

# EVALUACIÓN FISIOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE CLONES PROMISORIOS DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) SOMETIDOS A CONDICIONES DE ESTRÉS POR SEQUÍA\*

## Physiological and agronomic evaluation of promising cassava (*Manihot esculenta* Crantz) clones under drought stress conditions

Rommel León<sup>1</sup>, Mercedes Pérez<sup>1</sup>, Francia Fuenmayor<sup>1</sup>, María Gutiérrez<sup>1</sup>, Adrián Rodríguez<sup>1</sup>, Gustavo Rodríguez<sup>2</sup> y Carlos Marín<sup>1</sup>

### RESUMEN

En Latinoamérica, el 45% del área total de cultivo de yuca proviene de zonas con estrés hídrico o con lluvias esporádicas. Adicionalmente, el potencial de expansión futuro del cultivo está ubicado en zonas marginales. Sin embargo, después de 45 días de estrés por déficit de agua el cultivo disminuye el crecimiento del tallo, incrementa la caída de las hojas, disminuye la conductancia estomática y el rendimiento. Esta investigación se planteó con el objetivo de evaluar el comportamiento fisiológico y agronómico en clones de yuca bajo condiciones de sequía. Para ello se realizó un diseño en franja, se evaluaron cuatro clones de yuca y cuatro tratamientos de riego (25; 50; 75 y 100% de la evapotranspiración del cultivo (Etc)). Los resultados más relevantes fueron: 1) Las plantas de yuca disminuyeron la conductancia estomática, y por ende la pérdida de agua por transpiración y permitieron el intercambio de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis bajo condiciones de déficit de agua; los clones 'Guajira 3' y 'Bolívar 32' sobresalieron fisiológicamente; de igual manera los riegos 50 y 100% Etc promovieron buen desempeño fisiológico en las plantas de yuca; 2) los clones 'Guajira 3' y 'Bolívar 32' y los riegos 50 y 100% Etc provocaron el mejor desempeño en la altura de la planta y 3) en función del rendimiento, se podría recomendar cualquiera de los clones evaluados y el riego 25% Etc.

**Palabras clave:** *Manihot esculenta*, intercambio gaseoso, estrés hídrico, riego.

### ABSTRACT

In Latin America, 45% of the total area of cassava comes from areas with water stress or sporadic rainfall. In addition, the potential for future expansion of the crop is located in marginal areas. However, after 45 days of stress due to water deficit the crop decreases stem growth, increases leaf fall, decreases stomatal conductance and yield. This research was carried out with the objective of evaluating the physiological and agronomic behavior in cassava clones under drought conditions. The statistical design was on strip, to evaluate four clones and four irrigation treatments (25; 50; 75 and 100% of the evapotranspiration of cultivate (Etc)). The most relevant results were: 1) Cassava plants decreased stomatal conductance, and therefore water loss by transpiration and allowed the exchange of CO<sub>2</sub> for photosynthesis under water deficit conditions; the 'Guajira 3' and 'Bolívar 32' clones protruded physiologically; likewise irrigations 50 and 100% Etc caused a good physiological performance in cassava plants; 2) clones 'Guajira 3' and 'Bolívar 32' and irrigation 50 and 100% Etc caused the best performance in plant height and 3) depending on the performance, any of the evaluated clones could be recommended and irrigation 25% Etc.

**Key words:** *Manihot esculenta*, exchange gas, water stress, irrigation.

(\*) Recibido: 05-07-2016

Aceptado: 09-11-2016

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay, estado Aragua. Venezuela. leonr745@hotmail.com; rleon@inia.gob.ve.

<sup>2</sup> Universidad Central de Venezuela, UCV, Facultad de Agronomía, Maracay Apdo. 4653.

## INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es cultivada por pequeños agricultores en más de 100 países tropicales y subtropicales. Debido a uso eficiente del agua, nutrientes del suelo, tolerancia a sequía y plagas esporádicas, la yuca puede producir rendimientos aceptables, con pocos o ningún insumo, en áreas con suelos pobres y lluvias erráticas (FAO 2013). En Venezuela, la yuca dentro del renglón de las raíces y tubérculos es el cultivo con la mayor superficie cosechada y consumo *percapita*, alrededor de 57 mil hectáreas y 13,6 kg. persona<sup>-1</sup>. año<sup>-1</sup> (FEDEAGRO 2012).

A pesar de ello, los agricultores siembran la yuca normalmente a entrada de lluvias, por lo que la segunda mitad del ciclo fenológico queda con deficiencia hídrica al comenzar la época seca, por lo que disminuye la productividad; la primera fase fenológica es sensible a la sequía y provoca el cierre parcial de las estomas en detrimento de la fotosíntesis y el crecimiento vegetativo (Caraballo y Velásquez 1997; El Sharkawy 2003).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento fisiológico y agronómico en cuatro clones de yuca ('Guajira 3', 'Mven 77-3', 'Concha Rosada' y 'Bolívar 32') y cuatro volúmenes de riego (25; 50; 75 y 100% ETc).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características generales del área de estudio

El estudio se realizó en el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP), Maracay, estado Aragua; ubicado en zona de Bosque Seco Tropical Premontano, 10°17'14" N y 67°36'02" O, altura 480 msnm.

La fecha de siembra fue enero de 2014 y la precipitación durante todo el ciclo del cultivo fue 509,5 mm; el 62,17 % ocurrió en los últimos tres meses (Junio-Agosto). La evapotranspiración potencial (ET<sub>p</sub>) promedio anual, calculada por el método de Penman-Monteith fue 1556,8 mm.

El clima de la zona está clasificado como Bosque Seco Tropical (Ewel *et al.* 1976), con un promedio anual de radiación global de 18,5 Mjm<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup> con valores máximos de 20,7 Mjm<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup> en marzo y mínimo de 17,2 Mjm<sup>2</sup>.d<sup>-1</sup> en noviembre.

El cultivo se sembró en un lote con suelo de textura franco-limoso; el análisis químico del lote para fósforo fue 57 mg.kg<sup>-1</sup>; potasio 111 mg.kg<sup>-1</sup>; calcio 600 mg.kg<sup>-1</sup>; magnesio 21 mg.kg<sup>-1</sup>; materia orgánica 2,76 %; pH 6,1 y conductividad hidráulica de 0,13 dS.m<sup>-1</sup> (Unidad de servicio de análisis de suelo-agua-planta del CENIAP).

### Material vegetal

Se estudiaron cuatro clones de yuca: 'Guajira 3', 'Mven 77-3', 'Concha Rosada' y 'Bolívar 32', previamente seleccionados en función de su comportamiento potencial favorable frente a la sequía.

### Descripción del Experimento

Se sembró a un metro entre plantas y entre hileras, se obtuvo un área total de ensayo de 540 m<sup>2</sup>. El riego utilizado fue por goteo, con un tanque de 2000 L de capacidad y bomba de 1 hp, usando cintas de goteo con descarga de 0,7 L.h<sup>-1</sup> y frecuencias de riego de dos veces por semana. Para los cálculos de las necesidades hídricas se utilizó el programa Riego a la Carta desarrollado por el Profesor Roberto Villafañe de la cátedra de Riego y Drenaje de La Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Para ello, se llevó un registro de la Eto y precipitación con el apoyo de la estación climatológica ubicada en el campo experimental.

Durante el establecimiento y desarrollo inicial del cultivo se garantizó 100% del requerimiento hídrico, lo cual duró dos meses; del tercer al octavo mes de establecido el cultivo se aplicó restricción hídrica (25; 50; 75 y 100% ETc).

Los coeficientes de cultivo (kc) se aplicaron en cada fase fenológica de acuerdo con lo propuesto por Allen *et al.* (2006). El experimento duró ocho meses y las mediciones se realizaron al cuarto, sexto y octavo mes.

## Diseño del experimento

Se aplicó un diseño en franjas, con tres repeticiones, la franja principal estuvo conformada por manejo del riego y la franja secundaria por clones.

Los factores clones ('Guajira 3', 'Mven 77-3', 'Concha Rosada' y 'Bolívar 32') y riegos (100; 75; 50 y 25% Etc) se aleatorizaron en tres repeticiones. Cada unidad experimental representó un área total de 15 m<sup>2</sup> con 15 plantas.

## Variables fisiológicas estudiadas

**Grado de verdor (unidades spad):** se evaluó con el medidor de clorofila Spad 502 Konica Minolta. El grado de verdor (spad) está asociado con el contenido de clorofila en la hoja. Se tomaron dos plantas y dos hojas/planta de la quinta hoja totalmente expandida en sentido ápice base, por cada unidad experimental al cuarto, sexto y octavo mes de medición.

**Fotosíntesis ( $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), conductancia estomática ( $\text{mmol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) y transpiración ( $\text{mmol H}_2\text{O}\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ):** estas variables fueron medidas en las horas comprendidas desde las 10:00 hasta las 13:00 (De Tafur 2002), utilizando un Analizador Infrarrojo de Gases CI-340 Photosynthesis Systems, en dos hojas/planta, de la quinta hoja totalmente expandida en sentido ápice base para cada unidad experimental.

**Potencial hídrico xilemático (MPa):** se midió en las horas comprendidas entre las 11:00 y 13:00; se tomaron cuatro hojas de la última totalmente expandida en el sentido de la parte basal de la planta hasta la parte apical del tallo en cada unidad experimental, previamente tapada con papel de aluminio por 30 minutos (Celedón et al. 2012), para luego ser llevada al equipo (Bomba de Scholander o cámara de presión) (Scholander et al. 1965).

## Variables agronómicas evaluadas

**Área Foliar (cm<sup>2</sup>):** se cortaron dos hojas por planta en cada unidad experimental, a los cuatro, seis y ocho meses de edad del cultivo y fueron llevadas al laboratorio, donde luego se escanearon

y procesaron con el programa Image J (Rincón et al. 2012).

**Número de hojas:** se contó el número de hojas de cuatro plantas del hilo central por unidad experimental, desde la parte basal de la planta hasta la apical del tallo al cuarto, sexto y octavo mes de medición.

**Altura de planta (cm):** se midió la altura de cuatro plantas del hilo central por unidad experimental desde la parte basal de la planta hasta la parte apical del tallo central. Las cuatro plantas se utilizaron en todo el experimento.

**Altura de primera ramificación (cm):** se midió la altura de cuatro plantas del hilo central por unidad experimental desde la parte basal de la planta hasta la primera ramificación del tallo.

**Rendimiento (g):** en cada unidad experimental se cosecharon cuatro plantas del hilo central al octavo mes, se determinó el número y peso de raíces frescas totales y comerciales (raíces mayores a 20 cm de largo y mayores a 4 cm de diámetro) (Montaldo 1996).

**Análisis de datos:** Previa comprobación exigidos por el análisis de la varianza, se empleó el modelo lineal aditivo de un diseño en franja y cuando hubo diferencias entre promedios se aplicó comparación prueba de medias de Tukey, con un nivel de significancia de 5 %. Los datos a las variables sobre rendimiento no siguieron distribución normal, por ello, se procedió a transformarlos a escala y se analizaron por la vía no paramétrica. Se utilizó el programa Infostat, versión estudiantil (Di Rienzo et al. 1998).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Efecto del déficit por sequía en las variables fisiológicas.

#### Grado de verdor (spad)

Esta variable es de suma importancia, ya que el fundamento del método se basa en las estrechas relaciones que existen entre las lecturas del medidor spad y el contenido de clorofila y esta

última a su vez está asociada a la fotosíntesis y a los componentes de rendimiento (Gandrup *et al.* 2004).

No hubo interacción riego x clon, tampoco hubo diferencias ( $P>0,05$ ) entre restricciones hídricas, con valores promedios al cuarto, sexto y octavo mes de 47,6; 50,4 y 41,7, respectivamente. Por lo que se puede interpretar, que las plantas de yuca se adaptaron a las distintas restricciones hídricas y mantuvieron contenido de clorofila similar en las hojas, lo cual es característico de la especie.

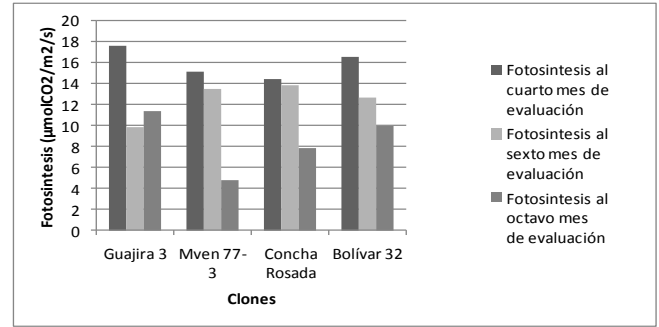
Sin embargo, al cuarto mes hubo diferencias significativas entre los clones, se destacaron los genotipos ‘Guajira-3’, ‘Mven 77-3’ y ‘Concha Rosada’, con valores que oscilaron entre 49,37 y 49,44 spad.

Barbosa (2013) reportó menores valores de spad para la estación seca en comparación con la temporada de lluvias en clones de yuca; con valores que oscilaron entre 32,10 y 56,48 spad.

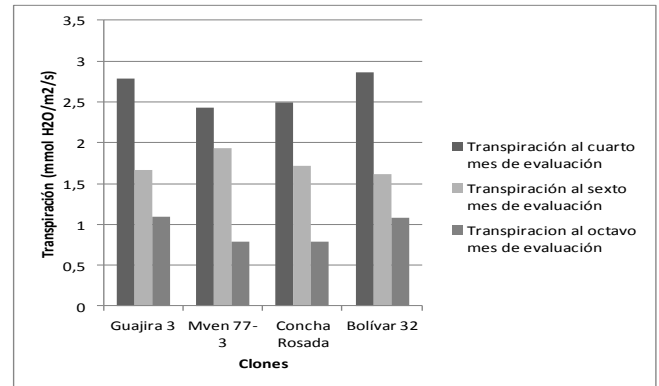
Los diferentes resultados que se observan en la medición de esta variable se deben a que es afectada por numerosos factores como: genotipo, estado de crecimiento, estado nutricional de la planta, enfermedades o ataques de insectos y condiciones ambientales como humedad y temperatura (Schepers *et al.* 1992).

**Intercambio Gaseoso. Fotosíntesis ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), conductancia estomática ( $\text{mmol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) y transpiración ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )**

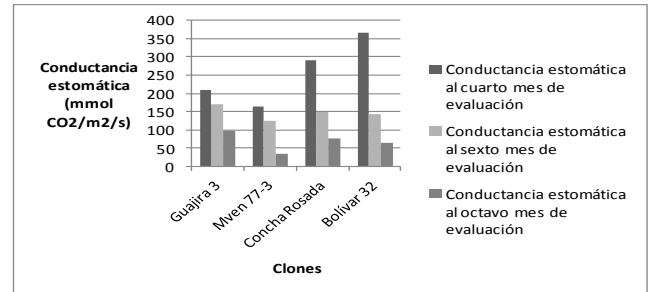
Los clones no mostraron diferencias significativas para estas variables, con valores que no superaron  $18 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  para la tasa de fotosíntesis. Sin embargo, hubo tendencia a disminuir en la medida que transcurría el ciclo fenológico del cultivo y el más sensible fue el clon ‘Mven 77-3’, ya que en toda la fenología alcanzó disminución más importante para la variable conductancia estomática y por ende provocó disminución en la transpiración e intercambio gaseoso de  $\text{CO}_2$  (Figura 1).



(A)



(B)



(C)

**Figura 1.** Tasa de fotosíntesis (A), transpiración (B) y conductancia estomática (C) en tres etapas del cultivo en cuatro clones de yuca.

No hubo efectos significativos ( $P>0,05$ ) de riegos sobre la tasa de fotosíntesis al cuarto, sexto y octavo mes de medición. Sin embargo, cuando se aplicó el riego 25% Etc se observaron valores más bajos para el cuarto y sexto mes de evaluación, con valores que oscilaron entre 8 y  $13 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ; mientras que al octavo mes en todos los tratamientos ocurrió disminución en la tasa de fotosíntesis, producto del cierre de los estomas provocados por el exceso de humedad causado por la alta precipitación ocurrida ese mes, con valores por debajo de  $8 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . A pesar de ello, hay que destacar que la tasa de fotosíntesis más altas las tuvieron las plantas cuyo riego fue 100 y

50% Etc, con valores entre 14,17 y 20,1  $\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , este último riego (50 % Etc) provocó valores similares para conductancia estomática y la transpiración al cuarto y sexto mes de medición, lo que indica que regar con el 50% del Etc del cultivo es suficiente para mantener el equilibrio fisiológico en las plantas.

El-Sharkawy (2012) y León *et al.* (2014) indicaron en ambientes con períodos de precipitación estacional y con valores mayores a 900 mm/año, tasa de fotosíntesis entre 25 y 31  $\text{CO}_2\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  en cultivares de yuca; mientras que en ambiente semiárido y con lluvias menores a 600  $\text{mm}\cdot\text{año}^{-1}$ , las tasas de fotosíntesis variaron desde 7 hasta 20  $\text{CO}_2\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  entre los clones evaluados. Estos autores afirman que la capacidad fotosintética de la yuca puede estar relacionada con hábitat de origen de los cultivares y con el cierre parcial de los estomas.

### Potencial hídrico xilemático

No hubo efecto significativo ( $P>0,05$ ) para la interacción riego x clon y tampoco para los factores riego y clon; excepto, al octavo mes de medición en el que hubo diferencias significativas entre clones, los genotipos ‘Guajira 3’ y ‘Mven 77-3’ tuvieron los menores valores con -1,19 y -0,96 Mpa, respectivamente.

Hay que destacar, los valores promedios  $\pm$  desviación estándar en esta variable en todas las plantas de yuca evaluadas al cuarto, sexto y octavo mes de evaluación fueron  $-1,10 \pm 0,06$ ;  $-1,32 \pm 0,05$  y  $-1,25 \pm 0,01$ , respectivamente. En este sentido, Taiz y Zeiger (2006) señalan que las plantas cuando están bien regadas expresan potenciales hídricos de 0 a -1; cuando tienen estrés suave los valores varían entre -1 y -2 en las plantas adaptadas a clima desértico el potencial hídrico se encuentra por encima de -2 Mpa. Es por ello, que mostraron un comportamiento de estrés hídrico suave. El-Sharkawy (1993; 2007) explica que el potencial hídrico de las hojas en la yuca sufre poca variación con el estrés hídrico, debido al cierre de los estomas y por ende, a una considerable reducción de la conductancia

estomática, lo cual impide la pérdida de agua en las hojas.

### Efecto del déficit por sequía en las variables agronómicas

#### Número de hojas

Para el número de hojas al octavo mes, los clones ‘Mven 77-3’, ‘Bolívar 32’ presentaron 238 y 207 hojas, respectivamente; y el peor comportamiento en esta última medición la presentó el clon ‘Concha Rosada’, con 94 hojas; lo que pareciera indicar que para esta fecha este genotipo fue el más sensible, pero al exceso de humedad, producto de la precipitación que hubo para la época.

Para esta variable, no se observaron efectos debido a riego ni a interacciones. A pesar de ello, se puede resaltar que cuando se aplicó 100% Etc hubo tendencia a aumentar el número de hojas.

Asimismo, hay que denotar que la tendencia hasta el sexto mes fue producir más hojas, aunque de menor tamaño, según Montaldo (1996), se debe a comportamiento propio de esta especie.

#### Área foliar

No hubo interacción riego x clon, tampoco hubo diferencias ( $P>0,05$ ) entre restricciones hídricas. Sin embargo, se observaron diferencias significativas entre clones al cuarto, sexto y octavo mes de evaluación, ‘Mven 77-3’ presentó menor valor al sexto y octavo mes de medición y el clon ‘Bolívar 32’ los mayores (Tabla 1).

Esta variable disminuyó para todas las plantas en el transcurso de la fenología del cultivo, característico de la especie, ya que a partir del sexto mes, los fotoasimilados los usará para la producción de raíces y en menor grado para el crecimiento vegetativo (Montaldo 1996). Esta disminución fue mayor al octavo mes, aunque en este caso pareciera que se debió más

**Tabla 1.** Altura de planta, de primera ramificación y área foliar en cuatro clones de yuca.

Clones	AP1	AP2	APR1	APR2	AF1	AF2	AF3
	DMS= 21,2355	DMS= 30,6934	DMS= 39,2145	DMS= 39,2145	DMS= 33,1670	DMS= 64,1180	DMS= 61,5311
		-cm-				-cm <sup>2</sup> -	
Guajira 3	249,02c	286,25c	132,08b	132,08b	199,38a	174,31ab	166,82b
Mven 77-3	173,05a	204,44a	131,94b	131,94b	213,19 <sup>a</sup>	143,51a	100,86a
Concha							
Rosada	200,83b	242,83b	52,78 <sup>a</sup>	52,78a	223,59ab	172,87ab	162,02ab
Bolívar 32	236,94c	289,16c	183,03c	183,03c	247,70b	205,42b	172,38b

AP1, AP2 = Altura de planta al sexto y octavo mes de evaluación.

APR1, APR2 = Altura de primera ramificación al sexto y octavo mes de evaluación.

AF1, AF2 y AF3 = Área foliar al cuarto, sexto y octavo mes de evaluación.

DMS = Mínima diferencia significativa

Letras distintas en columnas indican diferencias (Tukey, P = 0,05).

al exceso de humedad en el suelo, debido a la precipitación ocurrida para la época. Nesreen *et al.* (2013) y León *et al.* (2013; 2014) señalan una disminución de 200 hasta 80 cm<sup>2</sup> en área foliar en el menor suministro hídrico para el cultivo de yuca, lo que indica que esta variable es afectada por el ambiente.

### Altura de planta y de primera ramificación

No hubo efecto (P>0,05) de la interacción riego x clon y tampoco de riego. Sin embargo, en la Tabla 1 se observan portes más altos en las plantas a las que se aplicó 100% Etc para cuarto y sexto mes, con valores que oscilaron entre 150 y 250 cm. No obstante, al octavo mes de evaluación, el exceso de humedad pudo haber afectado la condición diferencial del riego y por consiguiente la expresión de algunas variables agronómicas.

La altura de planta mostró diferencias significativas entre clones durante las tres fechas de evaluación, destacaron ‘Guajira 3’ y ‘Bolívar 32’ y la menor altura correspondió a Mven 77-3’ (Tabla 1).

La altura de la primera ramificación no se había expresado al cuarto mes de medición. Se observaron diferencias significativas entre clones al sexto y octavo mes de evaluación, el clon ‘Bolívar 32’ presentó valores más altos con 183,03 cm (Tabla 1).

Caraballo y Velásquez (1997) reportaron altura de planta de yuca de 165 cm, cuando se

aplicó 600 mm de agua y disminuyó el valor en esta variable en un 35% cuando la lámina de agua fue 154 mm; lo que indica que esta variable se afecta por la sequía. Estos caracteres son de importancia para el manejo agronómico, se prefieren plantas con portes intermedios a altos, con valores para la altura de planta y de primera ramificación por encima de 150 y 100 cm, respectivamente (Montaldo 1996).

Los clones utilizados en esta investigación son de porte intermedio hasta alto para la altura de planta y de primera ramificación.

Estos resultados generan perspectivas promisorias en la producción de semilla de yuca de alta calidad en futuros programas de certificación, ya que se observó que la tendencia en el tiempo, fue que al aplicar la mayor dotación hídrica se alcanzaron los portes más altos y por ende mayor cantidad de semilla (Tabla 1).

### Rendimiento

El rendimiento (número de raíces totales, número de raíces comerciales, peso de raíces totales y peso de raíces comerciales) no fue afectado por clones, riego y la interacción con el riego por clones. La cosecha se realizó al octavo mes, motivado a la precipitación elevada para la época, lo que provocó que la evaluación se hiciera de manera temprana, antes que la planta alcanzara su máximo potencial de rendimiento.

El número de raíces totales fue inferior a seis y con un peso promedio que osciló entre 921

y 1385 g. Por su parte, el número de raíces comerciales estuvo entre 0 y 2 raíces comerciales, con un peso entre 435 y 794 g. A pesar de ello, el rendimiento estuvo dentro del promedio nacional 12,612 t.ha<sup>-1</sup> (FEDEAGRO 2012), lo que indica que en una densidad de siembra de 10.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, esta se encuentran alrededor de 1260 g.planta<sup>-1</sup>, similar al de esta investigación que estuvo entre 9,21 y 13,85t.ha<sup>-1</sup>.

Olansanmi (2010) estudió el llenado temprano de raíces en las Sabanas de Guinea, el rendimiento a los siete meses después de la siembra estuvo entre 10 y 21,2 t.ha<sup>-1</sup> en las localidades donde hubo mayor escasez de agua. Este autor encontró que los materiales con mejor rendimiento a los siete meses alcanzaron buen rendimiento a los 12 meses; lo que indica que la evaluación temprana es un buen criterio de selección en condiciones de sequía.

Albuquerque *et al.* (2009) y Rós *et al.* (2011) reportaron diferencias importantes entre clones para número y peso total de raíces, con valores de 6 a 9 raíces.planta<sup>-1</sup> y 3600 a 4100 g.planta<sup>-1</sup>. Barbosa (2013) informó rendimiento de raíces de yuca similar con valores entre 532 y 756 g.planta<sup>-1</sup>.

Para estas condiciones experimentales, se podría recomendar cualquiera de los clones evaluados y al mismo tiempo, se podría utilizar el riego 25% Etc, ya que la variable rendimiento fue similar para todas las restricciones hídricas, al octavo mes de evaluación.

## CONCLUSIONES

Las plantas de yuca disminuyeron la conductancia estomática, y por ende la pérdida de agua por transpiración y permitieron el intercambio de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis en todas las condiciones de riego; así mismo, los clones 'Guajira 3' y 'Bolívar 32' sobresalieron fisiológicamente.

El comportamiento sobresaliente en las variables de intercambio gaseoso provocó que los clones de yuca 'Guajira 3' y 'Bolívar 32' y las plantas sometidas a los riegos 50 y 100% Etc,

tuvieran el mejor desempeño para las variables altura de planta, lo que genera perspectivas promisorias en la producción de semilla de yuca de alta calidad en futuros programas de certificación.

En función del rendimiento, se podría recomendar cualquiera de los clones evaluados y el riego 25% Etc.

## REFERENCIAS

- Albuquerque, J., Sedyama, A., Silva, A., Sedyama, C., Alves, J. e Neto, F. 2009. Caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. Revista Brasileira de Ciências Agrárias 4 (4): 388-394.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO. Roma, Italia. P 110-113.
- Barbosa, M. 2013, Caracterização morfofisiologica de clones de mandioca em cândido sales-ba. Tesis Magister Scientarum en agronomía en la Universidad Estadual do Sudoeste da Bahia . Brasil. 114 p.
- Caraballo, L. y Velásquez, E. 1997. Respuesta de tres cultivares de yuca a diferentes condiciones hídricas y fechas de cosecha. Agronomía Tropical 56 (2): 267-284.
- Celedón J., Gil, P., Ferrereyra, R., Maldonado, P. and Barreras, C. 2012. Sensitivity and variability of two plant water stress indicators: exploring criteria for choosing a plant monitoring method for avocado irrigation management. Chilean Journal of Agricultural Research 72 (3): 379-387.
- De Tafur, M. 2002. Fisiología de la yuca. La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Ceballos H, Ospina B (ed). Valle del cauca, Colombia. Pp:34-45.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M. y Robledo, C. 1998. InfoStat versión estudiantil. Grupo

- InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- El-Sharkawy, M. 1993. Drought-tolerant cassava for África, Asia and Latin America. *Bio Science* 43: 441-451.
- EL-Sharkawy, M. 2003. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology* 53: 621-641.
- El-Sharkawy, M. 2007. Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. *Plant Physiology* 19 (4): 257-286.
- El-Sharkawy, M. 2012. Stress-Tolerant Cassava: The Role of Integrative Ecophysiology-Breeding Research in Crop Improvement. *Open Journal of Soil science* 2 (2): 162-186.
- Ewel, J., Madriz, A. y Tosi, J.A. 1976. Zonas de vida de Venezuela. MAC-FONAIAP, Caracas.
- FAO. 2013. Save and Grow: Cassava. [En línea]. <http://www.fao.org>. [25 de enero del 2016].
- FEDEAGRO. 2012. Base de datos. [En línea]. <http://www.fedeagro.org/produccion> [12 de febrero del 2016].
- Gandrup, M., García, F., Fabrizzi, K. y Echeverría, H. 2004. Evolución de un índice de verdor en hoja para evaluar el status nitrogenado en trigo. *RIA*. 33 (3): 105-121.
- León, R., Pérez, M., Fuenmayor, F., Gutiérrez, M. y Marín, C. 2014. Caracterización eco-fisiológica de cuatro clones de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) en el Campo Experimental del INIA-CENIAP. *Agronomía Tropical*. 64 (1): 2.
- León, R., Polanco, D., Zárraga, P., Zambrano, M., Ramos, E., Perdomo, D. y Marín, A. 2013. Caracterización morfológica y agronómica del banco de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta*, Crantz) en el campo experimental de Fagro-UCV. *Revista de la Facultad de Agronomía UCV* 39 (2): 93-104.
- Montaldo, A. 1996. La yuca frente al hambre del mundo tropical. Venezuela. Editorial ANAUCO. Maracay. Pp 32-128.
- Nesreen, A., Helal, S. and Attia, A. 2013. Morphological and Chemical Studies on influence of Water Deficit on Cassava. *World Journal of Agricultural Sciences* 9 (5): 369-376.
- Olasanmi, O. 2010. Cassava Drought Tolerance Mechanisms Re-Visited: Evaluation of Drought Tolerance in Contrasting Cassava Genotypes Under Water Stressed Environments. Ph.D. thesis, Department of Agronomy (Plant breeding), University of Ibadan. p.150.
- Rincón, N., Olarte, M. y Pérez, J. 2012. Determinación del área foliar en fotografías tomadas con una cámara web, un teléfono celular o una cámara semiprofesional. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín* 65 (1): 6399-6405.
- Rós, A., Silva, A., Araújo, H. e Narita, N. 2011. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. *Pesquisa Agropecuaria Tropical* 41 (4): 552-558.
- Schepers, J., Blackmer, T. y Francis, D. 1992. Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions: Using chlorophyll meters. In: B. Bock y K. Kelly (ed). Predicting fertilizer needs for corn in humid regions. NFERC, Bull. Y-226. Muscle Shoals, AL, EE.UU. pp. 105 – 114.
- Scholander, P., Bradstreet, E., Hemmingsen, E. and Hammel, H. 1965. Sap Pressure in Vascular Plants: Negative hydrostatic pressure can be measured in plants. *Science* 148 (3668): 339–346.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2006. Fisiología Vegetal. Estados Unidos. Editorial Sinauer Associates. California. pp 73-105.