

Respuesta de dos cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (CM 3306-4 y MCOL 2215) a la aplicación de riego en condiciones hídricas diferentes

Response of two cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars (CM 3306-4 y MCOL 2215) to irrigation in different hydric conditions

Félix Esteban Pastrana^{1*}, Heraldo S. Alviz² y Jairo G. Salcedo³.

¹ Universidad de Sucre, Grupo de investigación Procesos Agroindustriales y Desarrollo Sostenible. Facultad de Ingenierías. Carrera 28 # 5-267. Cel. 3005216671. Sincelejo, Sucre, Colombia. *Autor de correspondencia: felixpastra22@gmail.com

Rec.: 25.07.2014 Acep.: 26.08.2014

Resumen

En el estudio se evaluó el rendimiento productivo de los cultivares de yuca CM 3306-4 y MCOL 2215, cultivados en un suelo arcilloso-limoso, bajo diferentes condiciones hídricas: (1) H1 = en seco desde la siembra hasta la cosecha (9 meses) con una precipitación de 841 mm; (2) H2 = riego complementario desde la siembra hasta la cosecha y una precipitación de 1247 mm; y (3) H3 = riego a partir del cuarto mes y una precipitación de 998 mm. El diseño utilizado fue parcelas subdivididas con tres repeticiones. En el tratamiento H2 el contenido de almidón en campo (27.45%), el rendimiento de almidón (8.23 t/ha), la altura de planta (249 cm) y el rendimiento de yuca fresca (30 t/ha) fueron más altos que en los tratamientos H1 y H3. El cultivar CM 3306-4 presentó los mayores incrementos promedio en rendimiento (26.4 t/ha), altura (249 cm) y contenido de almidón (26.64%) en los diferentes tratamientos ($P < 0.05$) en relación con el cultivar MCOL 2215. El riego incrementó el rendimiento del cultivo de yuca, presentando diferencia significativa entre la condición hídrica y los parámetros evaluados; igualmente se encontraron diferencias en contenido de almidón entre variedades.

Palabras clave: Riego, *Manihot esculenta*, yuca, contenido de materia seca, contenido de almidón, CM 3306-4, MCOL 2215.

Abstract

This study assessed the yield of cassava cultivars MCO L2215 and CM 3306-4 in a silty clay soil under different hydric conditions: (1) rainfed conditions from planting to harvest (nine months) with a climatic offer of 841mm; (2) with supplemental irrigation from planting to harvest and total water supply of 1247mm, this treatment had the higher starch content in the field (27.45%), height (249 cm) and yield (30 t/ha) y (3) irrigated from the fourth month and a water supply of 998mm. The cultivar CM 3306-4 presented higher mean increases in yield (26.4 t/ha), height (249 cm) and starch content (26.64%) in the different treatments evaluated, showing significant differences from the other cultivar. The irrigation increased the yield of cassava, with significant differences between hydric condition and the parameters assessed. There wasn't significant difference between cultivars and starch content. This

study shows the importance of irrigation in cassava production and serves as a reference for the application of irrigation technologies and future research.

Key words: Irrigation, *Manihot esculenta*, dry matter content, starch content, CM3306-4, MCOL 2215.

Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una raíz tuberosa con un alto contenido de energía, que se utiliza tanto para la alimentación humana como para los animales. Sus raíces son ricas en carbohidratos y las hojas contienen proteínas, vitaminas y minerales (Aguilera, 2012). La planta de yuca crece en un amplio rango de condiciones tropicales, desde los trópicos húmedos y cálidos de tierras bajas, pasando por los trópicos de altitud media, hasta los subtropicales con inviernos fríos y lluvias en verano. Aunque prospera en suelos fértiles, su ventaja comparativa con otros cultivos más rentables es su capacidad para crecer en suelos ácidos, de escasa fertilidad natural, con precipitaciones esporádicas o largos períodos de sequía. No obstante, no tolera encharcamientos ni condiciones salinas en el suelo (Sharkawy y Cadavid, 2000).

Esta planta es apreciada por su adecuada adaptación a diferentes ecosistemas, alta tolerancia a la sequía y al ataque de plagas y facilidad de almacenamiento (Giraldo, 2006). A pesar de ser un cultivo de secano, la yuca no produce económicamente en condiciones de deficiencia de humedad, aunque en estas condiciones las plantas crecen y puedan producir (Finagro, 2012).

La información sobre los requerimientos hídricos de la yuca es escasa. La experiencia actual sugiere que requiere humedad para germinar y desarrollarse, incrementando su demanda entre el cuarto y quinto mes después de la siembra. También se ha estimado que el riego frecuente puede producir un crecimiento excesivo de la parte aérea y reducir la producción de biomasa radical. Algunos trabajos experimentales muestran que la distribución de las raíces de yuca responden a la aplicación de riego (Caraballo *et al.*, 1997); si después de la siembra ocurre una sequía severa durante los dos primeros meses de crecimiento, las plantas de yuca dejan de crecer, se defolían y entran en estado

de latencia; no obstante al comienzo de las lluvias utilizan sus reservas de hidratos de carbono presentes en las raíces y tallos para producir nuevas hojas (López, 2002).

En Colombia, productores, industriales e investigadores han tratado de fomentar el cultivo de yuca y mejorar su productividad, implementando tecnologías en las cuales la aplicación de riego es de vital importancia para el aumento de los rendimientos de este cultivo (Caraballo *et al.*, 1997). En el país las comunidades de productores tienen a las raíces de yuca como opción de seguridad alimentaria, uso industrial y muy poco para alimentación animal. Además, puede ser cultivada en diferentes condiciones geográficas, por lo que constituye una importante alternativa cuando las cosechas de otros productos alimentarios no son suficientes, siendo los cultivares Venezolana (MCOL 2215) y la ICA – Negrita (CM 3306-4) los más cultivados en la región Caribe de Colombia, debido a sus altos contenidos de materia seca y uso en sistemas doble propósito para consumo en fresco y/o industrial (Aguilera, 2012). En este estudio se evalúan los rendimientos de los cultivares de yuca ICA-negrita CM 3306-4 y Venezolana MCOL 2215 manejados en distintas condiciones hídricas y aplicación de riego suplementario.

Materiales y métodos

En el estudio se emplearon los cultivares de yuca MCOL 2215 y CM 3306-4 provenientes del Programa de Mejoramiento del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), los cuales fueron evaluados en el municipio de San Antonio de Palmitos (9° 19' 35" N y 75° 31' 1" O), departamento de Sucre, Colombia. El sitio experimental se encuentra a 85 m.s.n.m., con una temperatura promedio anual de 30 °C, 83% de humedad relativa y una precipitación promedio anual, de 1585 mm, en clima clasificado como sabana tropical (Aw) según Köppen. Las condiciones

hídricas evaluadas fueron (Cuadro 1): (1) H1, en el ciclo de cultivo de 9 meses, entre mayo y enero, el cultivo no recibió riego y creció en las condiciones de precipitación de la zona; (2) H2, el cultivo se desarrolló en las condi-

ciones hídricas del ambiente y recibió riego complementario; y 3) H3, el cultivo recibió riego complementario desde el cuarto hasta el noveno mes. La cosecha se realizó en una sola época al finalizar enero.

Cuadro 1. Agua total (lluvia más riego, mm) durante el desarrollo del cultivo de yuca en las condiciones hídricas evaluadas.

Período de Desarrollo	Tratamientos		
	H1	H2	H3
Desde siembra hasta el tercer mes del cultivo.	253	502	253
Desde el cuarto hasta el noveno mes del cultivo.	588	745	745
Total	841	1247	998

Las tomas de datos sobre las variables: peso de raíces, contenido de materia seca, contenido de almidón en campo y altura de la planta fueron realizadas nueve meses después de la siembra, al finalizar el ciclo del cultivo. Los métodos y procedimientos utilizados para los análisis físicos, químicos y mineralógicos de suelos fueron los propuestos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2006); para la humedad gravimétrica a capacidad de campo (CC) y déficit de humedad (DH) se utilizó la metodología de Silva (2002), en campo y en laboratorio se utilizó el método de olla a presión a través de tres puntos de tensión del agua en el suelo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características físicas y químicas del suelo hasta 25 cm de profundidad en el sitio experimental.

Parámetros	Valor
Químicas	
pH (1:1)	7.5
M.O. (%)	4.68
Textura	Ar.L.
Relación Ca/Mg	2.12
P (ppm)	14.52
K (meq/ 100 g)	0.21
C.I.C. (meq/ 100 g)	23.4
Físicas	
Da (g/cm ³)	1.24
CC (%)	31.6
DH (%)	20.3
Humedad a 0.05 atm. (%)	40.2
Humedad a 0.33 atm. (%)	36.5
Humedad a 15 atm. (%)	16.7

Para el cálculo de la lámina de agua aplicada se utilizó la ecuación siguiente (Ortiz 2000):

$$LR = [(CC - DH) \times Da] \times Pf$$

donde, *LR* es la lámina de riego (mm), *CC* es la humedad gravimétrica (%) a capacidad de campo, *DH* es el déficit de humedad o humedad abatida (%), *Da* es la densidad aparente del suelo (g/cm³), y *Pf* es la profundidad efectiva del sistema radicular (m) y es la zona donde se localiza el 80 a 90% de las raíces absorbentes de la planta.

Para controlar la aplicación de agua en las parcelas, el sistema de riego utilizado fue por aspersión sectorizado. La humedad en el suelo se determinó con tensiómetros en campo con referencia Irrometer- modelo SR #224. Cada ocho días se aplicó una lámina promedio de 22 mm con una duración promedio de 63 min por riego, teniendo en cuenta el uso consuntivo del cultivo de yuca en sus diferentes etapas fenológicas (Allen *et al.*, 2006).

Para la medición de la humedad y el contenido de materia seca de la raíz se empleó la metodología Icontec 2002; en primer caso se usó una balanza medidora de humedad Precisa XM 60 y una estufa Precision Scientific Thelco 130D. Para la determinación del contenido de almidón en las raíces se aplicó la técnica de Mestres *et al.* (1993), basada en la dispersión del almidón en medio acuoso, seguido de una hidrólisis enzimática parcial para obtener dextrinas con una enzima α -amilasa termoestable, completando la hidrólisis con una amiloglucosidasa obteniendo

glucosa como producto final, la cual se cuantificó mediante el método DNS (Miller, 1959) para azúcares reductores.

El diseño estadístico consistió en parcelas subdivididas en bloques con tres repeticiones, donde los tratamientos de riego se dispusieron en las parcelas principales y los cultivares en las subparcelas. El área de cada unidad experimental fue de 30 m² con una densidad de siembra equivalente a 10,000 plantas/ha distanciadas 1m entre hileras y entre plantas, considerando el riego como fuente de variación. El análisis estadístico de datos se realizó con el software SAS[®] versión 9.1. de uso libre. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 5%.

Resultados y discusión

Durante el desarrollo del experimento se registraron las láminas de agua disponibles para el cultivo. Las parcelas en el tratamiento H2 recibieron la aplicación de riegos suplementarios entre mayo y julio, por lo que superaron a las otras dos en aproximadamente 249 mm; a partir de agosto y hasta enero, etapa crítica en demanda de agua del cultivo, las parcelas con riego (H2 y H3) recibieron 175 mm más de agua que las no irrigadas (H1). Esto se reflejó en la producción de yuca, siendo 56% (11 t/ha) y 43% (8 t/ha) mayor en los tratamientos H2 y H3, respectivamente, en comparación con el tratamiento H1 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos hídricos en el rendimiento, porcentaje de materia seca y contenido de almidón y altura de plantas de las raíces de yuca.

Tratamiento hídrico	Rendimiento (t/ha)	Materia seca (%)	Almidón en campo		Altura de plantas (cm)
			(%)	(t/ha)	
H1	19.2 c*	39.72 a	24.93 b	4.80 c	227 c
H2	30.0 a	34.57 b	27.45 a	8.23 a	249 a
H3	27.4 b	35.30 b	26.95 a	7.38 b	245 b

*Promedios con letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.01$) según la prueba de Tukey. H1 = en seco desde la siembra hasta la cosecha (9 meses) con una precipitación de 841 mm. H2 = riego complementario desde la siembra hasta la cosecha y una precipitación de 1247 mm. H3 = riego a partir del cuarto mes y una precipitación de 998 mm.

En todos los tratamientos se obtuvieron rendimientos mayores a los registrados para el cultivo de yuca en la región Caribe colombiana, el cual se estima en 10.5 t/ha (Aguilera, 2012). Caraballo y Velázquez (2000) en Venezuela obtuvieron un incremento del 60% con la aplicación de riego para los cultivares 104-64, Venezuela-7 y 107-35; Mogaji *et al.* (2011) hallaron igualmente aumento en la producción de yuca desde 8.45 t/ha (en seco) hasta 21.87 t/ha con aplicación de riego complementario durante todo el ciclo de cultivo del híbrido TMS 30572.

Las relaciones entre condición hídrica vs. rendimiento, materia seca, contenido de almidón en campo y altura de plantas al momento de la cosecha presentaron diferencias significativas ($P < 0.01$), lo cual indica que la oferta hídrica tiene alta influencia en la producción de los cultivares evaluados (Cuadro 3). En el Cuadro se observa que las

producciones de materia seca y almidón en campo fueron similares en los tratamientos H2 y H3, pero más altos que en el tratamiento H1. Con la aplicación de riego suplementario la producción de almidón fue 71.4% más alta ($P < 0.05$) en los tratamientos con riego que en los no regados; por el contrario, para los porcentajes de almidón entre los tratamientos con riego no se observaron diferencias. Se debe señalar que ambos tratamientos de riego fueron coincidentes desde el cuarto mes hasta la cosecha, época en la cual ocurre la fase de tuberización, engrosamiento y acumulación de almidón en las raíces de yuca. Cabe también resaltar que desde la fase de tuberización las raíces comienzan a acumular almidón (productos de la fotosíntesis), pero es en la fase de acumulación donde se desarrolla este potencial (Cadauid, 2008).

En relación con el desempeño de los cultivares, el CM 3306-4 presentó mayor rendi-

miento y altura de planta en comparación con el cultivar MCOL 2215 ($P < 0.05$), no obstante los contenidos de almidón en campo fueron similares (Cuadro 4). Este último produjo 2.63% más materia seca que el primero ($P <$

0.05); como se sabe este contenido depende de factores como la variedad, la edad del cultivo al momento de la cosecha, el suelo, las condiciones climáticas y la sanidad de la planta (Cock, 1989).

Cuadro 4. Rendimiento, contenido de materia seca y de almidón en campo de dos cultivares de yuca evaluados en diferentes condiciones hídricas.

Variedad	Rendimiento (t/ha)	Materia seca (%)	Almidón		Altura (cm)
			(%)	(t/ha)	
CM 3306-4	26.4 a*	35.21 b	26.64 a	7.09 a	249 a
MCOL 2215	24.6 b	37.84 a	26.24 a	6.51 b	232 b

*Promedios con letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.01$) según la prueba de Tukey.

La condición hídrica y la aplicación de riego favorecieron la mayor altura de planta. Caraballo y Velázquez (2000) obtuvieron resultados similares a los del presente estudio; Araújo *et al.* (2013) encontraron un incremento lineal positivo de la altura de plantas de yuca cuando aumentaron la disponibilidad de agua en el suelo. Sin aplicación de riego las plantas alcanzaron 227 cm de altura, siendo 9.7% más altas en el tratamiento H2 (con riego) que en el tratamiento H1 (sin riego).

Conclusiones

- El mayor rendimiento de raíces en campo (30 t/ha) se obtuvo cuando las plantas de yuca recibieron 502 mm de agua durante los primeros cuatro meses de cultivo y 745 mm de agua desde el cuarto hasta el noveno mes. Con estos tratamientos, el rendimiento del cultivo de yuca aumentó 56% en comparación con el tratamiento sin aplicación de riego suplementario.
- La variedad CM 33064 presentó mayores incrementos en rendimiento, altura y contenido de almidón que la variedad MCOL 2215 en los diferentes tratamientos evaluados.
- La disponibilidad de agua durante el cultivo afecta positivamente el rendimiento, el contenido de almidón y la altura de la planta en las variedades de yuca evaluadas.

Agradecimiento

Al Programa Jóvenes Investigadores e Innovadores de Colciencias y a la Universidad de Sucre, por su colaboración para el

desarrollo de las actividades en la presente investigación.

Referencias

- Aguilera, M. 2012. Área sembrada, producción, rendimiento y consumo. La yuca en el Caribe colombiano: de cultivo ancestral a agroindustrial. Documentos de trabajo sobre economía regional. Banco de la República. No. 158. p. 2 - 4.
- Allen, R.; Pereira, S.; Raes, D.; y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Riego y Drenaje. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Roma. Publicación no. 56. p. 110.
- Araújo, J.; Paez, R.; Amorim, P.; Comassetto, F.; y Silva, S. 2013. Características morfológicas e productivas da maniçoba cultivada sob lâminas hídricas e doses de nitrogênio. Ver. Brasil. Saúde e Prod. Na. 14(4):609 - 623.
- Cadavid, F. 2008. Fertilización del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz [en línea]. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca (CLAYUCA) Cali, Colombia. p. 10. Disponible en: <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/59468/59468.pdf>
- Caraballo, L. y Velasquez, E. 2000. Respuesta de tres cultivares de yuca a diferentes condiciones hídricas y fechas de cosecha. Agronomía Tropical 50(2):267 - 284.
- Caraballo, L.; Velasquez, E. y Torres, D. 1997. El cultivo de yuca bajo riego. Fondo de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela (FONAIAP). Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Anzoátegui. Publ. no. 56. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd56/yuca.htm

- Ceballos, H. y Cruz, G. 2002. Taxonomía y morfología de la yuca. En. Ospina, B. y Ceballos, H. (comp.). La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, Centro de Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. p. 17 - 29.
- Cock, J. 1989. La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p 42.
- El-Sharkawy, M. A. y Cadavid, L. 2000. Genetic variation within cassava germplasm in response to potassium. *Exper. Agric.* 36(3):323 - 334.
- Finagro (Fondo Nacional de Financiamiento Agrario). 2012. La yuca. Sistema de información sectorial. Disponible en: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/info_sect/image/yuca_0.docx
- Giraldo, A. 2006. Estudio de la obtención de harinas de hojas de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para consumo humano. Tesis de pregrado. Universidad del Cauca. p. 5 - 6.
- Icontec (Instituto Colombiano de Normas Técnicas). 2002. Alimentos para animales. Yuca integral seca para consumo animal. NTC 3528. (Icontec). Bogotá.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 2006. Métodos analíticos del Laboratorio de Suelos. Sexta edición, Bogotá, IGAC. Colombia. p. 648.
- López, J. 2002. Semilla vegetativa de yuca. En: Ospina, B. y Ceballos, H. (comp.). La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización, compilado, Cali, Centro de Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. p. 58.
- Mayobre, F.; San Jose, J. J.; Orihuela, B. E.; y Acosta, J. 1982. Influencia del nivel de fertilización y riego sobre el crecimiento de *Manihot esculenta* Crantz var. Cubana. *Rev. Alcance* 31:171 - 196.
- Mestres, C.; Colonna, P.; Alexandre, Mc.; y Matencio, F. 1993. Comparison of various processes for making maize pasta. *J. Cereal Sci.* 17(3):277 - 290.
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31(3):426 - 428.
- Mogaji, O., Olotu, Y., Oloruntade, A. J.; y Afuye, G. 2011. Effect of supplemental irrigation on growth, development and yield of cassava under drip irrigation system in Akure, Ondo state Nigeria. *J. Sci. Multidiscip. Res.* 3:62 - 63.
- Ortiz, P. 2000. Programación práctica del riego. Campo experimental Sierra de Chihuahua, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Inifap-Sagarpa. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.
- Silva, L. R. 2002. Manual de prácticas laboratorio de suelos. Corporación de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá. 60 p.