

Evaluación morfológica, agronómica y bioquímica de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en dos edades del cultivo

Arelys Marín*, Dinaba Perdomo y Cristela Zambrano

Instituto de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua. Venezuela

RESUMEN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo tropical de importancia para la seguridad alimentaria y energética en países pobres. El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento de siete clones de yuca, mediante la caracterización agromorfológica y bioquímica de raíces y hojas. Los clones evaluados fueron 'UCV 2841', 'UCV 2843', 'UCV 2844', 'UCV 2847', 'UCV 2849' y 'UCV 2320'. Se condujeron estudios a nivel de campo y laboratorio a los 7 y 10 meses de edad del cultivo. Se analizaron muestras de raíces y hojas de yuca para determinar el contenido de almidón mediante el método de yodo, y el contenido de ácido cianhídrico (HCN) por el método colorimétrico. Los clones mostraron variaciones en las características morfológicas. Ninguno de los clones evaluados se comportó como precoz; a los 10 meses sobresalieron 'UCV 2843' con rendimiento potencial de 22 800 kg/ha y 'UCV 2320' con 17 200 kg/ha, así como 'UCV 2839', 'UCV 2847', 'UCV 2849' y 'UCV 2844' con rendimientos superiores al promedio obtenido en el país. Adicionalmente, sus raíces al igual que el resto de los materiales mostraron buena calidad culinaria y sin signos de deterioro a los cuatro días después de la cosecha. De igual manera, presentaron bajos contenidos de HCN y contenidos de almidón de 42,58 y 44,12%, respectivamente. Con respecto a las hojas, se detectaron diferencias significativas ($P < 0,01$) en el contenido de HCN (mayores a 100 mg/kg) en las dos edades.

Palabras clave: Almidón, ácido cianhídrico, *Manihot esculenta*, características agronómicas.

Morphological, agronomic, and biochemical evaluation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) clones at two ages

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is an important crop in terms of alimentary and energetic security in less developed countries. The aim of this study was to evaluate seven cassava clones through an agromorphological and biochemical characterization of roots and leaves. Evaluated clones were 'UCV 2839', 'UCV 2841', 'UCV 2843', 'UCV 2844', 'UCV 2847', 'UCV 2849' and 'UCV 2320'. Field and laboratory characterization studies were performed at 7 and 10 months from planting. Samples of roots and leaves were taken. Starch content was determined following iode method and cyanhydric acid (HCN) content was determined by the colorimetric method. Cassava clones showed variation in morphologic characteristics. None of the clones tested behaved as earlier; at 10 months, stood out 'UCV 2843', with a potential yield of 22.800 kg/ha and 'UCV 2320' with 17.200 kg/ha, and 'UCV 2839', 'UCV 2847', 'UCV 2849' and 'UCV 2844' with yields above country average. Additionally, their roots, as the rest of the materials, showed good culinary quality, with no deterioration signs after four days after harvesting. Also, clones presented low HCN and starch contents of 42.58 and 44.12%, respectively. Leaves showed significant differences ($P < 0.01$) in HCN content (higher than 100 mg/kg) at both ages.

Key words: Starch, cyanhydric acid, *Manihot esculenta*, agronomic characteristics.

*Autor de correspondencia: Arelys Marín

E-mail:arelysmarin@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo tropical que constituye el cuarto producto más importante después del arroz, el trigo y el maíz, y un componente básico en la dieta de más de 1000 millones de personas (Cock, 2012; FAO/FIDA, 2000). Entre las principales características del cultivo destacan su gran potencial para la producción de raíces tuberosas con alto contenido de almidón, así como su tolerancia a la sequía, a crecer en suelos pobres y su gran flexibilidad en la plantación y la cosecha, adaptándose a diferentes condiciones de crecimiento (Aristizábal y Sánchez, 2007). Tanto sus raíces tuberosas como sus hojas son utilizadas para el consumo humano y animal; las primeras son fuente de hidratos de carbono y las segundas de proteínas, minerales y vitaminas, particularmente carotenos y vitamina C. Las raíces frescas de yuca contienen entre 30 y 40% de materia seca y un contenido de almidón que se aproxima a 85% de la materia seca (Aristizábal y Sánchez, 2007).

Hay áreas específicas en Asia y el neo trópico donde la yuca es la principal fuente de calorías para grandes segmentos de la población. En África, constituye la fuente más importante de energía alimentaria de una gran parte de la población que vive en las zonas tropicales, mientras que más de 700 millones de personas dependen en gran medida de la yuca como alimento (Cock, 2012). En el mundo, la utilización del almidón se destina a fines industriales como papel, cartón, dextrinas, colas, textiles, resinas, maderas compuestas, productos farmacéuticos, edulcorantes, alcohol, entre otros, y estos productos, aunque representan un bajo porcentaje del uso de la producción mundial de yuca, son los que tienen mayor valor agregado en el mercado (FAO/FIDA, 2000). Como planta forrajera, la yuca tiene alto potencial para la producción de proteína de alto valor nutritivo y las hojas contienen altas cantidades de ácido cianhídrico (HCN), que para los rumiantes no representan problemas (Domínguez *et al.*, 1983).

La yuca es una alternativa a las fuentes proteicas convencionales como harina de soya, maní y de pescado (Preston *et al.*, 1999). La presencia de glucósidos cianogénicos, tanto en raíces como en hojas, es un factor determinante en el uso que se le dará a la producción de yuca. Existen variedades de yuca llamadas "dulces" con niveles bajos de estos glucósidos y pueden ser consumidas de manera segura luego de la cocción; otras llamadas "amargas" tienen niveles tan elevados de dichas sustancias que requieren un proceso adicional para que sean aptas para el consumo humano (Ceballos, 2002).

La tendencia de producción de yuca en el mundo durante los años 2008 y 2009 indica que alrededor

del 51% se produce en África, 35% en Asia, y sólo el 14% en América Latina y el Caribe (Howeler, 2011). En Venezuela, durante el año 2011 de acuerdo con el MPPAT (2012) la superficie cosechada fue de 56 819 ha, con un rendimiento promedio de 12 771 kg/ha. Si se considerara el cultivo de la yuca como un producto estratégico y base para el desarrollo de numerosas industrias, y se proporcionara el tratamiento correspondiente en cuanto a inversiones, esta raíz seguramente podría favorecer el desarrollo del sector agroalimentario e industrial de los países en desarrollo, contribuyendo a la generación de riqueza y de empleo rural y urbano. Sin embargo, para hacer viable su consolidación se deben desarrollar sistemas de producción rentables y sostenibles por lo cual, es cada vez más urgente la adaptación, desagregación o generación de tecnologías que, una vez incorporadas, fortalezcan la cadena productiva y sus derivados industriales (Aristizábal y Sánchez, 2007).

El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento de siete clones de yuca, mediante la caracterización agromorfológica y bioquímica de raíces y hojas del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el Campo Experimental del Instituto de Agronomía de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (FAGRO-UCV), en la ciudad de Maracay, estado Aragua, Venezuela, a una altura 450 msnm, 10°15' N y 67°36' O. Se utilizaron siete clones del Banco de Germoplasma de yuca de FAGRO-UCV ('UCV 2839', 'UCV 2841', 'UCV 2843', 'UCV 2844', 'UCV 2847', 'UCV 2849' y 'UCV 2320'). El material fue plantado en hileras separadas a 1 m con 1 m de separación entre plantas; la fertilización se realizó aplicando 250 kg/ha de una fórmula completa (Nitrofoska®) y se hicieron aplicaciones de riego semanales durante la época seca.

Evaluación morfológica y agronómica

Se evaluaron 10 caracteres cualitativos y cinco cuantitativos para un total de 15 descriptores, utilizando para ello los descriptores de Fukuda y Guevara (1998). Los caracteres morfológicos evaluados fueron: color externo de las raíces, color de la corteza, forma de las raíces, color de la pulpa, adherencia de la felodermis, tipo de inserción de raíces, longitud de pedúnculos y dirección de crecimiento de las raíces. La evaluación agronómica consistió en obtener valores de altura de plantas, número de raíces totales, peso de raíces totales, número de raíces comerciales, peso de raíces comerciales calidad culinaria a los 20 min de cocción y deterioro post-cosecha. Para medir el deterioro post-cosecha se realizaron observaciones diarias en las raíces con el fin

de evaluar la aparición del rayado marrón u otro tipo de daño en las mismas. Se consideraron raíces comerciales aquellas con longitud y diámetro mayores a 20 y 4 cm, respectivamente.

Determinación de ácido cianhídrico (HCN)

A los 7 y 10 meses de edad se tomaron muestras de raíces y hojas de tres plantas al azar por clon para determinar su contenido de HCN, mediante el método enzimático de Cocke (1979), modificado por O'Brien *et al.* (1991) y ajustado por Polanco (1998). La absorbancia se midió a 605 nm, en un espectrofotómetro (marca Termo, modelo Genesis 20).

Determinación de almidón en raíces

Se muestrearon las raíces de los clones estudiados a los 7 y 10 meses de edad, mediante la toma al azar de una raíz comercial de tres plantas seleccionadas en cada clon. Se tomó una muestra de 50 g de cada raíz, se secó a 70°C y se molió para obtener la harina. Para determinar el contenido de almidón en las muestras, se empleó el método de iodo de McCready (1950), recomendado por la AOAC (1990).

Diseño del experimento y análisis estadístico

Los datos fueron analizados aplicando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por 25 plantas de cada uno de los siete clones descritos. Se tomaron tres plantas centrales de una hilera para cada evaluación en dos edades del cultivo (7 y 10 meses). Se realizó un análisis descriptivo para las variables cualitativas y en las cuantitativas, análisis de varianza y pruebas de medias, mediante el uso del paquete estadístico SAS (SAS, 1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas de las raíces reservantes

En este experimento las características morfológicas observadas en las raíces de los diferentes clones no mostraron variaciones en la cosecha de los 7 meses con respecto a la de 10 meses. El color externo de las raíces varió de marrón claro con 14,3% como en el clon 'UCV 2844', hasta marrón oscuro para el resto de los clones con 85,7%. El color de la corteza varió de rosado con 28,6% en los clones 'UCV 2847' y 'UCV 2320', siendo las raíces de corteza blanca las más frecuentes con 71,4%, representadas por el resto de los clones.

La forma de las raíces se distribuyó desde cónicas con 14,3% en las raíces del clon 'UCV 2843', cónica-cilíndrica con 57,1% y cilíndrica en el 28,6%

representados por los clones 'UCV 2841' y 'UCV 2320', respectivamente. De acuerdo con Ceballos y De la Cruz (2002), la forma de las raíces es una característica que depende de la variedad y de las condiciones ecológicas en las que la planta crece. El color de la pulpa de las raíces varió de amarillo con 14,3% como en el clon 'UCV 2839', color crema con 14,3% en el 'UCV 2847' y las más frecuentes fueron las raíces de pulpa blanca con 71,4%, siendo éstas las de preferencia por la industria para elaboración de harinas (Polanco, 1998). Las raíces de todos los clones evaluados en este experimento presentaron una corteza (felodermis) de adherencia suave y fácil de desprender al momento de pelar las raíces, lo cual es una característica de importancia para su consumo en forma fresca (Polanco, 1998).

El tipo de inserción de raíces mixta (sésil y pedunculado en una misma planta) estuvo presente en todos los clones. Los pedúnculos presentes en todas las raíces fueron cortos (<5 cm), lo cual es una característica deseable, ya que en las sésiles se producen heridas que aceleran el deterioro y los pedúnculos largos no son convenientes porque tienden a romperse quedando las raíces en el suelo (Montaldo, 1991; Ceballos y De la Cruz, 2002).

La dirección de crecimiento de las raíces más frecuente fue la horizontal con 71,4%. Los clones 'UCV 2841' y 'UCV 2843' mostraron una dirección de crecimiento irregular. Ceballos y De la Cruz (2002) señalan que esta característica depende tanto de la variedad como de las condiciones ambientales en las que la planta crece, y según Montaldo (1991) de los tipos cultivados se seleccionan las de crecimiento horizontal u oblicuo. En cuanto a la calidad culinaria, esta fue buena en el 85,7% de los clones, ya que presentaron una consistencia suave a los 20 min de cocción y buen sabor. El clon 'UCV 2841' presentó una consistencia suave a los 20 min de cocción y buen sabor, pero mostró una coloración oscura que afectó la apariencia de las raíces luego de la cocción.

Con respecto al deterioro post-cosecha, las raíces de los clones evaluados no mostraron signos de deterioro a los cuatro días luego de la cosecha. En las raíces cosechadas a los 7 meses se observó el comienzo del rayado marrón al quinto día luego de la cosecha y también en las raíces cosechadas a los 10 meses; en los clones 'UCV 2847' y 'UCV 2320' el rayado marrón fue evidente al séptimo día después de la cosecha. De acuerdo con las características de calidad señaladas por Sánchez y Alonso (2002) y los resultados obtenidos en este trabajo, se puede observar que las raíces producidas por la mayoría de estos clones cumplen con las exigencias del mercado para consumo por humanos en forma fresca, ya que presentan buena

calidad culinaria, fácil desprendimiento de la felodermis y no es muy acelerado el deterioro post-cosecha de las raíces.

Características cuantitativas de la parte aérea y las raíces

Altura de las plantas

El análisis de la varianza mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los clones evaluados a los 7 meses de edad del cultivo (Cuadro 1). La mayor altura se registró en los clones 'UCV 2844' y 'UCV 2843' con 1,5 y 1,47 m, respectivamente; el resto de los clones presentaron plantas con alturas entre 1,06 y 1,33 m. La altura alcanzada por las plantas es una característica de especial importancia desde el punto de vista agronómico. De acuerdo con la clasificación establecida por Montaldo (1991) estos clones son considerados de porte bajo a los 7 meses de edad, ya que sus alturas no fueron superiores a 1,5 m. A los 10 meses, también varió de manera significativa ($P < 0,05$), siendo los clones 'UCV 2841' y 'UCV 2843' los que presentaron la mayor altura, con 2,05 y 1,9 m, respectivamente (Cuadro 1). De acuerdo con la clasificación propuesta por Montaldo (1991) estos clones a los 10 meses y bajo las condiciones de este estudio, pueden agruparse como de porte bajo (alturas menores a 1,5 m) los clones 'UCV 2839' y 'UCV 2847', e intermedios el resto de los clones que mostraron alturas comprendidas entre 1,5 y 2,5 m, siendo estos los más recomendables debido a que facilitan las labores de campo. Del mismo modo, los clones 'UCV 2839', 'UCV 2841', 'UCV 2843' y 'UCV 2844' son de porte erecto, característica que también es deseable desde el punto de vista agronómico porque facilita la realización de las labores de campo y son los ideales para la producción de semillas en este cultivo. Resultados similares obtuvieron Marín *et al.* (2008) en la evaluación de clones elites de yuca, los cuales mostraron un porte de bajo a intermedio.

Número de raíces totales

A los 7 meses de edad del cultivo no se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los clones, pero hubo la tendencia del clon UCV 2839 a producir mayor cantidad de raíces por planta, con una media de 10,7 raíces/planta (Cuadro 1). A los 10 meses, se observaron diferencias significativas ($P < 0,05$); la mayor cantidad de raíces totales fue producida por el 'UCV 2843', con una media de 10,5 raíces/planta.

Peso de raíces totales

A los 7 meses de edad del cultivo se observaron diferencias significativas entre clones ($P < 0,05$), siendo el clon 'UCV 2843' el que produjo los valores más altos para esta variable; así mismo, este clon fue uno de los

que produjo el mayor número de raíces totales (Cuadro 1). A los 10 meses del cultivo, el clon 'UCV 2843' tendió a mostrar los mayores valores para el peso de raíces totales producidas, con 2,99 kg/planta, indicando que este clon fue el que produjo el mayor número de raíces totales.

Número de raíces comerciales

A los 7 meses de edad del cultivo, el número de raíces comerciales mostró variaciones significativas entre clones ($P < 0,05$). El mayor valor lo obtuvo el clon 'UCV 2843' con 3 raíces comerciales/planta, seguido por 'UCV 2841' con 2,33 (Cuadro 1). A los 10 meses de edad del cultivo no hubo variaciones significativas, aunque la tendencia a producir la mayor cantidad de raíces comerciales fue para el clon 'UCV 2843' con 4,5 raíces comerciales/planta.

Peso de raíces comerciales

A los 7 meses de edad del cultivo, el peso de las raíces varió significativamente entre clones ($P < 0,05$), al igual que el número de raíces comerciales (Cuadro 1). Se destacó el clon 'UCV 2843' con 0,86 kg raíces comerciales/planta, para un rendimiento potencial de 8 600 kg/ha, seguido por el 'UCV 2844' con 0,63 kg raíces comerciales/planta, para un rendimiento potencial de 6 300 kg/ha. A los 10 meses de edad del cultivo, esta variable no mostró variaciones significativas, aunque la tendencia a producir el mayor peso de las raíces comerciales fue para el clon 'UCV 2843' con 2,28 kg raíces comerciales/planta, para un rendimiento potencial de 22 800 kg/ha. Lo siguió el clon 'UCV 2320' con 1,72 kg raíces comerciales/planta, para un rendimiento potencial de 17 200 kg/ha. El rendimiento promedio señalado en el país para el año 2011, según datos del MPPAT (2012) fue de 12 771 kg/ha. El clon 'UCV 2843' mostró un rendimiento 80% superior al promedio y 36% para 'UCV 2320'. Resultados similares observaron Marín *et al.* (2008) en la evaluación de clones elites de yuca, quienes encontraron rendimientos variables y algunos clones superaron los rendimientos promedios. Por otro lado, Ceballos y De la Cruz (2002) señalan que los rendimientos en yuca varían dependiendo del clon y de las condiciones ambientales.

Porcentaje de raíces comerciales

El porcentaje de raíces comerciales producidas por los clones bajo estudio varió de manera significativa ($P < 0,05$). Los clones 'UCV 2843' y 'UCV 2841' mostraron los mayores valores para esta variable con 29,6 y 25,2%, respectivamente (Cuadro 1). De acuerdo con los resultados obtenidos, el porcentaje de raíces comerciales se ubicó entre 3,7 y 29,6%, por lo que se puede inferir que los clones de yuca evaluados requieren

Cuadro 1. Valores promedios características cuantitativas de la parte aérea y las raíces de siete clones de yuca a dos edades.

Clon	Altura planta	N° raíces totales	N° raíces comerciales	Peso raíces	Peso raíces	Raíces
	m			totales	comerciales	comerciales
----- kg -----						
<u>7 meses</u>						
'UCV 2839'	1,07b†	10,66	1,66abc	1,05ab	0,48abc	14,94ab
'UCV 2841'	1,33ab	7,66	2,33ab	1,15ab	0,50abc	25,19a
'UCV 2843'	1,47a	10,0	3,00a	1,48a	0,86a	29,59a
'UCV 2844'	1,50a	8,33	1,66abc	1,20ab	0,63ab	20,18ab
'UCV 2847'	1,06b	6,75	0,75bc	0,67b	0,35bc	11,68ab
'UCV 2849'	1,28ab	8,75	1,5abc	0,92ab	0,32bc	14,14ab
'UCV 2320'	1,31ab	9,33	0,33c	0,57b	0,06c	3,70b
CV‡	15,31	24,06	54,45	37,86	58,54	58,41
<u>10 meses</u>						
'UCV 2839'	1,42c	8,25ab	3,00	2,09	1,51	38,88
'UCV 2841'	2,05a	9,25ab	2,75	2,12	1,25	25,69
'UCV 2843'	1,90a	10,50a	4,50	2,99	2,28	43,19
'UCV 2844'	1,82ab	6,50b	2,50	1,79	1,31	37,91
'UCV 2847'	1,42c	7,00b	3,25	2,02	1,58	44,84
'UCV 2849'	1,50bc	6,50b	3,00	1,87	1,45	45,71
'UCV 2320'	1,80abc	7,75ab	3,50	2,21	1,72	46,28
CV‡	14,22	24,4	63,23	44,66	64,75	51,99

† Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre clones, según prueba de rangos múltiples de Duncan.

‡ CV: Coeficiente de variación.

de un ciclo mayor a 7 meses bajo estas condiciones experimentales para desarrollar mayor cantidad de raíces comerciales y con ello un mayor rendimiento, ya que ninguno de ellos mostró un comportamiento precoz en estas condiciones. A los 10 meses, no hubo variaciones significativas en el porcentaje de raíces comerciales, aunque el 'UCV 2320' tendió a mostrar los mayores valores para esta variable con 46,3%, seguido el 'UCV 2849' con 45,7%. Estos valores inferiores al 50% pueden considerarse como un indicativo de que bajo estas condiciones, ninguno de los clones evaluados se comporta como precoz, por lo que requieren más tiempo para que puedan lograr un mayor desarrollo y con ello mayores rendimientos de raíces de reserva y así expresar su potencial.

Contenido de HCN en raíces y hojas

El análisis de la varianza para el contenido de HCN potencial a los 7 y 10 meses no detectó diferencias significativas entre las raíces de los diferentes clones bajo estudio (Cuadro 2). Sin embargo, el clon 'UCV 2843' tendió a mostrar las mayores medias con 10,7 mg/kg,

seguido por 'UCV 2844' con 10,7 mg/kg. De acuerdo con Sánchez y Alonso (2002) estos clones de yuca se comportan como dulces o de bajos contenidos de HCN en las raíces ya que presentaron valores por debajo de 60 ppm, tanto a los 7 como a los 10 meses.

El contenido de HCN en las hojas varió significativamente en las dos edades de cosecha, siendo el clon 'UCV 2839' el que mostró los mayores niveles para esta variable, con medias de 1 551 y 1 472 mg/kg de HCN a los 7 y 10 meses, respectivamente (Cuadro 2), seguido por el 'UCV 2844'. El clon 'UCV 2320' mostró los niveles más bajos de HCN en las hojas.

Contenido de almidón en raíces

El análisis de la varianza para el contenido de almidón en los diferentes clones de yuca estudiados a los 7 meses mostró diferencias significativas entre ellos ($P < 0,05$) como se observa en el Cuadro 2. Los clones 'UCV 2849', 'UCV 2843' y 'UCV 2844' mostraron los mayores valores con 34,4; 34,1 y 33,9%, respectivamente. A los 10 meses no se detectaron diferencias significativas,

Cuadro 2. Contenido de ácido cianhídrico (HCN) en raíces y hojas, almidón y rendimiento potencial de raíces comerciales (RPRC) en siete clones de yuca a dos edades.

Clon	HCN raíces		HCN hojas		Almidón %	RPRC kg/ha
	----- mg/kg -----					
<u>7 meses</u>						
'UCV 2839'	6,73	1 551a†	27,54ab	4 800		
'UCV 2841'	9,69	310c	27,79ab	5 000		
'UCV 2843'	10,73	442bc	34,10a	8 600		
'UCV 2844'	10,66	623b	33,93a	6 300		
'UCV 2847'	7,91	476bc	25,13b	3 500		
'UCV 2849'	5,41	385c	34,35a	3 200		
'UCV 2320'	10,61	297c	23,42b	600		
CV‡	37,34	25,31	14,95			
<u>10 meses</u>						
'UCV 2839'	5,67	1 472a	42,78	15 100		
'UCV 2841'	4,42	261bc	42,05	12 500		
'UCV 2843'	3,01	423b	42,58	22 800		
'UCV 2844'	3,38	393b	50,90	13 100		
'UCV 2847'	5,71	417b	44,33	15 800		
'UCV 2849'	4,11	123c	46,43	14 500		
'UCV 2320'	4,18	229bc	44,12	17 200		
CV‡	54,17	27,28	14,33			

† Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre clones, según prueba de rangos múltiples de Duncan.

‡ CV: Coeficiente de variación.

pero se pudo observar que todos los clones mostraron un contenido de almidón mayor a 32%, el cual se considera como alto según el ISI (2012) y superan el valor de 30% exigido por la agroindustria (Fuenmayor *et al.*, 2012). Sobresalieron los clones 'UCV 2844' y 'UCV 2849' con la tendencia a mostrar los mayores valores para esta característica con 50,9 y 46,4%, respectivamente. En estos resultados se puede observar que el contenido de almidón entre los diferentes clones de yuca evaluados presenta variaciones a los 7 y 10 meses de edad, coincidiendo con lo señalado por Toro y Alonso (1982), Hershey (1991) y Baafi y Safo-Kantanka (2007), en relación a que el contenido de almidón es variable o se ve afectado por diversos factores, como características genéticas, edad del cultivo y condiciones edafoclimáticas.

CONCLUSIONES

La caracterización morfológica de los clones de yuca evaluados indica la presencia de caracteres variables en cuanto a color y forma de las raíces. Respecto a la altura alcanzada, la mayoría de los clones

se clasificaron como clones de porte bajo a intermedio y ninguno de los clones se comportó como precoz. A los 10 meses de cultivo los clones 'UCV 284' y 'UCV 2320' mostraron rendimientos potenciales de 22 800 y 17 200 kg/ha, respectivamente, que superan el rendimiento promedio nacional. La calidad culinaria en las raíces producidas fue buena en la mayoría de los clones; así mismo mostraron tolerancia al rayado marrón, evidenciándose éste a partir del cuarto día luego de la cosecha y a los siete días como en el caso de 'UCV 2847' y 'UCV 2320'.

El contenido de HCN en las raíces de yuca, inferior a 60 mg/kg en las dos épocas de cosecha, indica que podrían ser consumidas directamente sin requerir tratamiento para eliminar este ácido. Aunque el contenido de HCN en las hojas fue variable, la mayoría de los clones de yuca evaluados pueden ser empleados en la alimentación de rumiantes en forma directa. De igual manera, el alto contenido de almidón en raíces observado a los 10 meses de edad en estos clones, indica que estos pueden ser recomendados con fines industriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Arlington, EUA. 1305 p.
- Aristizábal, J.; T. Sánchez. 2007. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín Servicios Agrícolas FAO N° 163. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 153 p.
- Baafi, E.; O. Safo-Kantanka. 2007. Effect of genotype, age and location on cassava starch yield and quality. *J. Agron.* 6: 581-585.
- Ceballos, H. 2002. La yuca en Colombia y el mundo: Nuevas perspectivas para un cultivo milenar. *In*: Ospina, B.; H. Ceballos (Comp.) La Yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp. 1–13.
- Ceballos, H.; G. De la Cruz. 2002. Taxonomía y morfología de la yuca. *In* Ospina, B.; H. Ceballos (Comp.) La Yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp. 17–33.
- Cock, J. 2012. Cassava: A basic energy source in the tropics. *In* Howeler, R.H. (Ed.) The Cassava Handbook. A Reference Manual Based on the Asian Regional Cassava Training Course. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp. 23-38.
- Cocke, R. 1979. An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava. *J. Sci. Food. Agric.* 29: 345-352.
- Domínguez, C.; L. Ceballos; C. Fuentes. 1983. Morfología de la planta de yuca. *In*: Domínguez, C. (Comp.) Yuca: Investigación, Producción y Utilización. Doc. N° 50. CIAT. Cali, Colombia. pp. 29-49.
- FAO/FIDA. 2000. La economía mundial de la yuca: hechos tendencias y perspectivas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola. Roma, Italia. 68 p.
- Fuenmayor, F.; J. Montilla; J. Albarrán; M. Pérez; L. Vaccarino; V. Segovia. 2012. Evaluación y selección de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del Plan Nacional de Semilla del INIA-Venezuela. Resultados preliminares. *Rev. Cien. UDO Agr.* 12: 17-24.
- Fukuda, W.; C. Guevara. 1998. Descriptores morfológicos e agronômicos para a caracterização de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Cruz das Almas, Brasil. EMBRAPA – CNPMF. Documento 78. 38p.
- Hershey, C. (Ed). 1991. Mejoramiento Genético de la Yuca en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 426p.
- Howeler, R.H. 2011. Recent trends in production and utilization of cassava in Asia. *In* Howeler, R.H. (Ed.) The Cassava Handbook. A Reference Manual Based on the Asian Regional Cassava Training Course. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp 1-22.
- ISI International Starch Institute. 2012. Technical memorandum on cassava starch. Aarhus, Dinamarca. Disponible en: <http://www.starch.dk/isi/starch/cassavastarch.asp>. [Consultado: 08 noviembre 2013].
- Marín, A.; D. Perdomo; J.G. Albarrán; F. Fuenmayor; C. Zambrano. 2008. Evaluación agronómica, morfológica y bioquímica de clones élites de yuca a partir de vitroplantas. *Interciencia* 33: 365-371.
- McCready, R.; J. Guggolz; V. Sirviera; H. Owens. 1950. Determination of starch and amylase in vegetables. *Ann. Chem.* 22: 1156–1158.
- MPPAT. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierra. 2012. Memoria 2011. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierra. Caracas, Venezuela. 874 p.
- Montaldo, A. 1991. Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 230 p.
- O'Brien, G.; A. Taylor; N. Poulter. 1991. Improved enzymic assay for cyanogens in fresh and processed cassava. *J Sci. Food Agric.* 56: 277-289.

- Polanco, D. 1998. Caracterización morfológica, isoenzimática, contenido de cianuro y almidón en el banco de germoplasma *in vivo* de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Trabajo de ascenso. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 99 p.
- Preston, T.; L. Rodríguez; N. Van Lai; L. Chau. 1999. El follaje de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como fuente de proteína para la producción animal en sistemas agroforestales. Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. FAO, Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/presto24.htm>. [Consultado: 14 agosto, 2012].
- Sánchez, T.; L. Alonso. 2002. Conservación y acondicionamiento de raíces frescas. *In*: Ospina, B.; H. Ceballos (Comp.) La Yuca en el Tercer Milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. pp. 503-526.
- SAS. 1985. SAS User guide. 5^{ta} ed. SAS Institute. Cary, EUA.
- Toro, J.; C. Alonso. 1983. Determinación del contenido de materia seca y almidón en yuca por el sistema de gravedad específica. *In*: Domínguez C. (Comp.) Yuca: Investigación, Producción y Utilización. Doc, N° 50. CIAT. Cali, Colombia. pp. 567-575