

Efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo

Planting density effect of the cassava (*Manihot esculenta crantz*) crop development and yielding under agroecological conditions of Maracaibo plain

R. Rojas, W. Gutiérrez, D. Esparza, B. Medina,
Y. Villalobos y L. Morales

Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Apartado 526.
Maracaibo 4005. Zulia. Venezuela.

Resumen

Con la finalidad de evaluar el efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, bajo las condiciones agroecológicas de la Altiplanicie de Maracaibo, se realizó un ensayo en la Granja Experimental "Ana María Campos" de la Universidad del Zulia. Zona de vida caracterizada como bosque muy seco tropical, con precipitación de 400 – 600 mm.año⁻¹, temperatura media de 28°C suelos franco arenosos y pH de 5 a 6. Se evaluaron dos factores de estudio: 1. Distancia entre hileras (DEH): 1,5 m; 2,0 m, 2,5 m y 2. Distancia entre plantas (DEP): 0,8 m; 1,0 m y 1,2 m. El diseño estadístico utilizado fue un arreglo en parcelas divididas en bloques al azar con 5 repeticiones. El análisis de la varianza determinó efecto significativo ($P < 0,01$) del factor de estudio DEH sobre las variables altura de planta, diámetro del tallo, ancho de copa, número de hojas, peso de raíces comerciales por planta y peso de raíces comerciales por hectárea. La DEP afectó significativamente ($P < 0,01$) las variables ancho de copa, número de hojas, peso de raíces comerciales por planta y peso de raíces comerciales por hectárea. La DEH de 2,0 m y la DEP de 0,8 m permitió el mayor rendimiento de raíces comerciales por hectárea con 22.867 kg.ha⁻¹ y 20.788 kg.ha⁻¹, respectivamente. **Palabras clave:** *Manihot esculenta* Crantz, densidad de plantación, desarrollo, rendimiento, altiplanicie de Maracaibo.

Abstract

With the purpose of evaluating the planting density effect on the development and yielding of cassava *Manihot esculenta* Crantz crop, under agro ecological conditions of Maracaibo plain, an essay it was made in the Experimental Farm "Ana Maria Campos" of the University of Zulia. A life region considered as very dry tropical forest with a rainfall of 400 – 600 mm·year⁻¹, an average temperature of 28°C, sandy loam soils and ph 5 - 6. Two study factors were evaluated: 1.Distance between rows (DBR): 1.5 m, 2 m, 2.5 m and 2. Distance between plants (DBP): 0.8 m, 1.0 m, and 1.2 m). The statistical analysis used was an arrangement in plots divided into blocks at random with five repetitions. Variance analysis determined a significant effect (P<0.01) of the study factor DBR on the plant height, stem diameter, canopy width, leaves number, weight of commercial roots per plant and weight of commercial roots per hectare. DBP affected in a significant way (P<0.01) the canopy width, the leaves number, plant and weight of commercial roots per hectare variables. DBR of 2 m, and DBP of 0.8 m, gave the major yielding of commercial roots per hectare with 22867 kg·ha⁻¹ and 20788 kg·ha⁻¹, respectively.

Key words: *Manihot esculenta* Crantz, planting density, developing, yielding, Maracaibo plain.

Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es el cultivo que produce mayor cantidad de energía, seguido del maíz, arroz, ocumo, sorgo y papa. Es una de las raíces comestibles y comerciales más usadas en el mundo, principalmente como fuente de carbohidratos (9). De esta planta se aprovechan todos sus órganos para la elaboración de más de 600 productos y subproductos para la alimentación y nutrición animal y humana (16).

En Venezuela para el 2004 la producción nacional alcanzo las 525.687 TM y en promedio, los agricultores producen cerca 12 toneladas de yuca por hectárea, pero las cosechas pueden alcanzar 40 toneladas (1, 7).

Este cultivo además del valor económico que brindan los productos

Introduction

The cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is the crop that produces a higher energy quantity, followed by corn, rice, cocoyam, sorghum, potato. This is one of foods and commercial roots more used in the world especially as carbohydrates source (9). From this plant, all its organs are used for the elaboration of more of 60 products and sub products for feeding and nutrition animal and human (16).

In Venezuela for the 2004 the national production reached 525.687 T and the production by farmers is almost 12 t·ha⁻¹ but the yield reach 40 tons (1, 7).

Besides of economical value that offers the products and sub products obtained, cassava gives another advantage: tolerance to dry season,

y subproductos que de él se obtienen, ofrece otras reconocidas ventajas: tolerante a sequía, capacidad de producir en suelos degradados, resistente a plagas y enfermedades, tolerante a suelos ácidos, así como flexibilidad en cuanto al momento de la plantación (5, 15). Sin embargo siendo un rubro de tan alto interés hoy en día no se ha desarrollado en gran escala, por su escasa productividad por hectárea (10).

Uno de los elementos que más influye en los rendimientos agrícolas, lo constituye la cantidad de plantas por hectárea o lo que es lo mismo la densidad de plantación. Todos los cultivos requieren una densidad óptima, determinada por el área vital necesaria para un adecuado desarrollo de cada planta. Si esta área vital resulta insuficiente, ocurre el fenómeno de competencia de las plantas por los elementos esenciales para su desarrollo: nutrientes, agua y luz (3, 12).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la densidad de plantación sobre el desarrollo y rendimiento del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz clon 'tempranita' bajo las condiciones agroecológicas de la altiplanicie de Maracaibo.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en la Granja Experimental "Ana María Campos" de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, situada a 10° 33' LN, 71° 43' LO, a 30 msnm, zona de vida clasificada según Holdridge como bosque muy seco tropical, con precipitación anual de 400

ability to produce degraded soils, resistant to pest and diseases, tolerant to acid soils, likewise flexibility related to the plantation time (5, 15). However, being a crop of high interest nowadays is not developed at high scale due to its little productivity per hectare (10).

One of elements of more influence in agricultural yielding is constituted by the plants quantity per hectare that is equivalent to plantation density. All crops need an optimum density, determined by the vital area required for a development adequate of each plant when this area is not enough, takes place the plants competence phenomenon looking for essential elements for its development: nutrients, water and light (3, 12).

The objective of this paper was evaluating the effect of plantation density on the development and yielding of cassava *Manihot esculenta* Crantz crop, Tempranita clon under agro ecological conditions of Maracaibo plain.

Materials and methods

This essay was conducted in the experimental farm Ana María Campos belonging to the Agronomy Faculty, Universidad del Zulia, located a 10° 33' NL, 71° 43' WL, to 30 mals, life region classified according to Holdridge as very dry tropical forest, with an annual rainfall of 400 to 600 mm and bimodal distribution, a transpiration of 2100 mm, a mean temperature of 28°C and a relative moisture of 76%; soil with a PH 5-6

a 600 mm y distribución bimodal, una transpiración de 2100 mm, temperatura media de 28°C y una humedad relativa de 76%; suelo con un pH de 5 a 6 y textura franco – arenosa, presentando un horizonte argílico a profundidad variable desde 0 hasta 50 cm de profundidad (18).

Como material experimental se utilizaron estacas de yuca pertenecientes al clon 'tempranita' caracterizado por ser una planta de porte bajo de 1 a 1,5 m de altura, hojas de color verde intenso, pecíolo verde–morado, raíces marrón claro de fácil descortezamiento. Son plantas precoces de 7 a 8 meses a la cosecha y un rendimiento de raíces promedio de 3 kg.planta⁻¹. Es un cultivo muy adaptado a suelos franco a franco–arenosos, muy popularizado en la altiplanicie de Maracaibo (4).

La semilla utilizada para planta se obtuvo de plantas sanas y vigorosas provenientes de la Granja Experimental "Ana María Campos". De estas plantas se tomo la parte central del tallo, efectuando un corte de las estacas de 15–25 cm de largo cada una, con un mínimo de 3 yemas y con un diámetro aproximado de 2,5 cm (17).

La preparación del terreno se realizo una semana antes de la siembra realizando para ello un pase de rotativa y dos pases de rastra cruzada (6). Con la finalidad de desinfectar el material se sumergieron las estacas en una mezcla de captan a una dosis de 1000 g i.a.ha⁻¹ + dimetoato 400 g i.a.ha⁻¹ (17). Posteriormente se realizo la siembra con la ayuda de un palin utilizando una estaca por hoyo, sembradas con una inclinación de 45° aproximadamente (3).

La fertilización se efectuó a los

and sandy soils with an argilic horizon to variable depth from 0 to 50 cm (18).

Like experimental material were used cassava cuttings belonging to Tempranita clon characterized by being a plant of low tail (1 to 1,5 m high), leaves of intense green color, green-violet petiole, roots are brown light with cortex leaf in a easy way. They are early plants of 7-8 month for harvesting and a mean yielding of roots of 3 kg.plant⁻¹. It is a crop adapted to sandy soils, popular at Maracaibo plain (4).

Seed was obtained from healthy and vigorous plants from the experimental farm Ana María Campos. From this plants, it was taken the central part of stem, making a cut of each stake of 15-20 cm long each, with a minimum of 3 bud and with a diameter of 2,5 cm approximately (17).

Land preparation was made a week before sowing making a rotation pass and a trail pass (6).

With the purpose of disinfect the material; cuttings were soaking in a mix of Captan in a dose of 1000 g i.a.ha⁻¹ + Dimetoato 400 g i.a.ha⁻¹ (17). After, it was made the sowing with the aid of a shovel by using a cutting each hole, sewing with an inclination of 45° approximately (3).

Fertilization was made at day 30 after sowing with the application of complete formula (15-15-15) in a dose of 300 kg.ha⁻¹. At month 2, fertilization was made with urea at 150 kg.ha⁻¹ (13). Irrigation was made by rows with a frequency of twice per week from establishment until six months of crop age.

For weed control, it was applicated of a mix of herbicides

30 días después de la siembra con la aplicación de fórmula completa (15-15-15) a razón de 300 kg·ha⁻¹. A los 2 meses se realizó el reabonamiento con urea a razón de 150 kg·ha⁻¹ (13). El riego se realizó por surcos con una frecuencia de dos veces por semana desde el establecimiento hasta los seis meses de edad del cultivo.

Para el control de malezas se realizó la aplicación de una mezcla de los herbicidas oxifluorfen a una dosis de 600 gr i.a·ha⁻¹ + paraquat 400 g de i.a·ha⁻¹ en forma pre – emergente al cultivo y post – emergente a la maleza. Con respecto a las plagas se presentaron dos ataques severos de ácaros (*Tetranychus spp*) a los 150 y 180 días, por lo que se hizo necesario la aplicación de metamidofos 900 g i.a·ha⁻¹ para el control del ataque (6).

La cosecha se realizó en forma manual a los 7 meses de edad del cultivo, cosechándose únicamente las plantas seleccionadas del área efectiva de cada parcela.

La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 5 surcos dobles de 7 m de longitud. El área efectiva de la unidad experimental estuvo representada por los 3 surcos centrales de cada subparcela, de los cuales se descartó un metro de cada extremo.

Se evaluaron dos factores de estudios con tres (3) niveles cada uno: 1. Distancia entre hileras (DEH): 1,5 m; 2,0 m y 2,5 m y 2. Distancia entre plantas (DEP): 0,8 m; 1,0 m y 1,2 m. De la combinación de los factores de estudio y sus respectivos niveles resultaron 9 tratamientos (cuadro 1).

El diseño estadístico utilizado fue un arreglo en parcelas divididas

Oxifluorfen at a dose of 600 g i.a·ha⁻¹ + Paraquat 400 g i.a·ha⁻¹ in pre-emergent way to the crop and post-emergent to the weed. Respect to the pest it were 2 attacks of mites (*Tetranychus spp*) at 150 and 180 days, it was necessary the application of metamidofos 900 g i.a·ha⁻¹ for the attack control (8).

The harvest was made in a manual way at 7 months of crop age, making a harvesting of selected plants of the effective area of each plot only.

The experimental unit was constituted by a plot of 5 double row of 7 m length. The effective area of the experimental unit was represented by three central rows of each sub plot, from which it was eliminated 1 m of each extreme.

There were evaluated 2 study factors with 3 levels each of them: 1. Distance between rows (DBR): 1.5 m; 2.0 m and 2.5 m y, 2. Distance between plants (DBP); 0.8 m; 1,0 m and 1.2 m. From the combination of the study factors and their respective levels resulted 9 treatments (table 1).

A split plot design arrangement in random block with five replications in where the principal plot was occupied by the study factor DBR and the secondary one was DBP.

The variables development responses of crop (plant height, stem diameter, canopy width and leave number) were evaluated in different sample times, at 30, 60, 90, 120, 150, 180 and 210 days after sowing (DAS).

The variables yielding components (weight of commercial roots per plant, stem diameter and weight of commercial roots per

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos aplicados.**Table 1. Description of treatments applied.**

Tratamiento	Descripción	Plantas.ha ⁻¹
1	1,5 m entre hileras x 0,8 m entre plantas	16.666
2	1,5 m entre hileras x 1,0 m entre plantas	13.332
3	1,5 m entre hileras x 1,2 m entre plantas	11.110
4	2,0 m entre hileras x 0,8 m entre plantas	12.500
5	2,0 m entre hileras x 1,0 m entre plantas	10.000
6	2,0 m entre hileras x 1,2 m entre plantas	8.332
7	2,5 m entre hileras x 0,8 m entre plantas	10.000
8	2,5 m entre hileras x 1,0 m entre plantas	8.000
9	2,5 m entre hileras x 1,2 m entre plantas	6.666

distribuidas en bloques al azar con 5 repeticiones, donde la parcela principal la ocupó el factor de estudio DEH y la parcela secundaria la ocupó el factor de estudio DEP.

Las variables respuestas de desarrollo del cultivo (Altura de planta, diámetro del tallo, ancho de copa y número de hojas) fueron evaluadas en diferentes épocas de muestreo, a los 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días después de la siembra (DDS).

Las variables componentes de rendimiento (Peso de raíces comerciales por planta y peso de raíces comerciales por hectárea) se evaluaron en una única oportunidad, transcurridos los 210 días DDS.

La metodología utilizada para la evaluación de las variables respuestas fue la siguiente:

a. Componentes del desarrollo del cultivo

1. Altura de planta (AP): se midió con una cinta métrica desde la superficie del suelo hasta el ápice de la planta.

2. Diámetro del tallo (DT): se

hectare) were only evaluated in one opportunity, 210 days DAS.

Methodology used for the evaluation of the variables responses was as follows:

a. Components of crop development

1. Plant height (PH): it was measured with a tape measure from the soil surface to the plant apex.

2. Stem diameter (SD): it was measured with a vernier to 20 cm of soil surface.

3. Leaves number (LN): it were counted the photosynthetically actives entire leaves, of intense green color without senescence signals.

4. Canopy width (CW): diameter was measured with a tape measure at canopy center.

b. Components of yielding
For the variable commercial roots weight per plant (WCRP) roots with a length higher of 25 cm and a diameter superior to 5 cm, six plant of the effective area were weight at random. To determine the commercial

midió con un vernier a 20 cm. de la superficie del suelo.

3. Número de hojas (NH): se contaron todas las hojas fotosintéticamente activas, de color verde intenso y sin signos de senescencia.

4. Ancho de copa (AC): se midió con una cinta métrica el diámetro en la parte media de la copa de la planta.

b. Componentes de rendimiento

Para la variable peso de raíces comerciales por planta (PRCP) se pesaron las raíces que tenían una longitud mayor de 25 cm y un diámetro mayor a 5 cm. a seis plantas seleccionadas al azar del área efectiva. Para determinar el peso de raíces comerciales por hectárea (PRCH) se determinó el peso de las raíces comerciales del área efectiva realizando luego la transformación a $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Para el procesamiento de la información experimental se utilizó el paquete estadístico SAS, Versión 8.0 (21), mediante la utilización del procedimiento general para modelos lineales (Proc.GLM) para los análisis de varianza, y la utilización del método de pruebas de medias por mínimos cuadrados (LS MEANS) para la separación de medias.

Resultados y discusión

1. Altura de planta (AP)

Al evaluar el efecto de los factores de estudios sobre la AP durante las diferentes épocas de muestreo (30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 DDS), el análisis de la varianza revela efecto significativo ($P<0,01$) de la DEH sobre la AP, no así para DEP y la interacción de ambos factores. En la

roots weights per hectare (WCRH) it was determined the commercial roots weights from the effective area making the transformation to $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

For the processing of the experimental information it was used the statistical program SAS, version 8.0 (21) by using of general procedure for lineal models (Proc.GLM) for variance analysis and the use of test means method of square minimal (MEANS LS) for mean separation.

Results and discussion

1. Plant height (PH).

Making the evaluation of study factors over the PH during different sampling period (30, 60, 90, 120, 150, 180 and 210 DAS), the variance analysis shows a significative effect ($P<0.01$) of DBR over the PH. DBP was the contrary and it was interaction between both factors.

In the mean test (table 2) for this variable can be observed that the statistical difference between the PH produced by the DBR evaluated begins to being evident from 120 days of evaluation. At 120, 150, 180 and 210 days significative differences are evident ($P<0.01$) between the major PH produced by the distance 2.0 m between rows and the lower height was reached by plants in a distance of 1.5 m between rows. There were observed significative differences ($P<0.01$) at 150 DAS, between the PH generated by the distance 2.0 m (138.6 cm) and the obtained with the distance of 2.5 m (129.4 cm). Nevertheless, the same tendency is conserved in every evaluations; the

prueba de medias (cuadro 2) para esta variable puede observarse que la diferencia estadística entre las AP producidas por las DEH evaluadas, se comienza a evidenciar a partir de los 120 días de evaluación. A los 120, 150, 180 y 210 días, se evidencian diferencias significativas ($P < 0,01$) entre la mayor AP producida por la distancia 2,0 m entre hilos y la menor altura, alcanzada por las plantas sometidas a la distancia 1,5 m entre hilos. Solo se observa diferencias significativas ($P < 0,01$) a los 150 DDS, entre la AP generada por la distancia 2,0 m (138,6 cm) y la obtenida con la distancia 2,5 m (129,4 cm). No obstante, se mantiene la misma tendencia en todas las evaluaciones, la mayor altura de plantas es observada en las plantas bajo la distancia 2,0 m entre hilos.

La menor altura observada en las plantas creciendo bajo la DEH de 1,5 m podría explicarse debido a la mediana a baja fertilidad que caracteriza a los suelos donde se condujo el ensayo, lo cual no permitió suministrar los

greater plant height is observed in the plants under 2.0 m between rows.

The lower height observed in the plants growing under the DBR of 1.5 m could be explained due to the medium to low soil fertility characteristics in where the essay was carried out, by making difficult the apply of necessary nutrients for this plants, which results in a development decrease for an intra specific competence looking for essential elements in its metabolic processes (19).

This results agree with Molina *et al.* (14) reports who pointed out the finding of the lower plant height in soils of low fertility and plantation density higher. The plant development reduction growing to 1.5 m between rows is also present for the variables stem diameter, canopy width and leaves number.

2. Stem diameter (SD).

The analysis of variance for the different sampling period showed a significative effect ($P < 0.01$) of the

Cuadro 2. Prueba de medias y significancias para la variable Altura de planta (cm) por efecto de la distancia entre hileras para las diferentes épocas de muestreo.

Table 2. Mean and significance test for variable Plant Height (cm) by rows distance effect in sampling periods.

Tratamiento	Días de evaluación						
	30	60	90	120	150	180	210
1,5 m	42,2 ^a	76,0 ^a	88,1 ^a	98,3 ^b	126,1 ^b	129,4 ^b	131,1 ^b
2,0 m	42,3 ^a	76,3 ^a	89,2 ^a	108,8 ^a	138,1 ^a	139,0 ^a	145,1 ^a
2,5 m	42,2 ^a	76,2 ^a	91,0 ^a	108,3 ^a	129,1 ^b	134,3 ^{ab}	143,8 ^a

Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P < 0,01$)

nutrientes necesarios para estas plantas, produciéndose disminución en su desarrollo por competencia intra específica por elementos esenciales para sus procesos metabólicos (19).

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Molina *et al.* (14) quienes señalan haber encontrado la menor altura de plantas en suelos de baja fertilidad y a altas densidades de plantación. Esta disminución en el desarrollo de las plantas creciendo a 1,5 m entre hileras también se presenta como se explicará posteriormente, para las variables diámetro del tallo, ancho de copa y número de hojas.

2. Diámetro de tallo (DT)

El análisis de varianza para las diferentes épocas de muestreo determinó efecto significativo ($P < 0,01$) del factor de estudio DEH sobre el DT, no así para la DEP y la interacción de ambos factores. Para las evaluaciones a los 30, 60, 90, 120, 150, 180 y 210 días (cuadro 3), se observa que no existe diferencias significativas entre el DT alcanzado por las plantas con las distancias 2,0 m y

study factor DBR on the SD being different for for the DBP and the interaction of both factors. For the evaluations at 30, 60, 90, 120, 150, 180 and 210 days (table 3), it was observed that there is no significative difference between the SD reached by plants with distances of 2.0 and 2.5 m, which produced the major SD. However, there are significative differences ($P < 0.01$) between the SD of plants growing with these DBR and the minor ST reached by plants with a distance of 1.5 between rows.

Results found confirm the Ramirez and Flor (19) reports about lower stem diameter was obtained with short sowing distance between rows.

3. Canopy width (CW).

According to variance analysis for the different sampling period there was significative effects ($P < 0.01$) of study factor DBR and DBP over the CW, contrary to the interaction of both factors.

In the table 4 it is shown the mean test for the variable CW for

Cuadro 3. Prueba de medias y significancias para la variable Diámetro del tallo (mm) por efecto de la distancia entre hileras para las diferentes épocas de muestreo.

Table 3. Mean and significance test for variable Stem Diameter (mm) by rows distance effect in sampling periods.

Tratamiento	Días de evaluación						
	30	60	90	120	150	180	210
1,5 m	9,0 ^b	13,3 ^b	16,4 ^b	15,3 ^b	18,1 ^b	18,6 ^b	20,9 ^b
2,0 m	9,8 ^a	17,8 ^a	18,5 ^a	19,6 ^a	22,6 ^a	22,9 ^a	25,1 ^a
2,5 m	10,7 ^a	18,4 ^a	18,3 ^a	19,0 ^a	20,7 ^a	21,9 ^a	23,3 ^a

Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P < 0,01$)

2,5 m, los cuales produjeron los mayores DT. Sin embargo si existen diferencias significativas ($P<0,01$) entre los DT de las plantas creciendo con estas DEH y el menor DT alcanzado por las plantas sometidas a la distancia 1,5 m entre hilos.

Los resultados encontrados reafirman lo reportado por Ramírez y Flor (19) quienes señalan que el menor diámetro del tallo lo obtuvieron con la menor distancia de siembra entre surcos.

3. Ancho de copa (AC)

De acuerdo al análisis de varianza para las diferentes épocas de muestreo existen efectos significativos ($P<0,01$) del factor de estudio DEH y DEP sobre el AC, no así para la interacción de ambos factores.

En el cuadro 4 se presenta la prueba de medias para la variable AC por efecto de la DEH. Se observa que para las evaluaciones a los 30, 60, 90, y 120 días, no existen diferencias significativas entre el AC alcanzado por las plantas con las distancias 2,0 m y 2,5 m, los cuales produjeron los mayores AC. Sin

effect of DBR. It is observed that for the evaluations at 30, 60, 90 and 120 days there are not significant differences between the CW reached by plants with distances 2.0 and 2.5 m which produced the major CW. However, there is significant differences between the ($P<0.01$) CW obtained with this DBR and the minor SD reached by plants growing to distance 1.5 m. For the evaluations at 150, 180 and 210 days can be appreciated that there are not appear significant differences between the results obtained for the different treatments. These responses changes match with the beginning of leaves fall phase; a characteristic of cassava clon used which seems to affect this evaluation variable.

For the study factor DBP, in the mean test (table 5) can be observed that difference between the CW begin from the 90 days of evaluation, it shows significant differences ($P<0.01$) between the result obtained with distances 0.8 m and 1.2 m which

Cuadro 4. Prueba de medias y significancias para la variable Ancho de copa (AC) por efecto de la distancia entre hileras para las diferentes épocas de muestreo.

Table 4. Mean and significance test for variable Canopy Width (CW) by rows distance effect in sampling periods.

Tratamiento	Días de evaluación						
	30	60	90	120	150	180	210
1,5 m	67,4 ^b	89,9 ^b	95,3 ^b	96,8 ^b	99,7 ^a	100,0 ^a	100,9 ^a
2,0 m	74,5 ^a	101,1 ^a	101,5 ^a	102,8 ^a	103,5 ^a	104,6 ^a	105,3 ^a
2,5 m	76,4 ^a	101,2 ^a	101,4 ^a	101,7 ^a	101,9 ^a	102,6 ^a	102,9 ^a

Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P<0,01$)

embargo existe diferencias significativas ($P<0,01$) entre el AC obtenido con estas dos DEH y el menor DT alcanzado por las plantas creciendo a la distancia 1,5 m. Para las evaluaciones a los 150, 180 y 210 días puede apreciarse que no existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos para los diferentes tratamientos, este cambio en la respuesta coincide con el inicio de la fase de caída de hojas característico del clon de yuca utilizado, lo cual parece afectar la evaluación de esta variable.

Para el factor de estudio DEP, en la prueba de medias (cuadro 5) puede observarse que la diferencia entre el AC comienza a partir de los 90 días de evaluación, existiendo diferencias significativas ($P<0,01$) entre el AC presentado por las plantas sembradas a 1,0 m y 1,2. Así mismo, se observa que existe diferencia significativa ($P<0,01$) entre en resultado obtenido con las distancias 0,8 m y 1,2 m; la cual comienza a los 90 días y mantiene la tendencia en todas las evaluaciones, obteniéndose el ma-

happen at day 90 and this trend is maintain in all evaluations, being obtained the higher CW (108.6 cm) and the greater DBP (1.2 m).

Several authors like Rodriguez (20) and Filho *et al.* (8) pointed out that plants modifies its architectural form depending on conditions in where they grow, it means, when plants distance is minor, an arrangement is originated in the leaves disposition of a vertical way as a consequence of the competence between plants for light, whereas to distance bigger between plants the growing is in horizontal way, since the CW is higher.

4. Leaves number (LN).

For the evaluation accomplished in different sampling periods, the variance analysis showed significative effects ($P<0.01$) of study factors DBR and DBP, contrary for the interaction of both factors.

In the mean test (table 6) it is observed that the major LN was produced by the plants sowed at 2.0

Cuadro 5. Prueba de medias y significancias para la variable Ancho de copa (cm) por efecto de la distancia entre plantas para las diferentes épocas de muestreo.

Table 5. Mean and significance test for the variable Canopy Width (cm) by effect of plant distance in sampling periods.

Tratamiento	Días de evaluación						
	30	60	90	120	150	180	210
0,8 m	74,3 ^a	96,9 ^a	97,9 ^b	98,6 ^b	99,6 ^b	100,5 ^b	101,9 ^b
1,0 m	70,9 ^a	96,7 ^a	98,8 ^b	99,0 ^b	103,3 ^a	104,0 ^a	106,4 ^a
1,2 m	72,4 ^a	98,9 ^a	103,1 ^a	105,3 ^a	106,5 ^a	107,1 ^a	108,6 ^a

Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P<0,01$)

yor AC (108,6 cm) con la mayor DEP (1,2 m).

Diversos autores Rodríguez (20) y Filho *et al.*, (8) señalan que las plantas modifican su arquitectura dependiendo de las condiciones donde se encuentren, es decir, a menor distancia entre plantas se origina un arreglo en la disposición de las hojas en forma vertical como consecuencia de la competencia entre plantas por luz, mientras que a mayor distancia entre plantas el crecimiento es en forma horizontal, por lo tanto, el AC es mayor.

4. Número de hojas (NH)

Para las evaluaciones realizadas en las diferentes épocas de muestreo, el análisis de varianza encontró efectos significativos ($P < 0,01$) de los factores de estudio DEH y DEP, no así para la interacción de ambos factores.

En la prueba de medias (cuadro 6) se observa que el mayor NH fue producido por las plantas sembradas a 2,0 m entre hileras y 2,5 m entre hileras; no determinándose diferencias significativas entre los resultados obtenidos

m and 2.5 m between rows; there were no determined significative differences ($P < 0.01$) between the results obtained for both distances. However, there are significant differences < 0.01 between the leaves number reached by plants growing to other distances, which is present at day 90 of the evaluation and it remain during the rest of evaluations (210 days).

Making the evaluation of the DBP effect on the same variable in the mean test (table 7) it is observed that show a similar trend to the referred for the factor DBR. From 90 days of evaluation there are significative differences ($P < 0.01$) between the LN produced by plants sowed at a distance of 0.8 m between plants and those sowed at 1.0 m or 1.2 m. This suggests that under these plants populations took place an intra specific competence that affects the crop development. Generally in this crop, the high densities competence appears due to the light factor which

Cuadro 6. Prueba de medias y significancias para la variable Número de hojas por efecto de la distancia entre hileras para las diferentes épocas de muestreo.

Table 6. Mean and significance test for the variable Leaves Number by effect of row distance in sampling periods.

Tratamiento	Días de evaluación						
	30	60	90	120	150	180	210
1,5 m	37,8 ^a	67,5 ^a	76,3 ^b	89,1 ^b	103,8 ^b	79,1 ^b	57,1 ^b
2,0 m	35,6 ^a	68,1 ^a	91,4 ^a	104,0 ^a	145,8 ^a	102,9 ^a	76,2 ^a
2,5 m	41,6 ^a	71,3 ^a	98,1 ^a	114,1 ^a	151,2 ^a	98,4 ^a	73,5 ^a

Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P < 0,01$)

para estas dos distancias. Sin embargo si se evidencian diferencias significativas ($P < 0,01$) entre el NH producido por las plantas sembradas a 1,5 m entre hileras con respecto al NH alcanzado por plantas creciendo a las otras distancias, la cual se presentan a partir de los 90 días de evaluación y se mantiene durante el resto de las evaluaciones (210 días).

Al evaluar el efecto de la DEP sobre esta misma variable en la prueba de medias (cuadro 7) se observa que existe similar tendencia a la descrita para el factor DEH. A partir de los 90 días de evaluación existen diferencias significativas ($P < 0,01$) entre el NH producido por las plantas sembradas 0,8 m entre plantas y las sembradas a 1,0 m y 1,2 m. Esto sugiere que bajo estas poblaciones de plantas existió una competencia intra específica que afectó el desarrollo del cultivo. Generalmente en este cultivo la competencia a altas densidades se da por el factor luz, lo cual origina la caída de las hojas bajas (19).

Estos resultados concuerdan con

originates the lower leaves fall. (19).

This results agreement with Ventura and Pulgar (22) who reports that the cassava foliage production trend is toward the diminishing when high population densities are used, having as explanation the competence generated between plants for elements like water, light and mineral nutrients.

5. Weight of commercial roots per plant (WCRP)

The variance analysis showed significative effects ($P > 0,01$) of study factors DBR and DBP on the WCRP, contrary for the interaction of both factors.

In the mean test accomplished for the DBR (table 8) it can be appreciated the major yielding (2.3 kg.plant⁻¹) which was reached with the DBR of 2,0 m, with significative differences ($P < 0,01$) in the result obtained with the DBR of 2.5 m (1.9 kg.plant⁻¹). The DBR of 1.5 m produced the lower yielding (1.2 kg.plant⁻¹) with significative

Cuadro 7. Prueba de medias y significancias para la variable Número de hojas por efecto de la distancia entre plantas para las diferentes épocas de muestreo.

Table 7. Mean and significance test for the variable Leaves Number by effect of plant distance in sampling periods.

Tratamiento	Días de evaluación						
	30	60	90	120	150	180	210
0,8 m	35,2 ^a	66,2 ^a	79,3 ^b	92,0 ^b	115,7 ^b	81,2 ^b	63,7 ^b
1,0 m	39,7 ^a	68,2 ^a	92,0 ^a	104,0 ^a	131,4 ^a	93,4 ^a	77,4 ^a
1,2 m	40,1 ^a	71,1 ^a	94,6 ^a	101,1 ^a	133,6 ^a	90,9 ^a	75,7 ^a

Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P < 0,01$)

lo reportado por Ventura y Pulgar (22) quienes señalan que la tendencia de la producción del follaje de yuca es a bajar cuando se utilizan densidades de poblaciones altas, teniendo su explicación en la competencia que se genera entre plantas por elementos como agua, luz y nutrientes minerales.

5. Peso de raíces comerciales por planta (PRCP)

El análisis de varianza determinó efectos significativos ($P < 0,01$) de los factores de estudio DEH y DEP sobre el PRCP, no así para la interacción de ambos factores. En la prueba de medias realizada para la DEH (cuadro 8), se puede apreciar que el mayor rendimiento ($2,3 \text{ kg}\cdot\text{planta}^{-1}$) fue alcanzado con la DEH de 2,0 m; existiendo diferencias significativas ($P < 0,01$) con el resultado obtenido con la DEH de 2,5 m ($1,9 \text{ kg}\cdot\text{planta}^{-1}$). La DEH de 1,5 m produjo el menor rendimiento ($1,2 \text{ kg}\cdot\text{planta}^{-1}$) existiendo diferencias significativas entre este resultado y el producido tanto por la distancia 2,0 m y 2,5 m entre hileras.

differences between this result and those produced by the distance 2.0 m and 2.5 m between rows.

Respect to the effect of study factor DBP on the WCRP, the mean test (table 9) did not showed significative differences between the results obtained with the DBP of 0.1 m and 0.8 m which were $1.7 \text{ kg}\cdot\text{plant}^{-1}$ and $1.5 \text{ kg}\cdot\text{plant}^{-1}$, respectively. There are significative differences ($P < 0.01$) between the results obtained by these distances and those produced with the DBP of 1.2 m with a yielding of $2.0 \text{ kg}\cdot\text{plant}^{-1}$.

This confirm that diminishing the distance between plants (major sowing distance) decrease yielding per plant due to the competence for environmental resources. This results are in concordance with Boves *et al.* (4) who worked out under similar conditions of essay found that by increasing the sowing density per hectare, decrease yielding per plant. This occurs due to the proportional

Cuadro 8. Medias y significancias para el variable Peso de raíces por planta (PRCP) y Peso de raíces comerciales por hectárea (PRCH) a los 210 días por efecto del factor de estudio distancia entre hileras.

Table 8. Mean and significance test for the variable Weight of commercial roots per plant (WCRP) and Weight of Commercial Roots per Hectare (WCRH) at day 210 by effect of row distance.

Tratamiento	PRCP ($\text{kg}\cdot\text{planta}^{-1}$)	PRCH ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
1,5 m	1,2 ^c	16,973 ^b
2,0 m	2,3 ^a	22,867 ^a
2,5 m	1,9 ^b	15,396 ^b

Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P < 0,01$)

Con respecto al efecto del factor de estudio DEP sobre el PRCP, la prueba de medias (cuadro 9) no determinó diferencias significativas entre los resultados obtenidos con las DEP de 1,0 m y 0,8 m los cuales fueron 1,7 kg.planta⁻¹ y 1,5 kg.planta⁻¹ respectivamente. Sí existen diferencias significativas ($P < 0,01$) entre los resultados obtenidos por estas distancias y el producido con la DEP de 1,2 m con un rendimiento de 2,0 kg.planta⁻¹.

Esto reafirma que al disminuir la distancia entre plantas (mayor densidad de siembra) disminuye el rendimiento por planta producto de la competencia por recursos ambientales. Estos resultados coinciden con los reportados por Boves *et al.*, (4) quienes trabajando bajo similares condiciones del ensayo encontraron que al aumentar la densidad de siembra por hectárea disminuye el rendimiento por planta.

Esto pudiera deberse a la relación proporcional reportada en este cultivo entre la raíz y la parte aérea (2). La DEP 1,2 m obtuvo mayor AC produciendo también un mayor peso de raíces comerciales por planta.

Cuadro 9. Medias y significancias para el variable Peso de raíces por planta (PRCP) y Peso de raíces comerciales por hectárea (PRCH) a los 210 días por efecto del factor de estudio distancia entre plantas.

Table 9. Mean and significances for variable Weight of Comercial Roots per Plant (WCRP) and Weight of Comercial Roots per Hectare (WCRH) at day 210 by effect of plant distance.

Tratamiento	PRCP (kg.planta ⁻¹)	PRCH (kg.ha ⁻¹)
0,8 m	1,5 ^b	20,788 ^a
1,0 m	1,7 ^b	17,464 ^b
1,2 m	2,0 ^a	16,984 ^b

Medias seguidas de letras distintas difieren significativamente ($P < 0,01$)

relationship reported in this crop between the root and the aerial part (2). The DBP of 1.2 m had a major CW by producing a major commercial roots weights per plant.

6. Weight of commercial roots per hectare (WCRH)

The analysis of variance determined significant effect ($P < 0.01$) of study factors DBR and DBP on the WCRH, contrary to the interaction of both factors.

In the mean test accomplished (table 8) for the DBR, it can be observed that the greater yielding (22.867 kg.ha⁻¹) was reached with DBR of 2.0 m. There are significant differences ($P < 0,01$) with the result obtained in the distance of 1.5 m (16.973 kg.ha⁻¹) and the DBR of 2.5 m which produced the minor yielding (15.396 kg.ha⁻¹).

In relation to the effect of the study factor DBP on the WCRH, the mean test (table 9) did not show significant differences in yield. Results obtained with the DBP of 1.0 m and 1.2 m and yielding produced,

6. Peso de raíces comerciales por hectárea (PRCH)

El análisis de varianza determinó efecto significativo ($P < 0,01$) de los factores de estudio DEH y DEP sobre el PRCH, no así para la interacción de ambos factores.

En la prueba de medias realizada (cuadro 8) para la DEH, se puede observar que el mayor rendimiento ($22.867 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) fue alcanzado con la DEH de 2,0 m; existiendo diferencias significativas ($P < 0,01$) con el resultado obtenido con la DEH de 1,5 m ($16.973 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) y la DEH de 2,5 m la cual produjo el menor rendimiento con ($15.396 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Con respecto al efecto del factor de estudio DEP sobre el PRCH, la prueba de medias (cuadro 9) no determinó diferencias significativas entre el resultado obtenido con las DEP de 1,0 m y 1,2 m con respecto al rendimiento producido, $17.464 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $16.984 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ respectivamente. Sí existe diferencias significativas ($P < 0,01$) con los resultados obtenidos para estas distancias y el producido con la DEP de 0,8 m el cual permitió un rendimiento superior ($20.788 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Aun cuando el mayor PRCP lo produjo la DEP de 1,2 m no ocurrió igual en el caso del PRCH siendo la DEP de 0,8 m la que produjo los mayores rendimientos, debido a que hay un mayor número de plantas por unidad de superficie. Estos resultados difieren de lo reportado por Girón y Alfonso (11) quienes señalan que los mayores rendimientos los obtuvieron con distancias más espaciadas utilizando el cultivar Negrita. No obstante esta diferencia en cuanto a los resultados encontrados probablemente se debe a la diferencia en

were $17.464 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and $16.984 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectively. There are significative differences ($P < 0,01$) with the results obtained for these distances and the produced with DBP of 0.8 m, which permitted a superior yielding ($20.788 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Even though the major WCRP was produced by DBP of 1.2 m, was different the WCRH, being the DBP of 0.8 m which produced the major yielding due to there were a higher number of plants per unit surface. This result differs from Giron and Alfonso (11) who said that the major yielding was obtained with more spaced by using the cultivar Negrita. However, this difference is probably due to the difference in grow and vigor of genetic materials of cassava plants used in both researchers, which no doubt can vary the plant response to the sowing density used.

Conclusions

The sowing distance between rows affected the development (Plant height, leaves number and canopy width) and yielding (weight of commercial roots per plant and weight of commercial roots per hectare) of cassava crop.

The sowing distance between plants affected the canopy width, the commercial roots weights per plant and per hectare in the cassava crop.

The sowing distance 2.0 m between rows permit to obtain the major commercial roots yielding per hectare ($2.3 \text{ kg}\cdot\text{plant}^{-1}$).

The sowing distance 0.8 m between plants permit to obtain the

porte y vigor de los diferentes materiales genéticos de plantas de yuca utilizadas en ambas investigaciones, lo cual indudablemente puede variar la respuesta de la planta a la densidad de siembra empleada.

Conclusiones

La distancia de siembra entre hileras afectó el desarrollo (altura de planta, número de hojas, diámetro del tallo y ancho de copa) y el rendimiento (peso de raíces comerciales por planta y peso de raíces comerciales por hectárea) del cultivo de la yuca.

La distancia de siembra entre plantas afectó el ancho de copa, el peso de raíces comerciales por planta y por hectárea en el cultivo de la yuca.

La distancia de siembra 2,0 m entre hileras permite obtener el mayor rendimiento de raíces comerciales por hectárea (2,3 kg.planta⁻¹). La distancia de siembra 0,8 m entre plantas permite obtener el mayor rendimiento de raíces comerciales por hectárea (20.788 kg.ha⁻¹).

Agradecimiento

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CONDES-LUZ) por el cofinanciamiento a este proyecto de investigación No. CC 0464-04.

Literatura citada

1. Agrocadenas. 2004. Inteligencia de Mercados. Yuca. Disponible en: http://www.agrocadenas.gov.co/inteligencia/int_yuca.htm. 22/11/2004.
2. Avilán L., L. Meneses, C. Arias y O. Pérez. 1982. Distribución del

best commercial roots yielding per hectare (20.788 kg.ha⁻¹).

Acknowledgments

Authors want to express their gratitude to The Scientific and Humanistic Development Counsel belonging to the University of Zulia by the support offered to this research.

End of english version

sistema radical de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivada a diferentes distancias entre plantas. Agronomía Tropical. 31(1-6):189-210.

3. Báez, J., R. Antequera, J. Ramos, W. Gutiérrez y C. Medrano. 1998. Densidad de siembra y control de malezas en el cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz en siembra directa bajo las condiciones de la altiplanicie de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 15(5):429-438.
4. Boves, M., Y. Lugo, R. Castillo y W. Gutiérrez. 1993. Efecto de la densidad de siembra y el método de control de malezas sobre yuca *Manihot esculenta* Crantz variedad 'Tempranita', en suelos de la altiplanicie de Maracaibo, Vía La Cañada. Trabajo de grado. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo. Venezuela. 33 p.
5. Ceballos, H. 2002. La yuca en Colombia y el mundo: Nuevas perspectivas para un cultivo milenario. p.65. En: La yuca del tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Compilado y dirigido por: Bernardo Ospina y Hernán Ceballos. Cali, Colombia CIAT; CLAYUCA. Proyecto IP - 3. Mejoramiento de la yuca. 586 p. (Publicación CIAT; No. 327).
6. Daboin, B., Y. Ferrer, J. Morán y W. Gutiérrez. 2004. Efecto del tipo de

- herbicidas y días después de su aplicación sobre el control de malezas, desarrollo, rendimiento y beneficio neto relativo del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz. Trabajo de grado. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo. Venezuela. 33 p.
7. FAO. 2004. Sistemas de producción agropecuaria y pobreza. Disponible en: www.fao.org/waicent/portal/statistics_es. 22/11/2004.
 8. Filho, A., L. Strohhaecker, y E. Fey. 2003. Profundidade e espacamento da mandioca no plantio directo na palha. Rev. Ciencia Rural. 33 (2):1-10.
 9. Fuenmayor, F., V. Segovia, J. Albarrán, A. Rodríguez y W. Cabaña. 2005. Banco de germoplasma de yuca del INIA – CENIAP – Venezuela. Revista CENIAP HOY N° 7. Revista digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Disponible en: http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n7/art/fuenmayor_f.htm
 10. Gerstl, A. 2001. Avances en las prácticas culturales en el cultivo de la yuca en Venezuela. Conferencia. XV Congreso Asociación Latinoamericana de Malezas y X Jornadas Sociedad Venezolana para el Combate de Malezas. Maracaibo. Venezuela. 13 p.
 11. Girón, C. y E. Alfonso (2000). Manejo integrado de malezas en yuca en el estado Miranda. Agronomía Tropical. 50 (1):31–40.
 12. Gutiérrez, W. 2001. Efecto de la densidad de plantas, la lamina de riego y el método de control de malezas sobre el lechoso (*Carica papaya* L.) bajo las condiciones de la altiplanicie de Maracaibo. Tesis de Maestría. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Comisión de Estudios de Postgrado. Postgrado en Agronomía. Maracay, Venezuela. 123 p.
 13. Gutiérrez, W., C. Medrano, Y. Villalobos, B. Medina, D. Rosales, C. Contreras, A. Montes de Oca, y J. Báez. 2002. Efecto de la fertilización sobre el rendimiento de la yuca bajo dos sistemas de labranza en la planicie de Maracaibo. Revista Unellez Ciencia y Tecnología. Vol. 20:135-146.
 14. Molina, J., M. El-Sharkawy y Y. López. 1996. Fertilidad del suelo y calidad nutricional de estacas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Rev. Acta Agronómica. 46 (3):71-78.
 15. Montaldo, A y J. J. Montilla. 1996. La yuca frente al hambre del mundo tropical. P: 17 - 34. En: Montaldo, A. (Comp.). La yuca frente al hambre del mundo tropical. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
 16. Ortega, E. 2005. Raíces y tubérculos biofortificados: Una innovación contra el hambre y la desnutrición en el mundo. Revista CENIAP HOY N° 8. Revista digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. Disponible en: http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n8/art/ortega_e2.htm
 17. Ortega, C. y E. Velásquez. 1998. Obtención y manejo de estacas de calidad para la producción integral de yuca. Editado por el FONAIAP – Centro de Investigaciones Agropecuarias. Maturín. Venezuela.
 18. Peters, W., N. Noguera, G. Materano y G. Romero. 1983. Estudio detallado de suelos de la Granja Experimental Ana Maria Campos de la Facultad de Agronomía. Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Mimeo. Venezuela. 14p.
 19. Ramírez, E. y J. Flor. 1991. Respuesta de tres cultivares de yuca a la fertilización y dos distancias de siembra. Rev. Rumipamba. Ecuador. VIII (2):53-64.
 20. Rodríguez, L. 2000. Densidad de población vegetal y producción de materia seca. Revista Comalfi. XXVII (1-2):31-38.

21. SAS Institute, Inc. 2000. User's guide: Statistics. SAS Inst, Inc, Cary. NC. 530 p.
22. Ventura, J. y R. Pulgar. 1990. Efecto de la densidad de siembra y frecuencia de corte sobre los componente de la producción y de follaje de yuca *Manihot esculenta* Crantz. Rev. Fac. Agron. (LUZ):7:229-243.