these results agree with those observed by Howerler (2002), who also described this behavior (table 3). It could also be observed that Ca (3.07%) and K (1.08%) concentration in the petiole was superior ($P \leq 0.0001$) to the concentration of these elements in the rest of organs, by corroborating tendency observed by Howerler (2002) in their research (table 3).

On the other hand, when comparing the results obtained in this research with those observed by the CIAT, (1980), cited in table 3, N concentration was observed with 0.95%, K with 1.09% and Mg with 0.41%, below levels obtained by the author, while P showed 0.28% and Ca was above with 3.07%.

Stems. In results could be

Cuadro 3. Valores comparativos de nutrientes en tejido de varios órganos de yuca, de acuerdo a diversos autores.**Table 3. Comparative values of nutrients in tissues of cassava organs, according to different authors.**

Nutriente%	Mills y Benton (1996) ¹			Howeler (2002) ²			CIAT (1980) ³			Parry <i>et al.</i> (2005) ⁴			
	Hojas (a)	Tallos (b)	Hojas	Pectolos	Tallos	Raíces	Hojas	Pectolos	Tallos	Raíces	Hojas	Tallos	Raíces
N	5,00 – 6,00	1,80 – 1,90	4,25	1,04	1,69	0,88	5,11	1,67	2,07	1,52	2,73	0,83	0,53
P	0,30 – 0,50	0,13 – 0,16	0,3	0,12	0,26	0,4	0,30	0,16	0,26	0,18	0,26	0,10	0,05
K	1,00 – 2,00	1,70 – 2,70	1,42	1,90	1,50	1,05	1,79	2,50	2,17	1,56	1,84	1,94	0,48
Ca	0,60 – 1,50	2,40 – 3,70	1,08	2,57	1,57	0,16	1,02	1,19	0,83	0,24	1,31	1,51	0,50
Mg	0,25 – 0,50	0,40 – 0,60	0,26	0,40	0,32	0,06	0,40	0,42	0,35	0,14	0,55	0,32	0,18

¹a: En hojas maduras recientemente desarrolladas, durante la fase de crecimiento vegetativo. b: secciones de tallo.

²Promedio de todas las hojas en plantas fertilizadas de cuatro meses de edad.

³Promedios de plantas yuca variedades M Col 22 y M Mex 59 fertilizadas y sin fertilizar de 2, 3 y 4 meses.

⁴Promedios de plantas yuca fertilizadas al momento de la cosecha (11 meses).

siderado elemento inmóvil dentro de la planta, al estar dentro de los rangos de suficiencia descritos por Mill Benton (1996), podría indicar que no se presentó deficiencias inducidas por este elemento.

Pecíolo. Los promedios de la concentración los elementos estudiados se muestran en cuadro 2. En los resultados pudo observarse que el Ca (3,07%) fue el elemento que se encontró en mayor concentración en los pecíolos; estos resultados coinciden con los observados por Howerler (2002), quienes describieron este mismo comportamiento (cuadro 3). Igualmente se pudo observar que la concentración de Ca (3,07%) y K (1,08%) en el pecíolo fue significativamente ($P \leq 0,0001$) superior a la concentración de estos elementos en el resto de los órganos, corroborando la tendencia observada por Howerler (2002) en su investigación (cuadro 3).

Por otra parte, al comparar los resultados obtenidos por esta investigación con los observados por el CIAT, (1980), citados en cuadro 3, se observó que la concentración de N con 0,95%, el K con 1,09% y Mg con 0,41%, se encontró por debajo de los niveles obtenidos por el mencionado autor, mientras que el P con 0,28% y Ca con 3,07% se encontró por encima.

Tallos. En los resultados se pudo observar que los nutrientes que se encontraron en significativamente mayor proporción en este órgano fueron Ca (1,77%) y N (1,24%), seguido del K (0,96%) y en igual proporción P (0,33%) y Mg (0,33%), estos resultados coinciden con los obtenidos por Howerler (2002) quién describe similar comportamiento para los elemen-

observed that nutrients found in higher proportion in this organ were Ca (1.77%) and N (1.24%), followed by K (0.96%) and in the same proportion, P (0.33%) and Mg (0.33%), these results agree with those obtained by Howerler (2002) who describes similar behavior for the N, K and Ca elements and differs for P and Mg elements (table 3).

N, P, Ca and Mg levels (table 2) are above concentration of these elements described by Parry *et al.*, (2005), of stems average in cassava plants, Olho green variety fertilized, whereas K is below these concentrations described.

Roots. The lower concentration of every element was observed in roots, these results agree with those observed by the CIAT (1980) and Howerler (2002), who obtained similar behavior in the nutrients accumulation in roots respect to the rest of plant organs. N (0.63%), P (0.12%), K (0.83%), Ca (0.23%) and Mg (0.07%) concentrations in roots (table 2) were inferior in those concentrations reported by the CIAT (1980) as average of two cassava varieties, these results agreed with those observed by Howerler (2002) for cassava variety M Ven 77 fertilized where the N, P and K elements were below the obtained values, whereas Ca and Mg were above percentages reported by the author (table 3).

On the other hand, in agreement with those reported by CIAT (1980) and Howerler (2002), it can be observed that the element in higher roots concentration was K with 0.83% and the lower concentration Mg, with 0.07%.

tos N, K y Ca y difiere para los elementos P y Mg (cuadro 3).

El nivel de N, P, Ca y Mg (cuadro 2) se encuentran por encima de la concentración de estos elementos descrita por Parry *et al.*, (2005), del promedio de tallos en plantas de yuca variedad Olho verde fertilizadas, mientras que el K se encuentran por debajo de estas concentraciones descritas.

Raíces. La menor concentración de todos los elementos se observó en las raíces, estos resultados coinciden con los observados por el CIAT (1980) y Howeler (2002), quienes obtuvieron similar comportamiento en la acumulación de nutrientes en las raíces con respecto a los demás órganos de la planta. La concentración de N (0,63%), P (0,12%), K (0,83%), Ca (0,23%) y Mg (0,07%) en las raíces (cuadro 2) fueron inferiores a las concentraciones reportadas por el CIAT (1980) como promedio de dos variedades de yuca, estos resultados coinciden con los observados por Howeler (2002) para yuca variedad M Ven 77 fertilizadas donde los elementos N, P y K se encontraron por debajo de los valores obtenidos, mientras que Ca y Mg se encontraron por encima de los porcentajes reportados por el autor (cuadro 3).

Por otra parte coincidiendo con lo reportado por CIAT (1980) y Howeler (2002), se pudo observar que el elemento en mayor concentración en las raíces fue el K con 0,83% y el de menor concentración el Mg con 0,07%.

Extracción de nutrientes.

La extracción de nitrógeno por los diferentes órganos de las plantas

Nutrients extraction.

The nitrogen extraction by the different plants organs varied from 0.42 g.plant⁻¹ in petiole until 5.26 g.plant⁻¹ in storage roots (table 4), being observed significant differences in the extraction for the different organs sampled (figure 2). From the N total extracted by plant, the extraction by storage roots represent 35.87%.

The higher extraction was reached by storage roots, followed in that order, by the stem, foliar blade and petioles, which agree with CIAT results (1980) who found the same distribution pattern obtained in this research when reporting N distribution by the different plants organ. Nevertheless, the distribution pattern lightly differs from those cited by Howeler (1981), who observed higher nitrogen extraction in stem than in root in cassava cv. São Pedro Preto.

Table 4 shows the phosphorous extraction. It can be observed that there is high differences in relation to the extraction by the different organs (figure 3). The higher P content was extracted in stem and the lower one in petioles. The higher extraction of these elements by stems differs with those reported by CIAT (1980) and Howeler (1981) who observed higher P accumulation in the storage roots in cassava plants M Col 22 and cv. São Pedro Preto respectively, at 8 months (table 3).

P total extraction by plant was 2.67 g in the "Tempranita" variety through the stems extraction was 46.34% of this total.

K contents in storage roots was higher than in other plant parts (fi-

varió desde 0,42 g.planta⁻¹ en el pecíolo hasta 5,26 g.planta⁻¹ en las raíces reservantes (cuadro 4), observándose diferencias significativas en la extracción para los diferentes órganos muestreados (figura 2). Del total de N extraído por la planta, la extracción por la raíces reservantes representa el 35, 87%.

La mayor extracción fue alcanzada por las raíces reservantes, seguido, en ese orden, por el tallo, lámina foliar y pecíolos, lo cual coincidió con los resultados de CIAT (1980) quien halló al reportar la distribución de N por los diferentes órganos de la planta el mismo patrón de distribución obtenido por esta investigación. Sin embargo, el patrón de distribución difiere ligeramente al citado por Howeler (1981), quien observó mayor extracción de nitrógeno en el tallo que en la raíz en yuca cv. São Pedro Preto.

El cuadro 4 muestra la extracción de fósforo. En este sentido se puede observar que existen grandes dife-

gure 4), by following in decreasing order, the stem, leaf and petiole by showing the lower values. The K extraction pattern agree with those reported by CIAT (1980), for cassava plants cv. M Col 22.

The behavior of different plant organs in relation to the Ca and Mg accumulation follows a similar distribution pattern, where the higher elements extraction is shown in stems and the lower in petioles (figures 5 and 6). This behavior agree with those cited by Howeler (1981), who reported similar distribution pattern of Ca and Mg in cassava cv. São Pedro Preto.

N and K elements were mainly accumulated in the storage roots and P, Ca and Mg in stems.

From the total of N, P, K, Ca and Mg extracted by the complete leaf, the extraction of petiole represents 9.14%, 28.37%, 24.56%, 45.84% and 39.99% respectively. This factor could be important to consider when comparing these results with those

Cuadro 4. Extracción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio (g.planta⁻¹) por los diferentes órganos de la planta de yuca cv. 'Tempranita' al momento de la cosecha.

Table 4. Nitrogen, phosphorous, potassium, calcium and magnesium extraction (g.plant⁻¹) by the different plant organs cv. 'Tempranita' at the moment of harvest.

Órgano	N*	P	K	Ca	Mg
Lámina	4, 13±1,463	0,31±0,58	1,49±0,58	1,57±0,59	0,38±0,18
Pecíolo	0,42±0,182	0,12±0,04	0,49±0,23	1,33±0,44	0,18±0,08
Tallos	4,69±1,877	1,24±0,43	3,57±1,34	6,66±2,34	1,21±0,57
Raíces	5,17±3,047	1,0±0,60	6,86±4,20	1,83±0,96	0,68±0,69
Total	14,41	2,67	12,41	11,39	2,45

*Los datos provienen de muestras de 28 plantas.

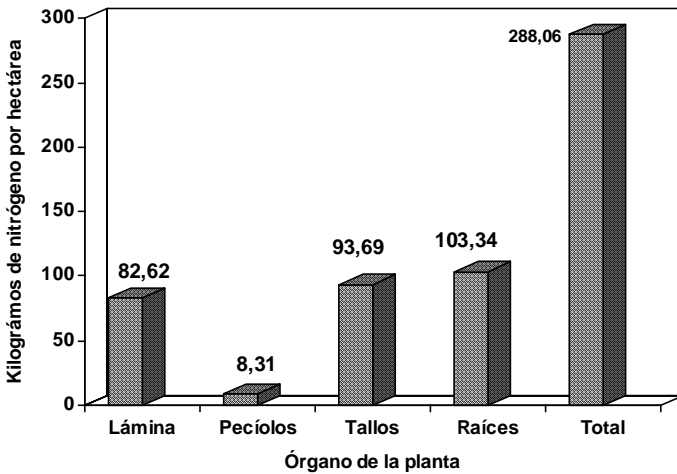


Figura 2. Extracción de nitrógeno en cada órgano de la planta de yuca cv. 'Tempranita' al momento de la cosecha.

Figure 2. Nitrogen extraction in each organ of cassava cv. 'Tempranita' plant at the moment of harvest.

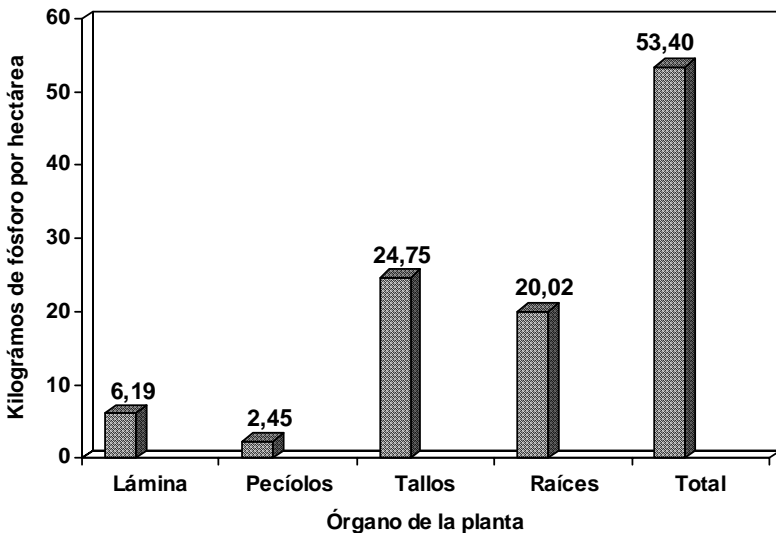


Figura 3. Extracción de fósforo en cada órgano de la planta de yuca cv. 'Tempranita' al momento de la cosecha.

Figure 3. Phosphorous extraction in each organ of cassava cv. 'Tempranita' plant at the moment of harvest.

rencias en cuanto a la extracción por los diferentes órganos (figura 3). La mayor cantidad de P fue extraído en el tallo y la menor en los pecíolos. La mayor extracción de estos elementos por parte de los tallos difiere con lo reportado por CIAT (1980) y Howeler (1981) quienes observaron mayor acumulación de P en las raíces reservantes en plantas de yuca M Col 22 y cv. São Pedro Preto respectivamente, a los 8 meses de edad (cuadro 3).

La extracción total de P por planta fue de 2,67 g en la variedad tempranita, extrayendo los tallos 46,34% de ese total.

El contenido de K en las raíces reservantes fue mayor que en otras partes de la planta (figura 4). Siguiendo en orden decreciente el tallo, hoja y el pecíolo presentando los valores más

obtain by other authors, that express their results on the base of the complete leaf, it means, without discriminating in blade and petioles.

To determine the best fertilization method for cassava crop, a correlation has to be established between the results of soil analysis and the response to crop fertilization (Oelslige, 1975). The levels of nutrients extraction obtained by this study could be useful because they offer information about the nutrients quantity in each production cycle, thus they could contribute to determining doses and fertilizer to be applied; likewise a reference in next researches to establish ways and doses of fertilizers application.

Yield

Taking as a base 20.000

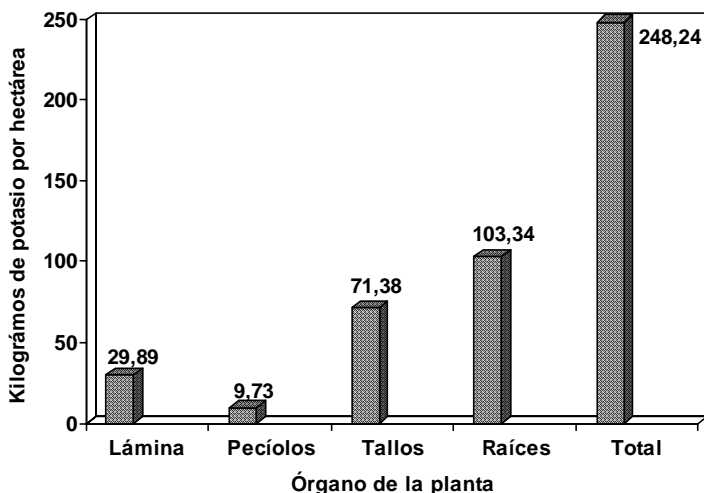


Figura 4. Extracción de potasio en cada órgano de la planta de yuca cv. ‘Tempranita’ al momento de la cosecha.

Figure 4. Potassium extraction in each organ of cassava cv. ‘Tempranita’ plant at the moment of harvest.

bajos. El patrón de extracción de K coincide con el reportado por CIAT (1980), para plantas de yuca cv. M Col 22.

El comportamiento de los diferentes órganos de la planta en cuanto a la acumulación de Ca y Mg sigue un patrón similar de distribución, donde la mayor extracción de los elementos se presenta en los tallos y la menor en los pecíolos (figuras 5 y 6). Este comportamiento coincide con el citado por Howeler (1981), quien reportó similar patrón de distribución del Ca y Mg en yuca cv. São Pedro Preto.

Los elementos N y K se acumularon principalmente en las raíces reservantes y P, Ca y Mg en los tallos.

Del total de N, P, K, Ca y Mg extraído por la hoja completa, la extracción del pecíolo representa el 9,14%, 28,37%, 24,56%, 45,84% y

plants.ha⁻¹ and a mean production by plant of 2,595 kg can produce approximately 59,180 kg.ha⁻¹ of storage roots of cassava, "Tempranita" variety until harvest, values above production reported by Rentagro (2002) for the same producer region. By following conditions previously described, plant extracted from soil a total of 288.06 kg N; 53.4 kg P; 248.24 kg K; 227.70 kg Ca and 48.94 kg Mg.

Except by N and Ca extraction values, the P, K and Mg extraction are below those reported by Howeler (1981 and 2002), to produce 25,000 and 35,000 kg.ha⁻¹ roots, respectively.

As observed in results of this research and proved by previous researches (Oelstige, 1975; CIAT, 1980; Howeler, 2002), it is evident

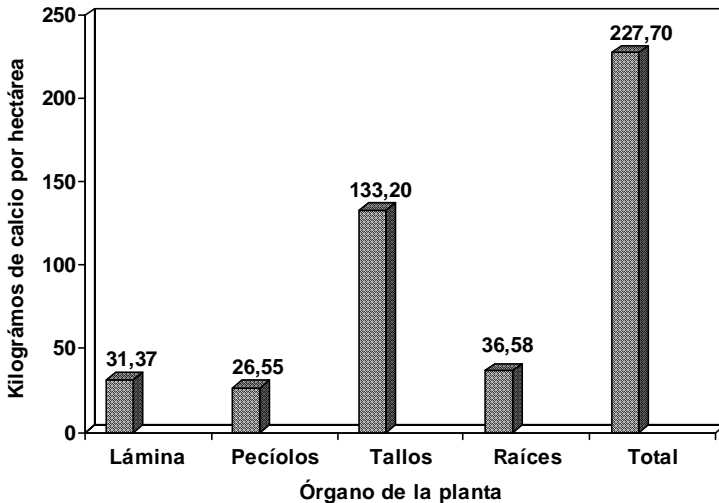


Figura 5. Extracción de calcio en cada órgano de la planta de yuca cv. 'Tempranita' al momento de la cosecha.

Figure 5. Calcium extraction in each organ of cassava cv. 'Tempranita' plant at the moment of harvest.

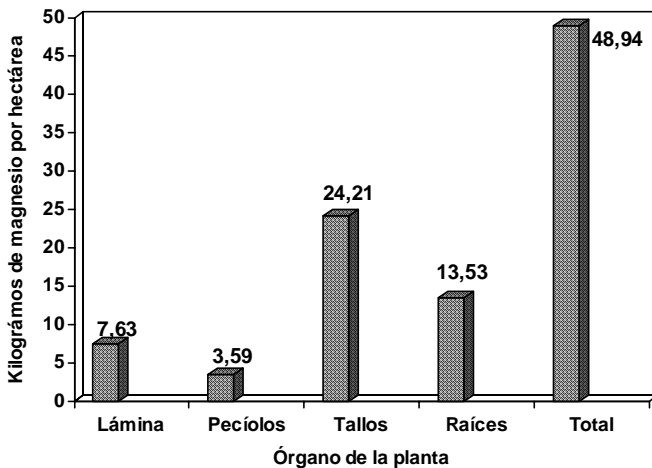


Figura 6. Extracción de magnesio en cada órgano de la planta de yuca cv. ‘Tempranita’ al momento de la cosecha.

Figure 6. Magnesium extraction in each organ of cassava cv. ‘Tempranita’ plant at the moment of harvest.

39,99% respectivamente. Este factor podría ser importante de considerar al comparar estos resultados con los obtenidos por otros autores, que expresan sus resultados sobre la base de la hoja completa, es decir, sin discriminar en lámina y pecíolos.

Para determinar el mejor método de fertilización para el cultivo de yuca, se debe establecer una correlación entre los resultados de análisis de suelos con la respuesta a la fertilización del cultivo (Oelslige, 1975). Los niveles de extracción de nutrientes obtenidos por este estudio podrían ser de utilidad ya que aportan información sobre la cantidad de nutrientes en cada ciclo de producción, por ello podrían contribuir a determinar dosis y tipo de fertilizante a aplicar; así como, de referencia en futuras investigaciones para establecer formas y dosis de fertilizantes.

that cassava plant has high N and K contents, besides of Ca and the high accumulation of these elements is related to the effect of promoting plants development (Howeler, 1981) and traslocation and accumulation of starch in storage roots (Rodríguez and Pire, 2004).

Conclusions

At the moment of storage roots harvest of cassava cv. ‘Tempranita’, the higher N and K concentration was observed in foliar blade and the lower one in roots, those of P in stem and the lower concentration in petiole; while the higher concentration of Ca and Mg was registered in petiole and the lower one in roots.

The elements extracted in higher quantity were N, K and Ca.

Plants showed nutrients

Rendimiento

Sobre la base de 20.000 plantas.ha⁻¹ y una producción promedio por planta de 2.595 kg se puede producir aproximadamente 59.180 kg.ha⁻¹ de raíces reservantes de yuca variedad tempranita hasta cosecha, valores que se encuentran muy por encima de la producción reportada por Rentagro (2002) para la misma zona productora. Bajo las condiciones anteriormente descritas la planta extraído del suelo un total de 288,06 kg de N; 53,4 kg de P; 248,24 kg de K; 227,7 kg de Ca y 48,94 kg de Mg.

Excepto los valores de extracción del N y Ca, la extracción de P, K y Mg se encuentran por debajo de los reportados por Howeler (1981 y 2002), para producir 25.000 y 35.000 kg.ha⁻¹ de raíces respectivamente.

Tal como se observó a través de los resultados de esta investigación y como lo corroboran reportajes previos (Oelslige, 1975; CIAT, 1980; Howeler, 2002), es evidente que las plantas de yuca tiene altos contenidos de N y K, además de Ca y que la alta acumulación de estos elementos se asocia con el efecto que tienen en promover el desarrollo de las plantas (Howeler, 1981) y la traslocación y acumulación de almidón en las raíces reservantes (Rodríguez y Pire, 2004).

Conclusiones

Al momento de la cosecha de raíces reservantes de yuca cv. 'Tempranita', la mayor concentración de N y K se observó en la lámina foliar y la menor en las raíces, la de P en el tallo y la menor concentración en pe-

extraction values in the following decreasing order: N>K>Ca>P>Mg.

Acknowledgement

Authors want to express their thanks to the Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad del Zulia, (Project CC-0922-04), by the financing offered to this research.

End of english version

ciolo; mientras que el Ca y Mg la mayor concentración se registró en el pecíolo y la menor en las raíces.

Los elementos extraídos en mayor cantidad fueron N, K y Ca.

Las plantas presentaron valores de extracción de nutrientes que mostraron el siguiente orden decreciente: N>K>Ca>P>Mg.

Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia, (Proyecto CC-0922-04), por el financiamiento otorgado para la realización de esta investigación.

Literatura citada

Cadavid, L.F., M.A. El-Sharkaw, A. Acosta y T. Sánchez. 1998. Long-term effects of mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia. *Field Crops Research* 57:45-56.

- Centro Interamericano de Agricultura Tropical. 1980. Suelos y nutrición mineral de plantas. En: Informe anual. CIAT. Cali, Colombia. p:35-48 .
- Day, P. 1965. Particle Fractionation and Particle-Size Analysis. In: C. A. Black, Evans D.D., White J.L., Ensminger L.E. and Clark F.E. (Eds). Methods of soil analysis. Part 1. American Society of Agronomy. Madison, USA. p:545-567.
- Helmke, P.A. y D.L. Sparks. 1996. Lithium, Sodium; Potassium, Rubidium and Cesium. In: Birgham J.M. (eds.) Methods of soils Analysis: Part 3. Chemicals Methods. SSSA, Madison, USA. p: 551-574.
- Holdridge, L. 1986. Ecología basada en las zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José. Costa Rica. 214 p.
- Howeler, R.H. 1981. Nutrición mineral y fertilización de la yuca. Centro Interamericano de Agricultura Tropical. CIAT. Cali, Colombia. 55 p.
- Howeler, R.H. 2002. Cassava mineral nutrition and fertilization. En: Cassava: Biology, production and utilization. Eds. R. J. Hillocks, J. M. Thresh y A. C. Bellotti. p:115-147.
- International Soil Reference Information Center. 1993. Procedure for soil analysis. L.P. van Reewijk (Ed). Technical paper. Wageningen, Holland.
- Malavolta, E., G.C. Vitti y S.A. De Oliveira. 1997. Avaliação do estado nutricional das plantas. Princípios e aplicações POTAFOS. 2da. Edição. Piracicaba, Brasil. 201 p.
- Mills, H.A. y J. Benton. 1996. Plant analysis handbook II. MICROMACRO PUBLISHING. Athens, Georgia. 422 p.
- Ministerio de Agricultura y Tierra. 2009. Estadísticas agropecuarias. Subsector agrícola. (<http://apps.fedeagro.org.ve>). Última actualización Abril 2006. Revisión: Enero 2009.
- Nelson, D.W. y L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Birgham J.M. (eds.) Methods of soils Analysis: Part 3. Chemicals Methods. SSSA, Madison, USA. 575-601.
- Oelsgle, D.D. 1975. Accumulation of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Turrialba 25(1):85-87.
- Parry, M.M., J.G. de Carvalho, M.doS.A. Kato y K. Vielhauer. 2005. Estado nutricional da mandioca cultivada em diferentes épocas sob cobertura morta e duas abudações. Rev.ciênc. agrár. Belém. (43):91-114.
- Rentagro. 2002. Desarrollo rural integral sustentable Región Lago de Maracaibo. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. 104 p.
- Rodríguez, Z. y R. Pire. 2004. Extracción de N, P, K, Ca y Mg por plantas de melón (*Cucumis melo* L.) híbrido Packstar bajo condiciones de Tarabana, estado Lara. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 21(2):41-154.
- SAS, Institute Inc. 1998. SAS user's guide: Statistics. 5th edition. SAS Inst., INC., Cary, NC. 1575 p.
- Suarez, D.L. 1996. Beryllium, Magnesium, Calcium, Strontium and Barium. In: Birgham J.M. (eds.) Methods of soils Analysis: Part 3. Chemicals Methods. SSSA, Madison, USA. p:577-601.
- Thomas, G.W. 1996. Soil pH and Soil acidity. In: Birgham J.M. (eds.) Methods of soils Analysis: Part 3. Chemicals Methods. SSSA, Madison, USA. p:475-490.