

SELECCIÓN DE CLONES PROMISORIOS DE YUCA PROVENIENTES DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL INIA-CENIAP, VENEZUELA

Rommel I. León Pacheco¹, Francia C. Fuenmayor Campos¹, Adrián J. Rodríguez Izquierdo², Joan Montilla², Oswaldo Pinto¹, Yadira Flores³, Antonio Romero³, Miguel García³ y Ender Correa¹

RESUMEN

El notable aumento de la productividad de muchos cultivos durante el siglo XX puede atribuirse a los logros genéticos obtenidos mediante el mejoramiento de los cultivos. La yuca también se ha beneficiado de los aportes tecnológicos en esta área por lo que el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas estableció el programa de mejoramiento genético a través de la selección fenotípica recurrente, seguido de la propagación vegetativa del cultivo. Se realizó la evaluación de 16 genotipos seleccionando mediante variables de tipo vegetativo así como el peso y número de raíces en dos zonas productoras del país (estados Aragua y Cojedes). Los resultados mostraron alta significancia en la interacción genotipo por ambiente para el crecimiento vegetativo, pero las variables de producción fueron afectadas de forma independiente por el genotipo y el ambiente. Siete de los genotipos resultaron los mejores por su alto peso en raíces comerciales ($>16 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), mientras que el ambiente del estado Cojedes fue el mejor para la mayoría de las variables asociadas al rendimiento. Una posible explicación a este fenómeno es el impacto del ambiente en el estatus fisiológico y nutricional del material de plantación y/o efectos epigenéticos. Los genotipos Inocol 7, Guajira 2, Meven 36-13 y Guajira 6 se pueden seleccionar para la evaluación de los ensayos uniformes de rendimiento, motivado a un desempeño superior en cuanto al peso total de las raíces comerciales y peso fresco aéreo.

Palabras clave adicionales: Fitomejoramiento, genotipos, *Manihot esculenta*, pruebas de rendimiento

ABSTRACT

Selection of promising clones from the cassava-breeding program of the INIA-CENIAP, Venezuela

The remarkable increase in the productivity of many crops during the twentieth century can be attributed to genetic gains achieved through crop breeding. Cassava has also benefited from technological inputs in the area of breeding. For this reason, the National Institute for Agricultural Research established a cassava-breeding program, through a phenotypic recurrent selection following the vegetative propagation of the crop. With the purpose of evaluating yield stability of 16 varieties of cassava, uniform yield trials were set under two environmental conditions (production areas of Aragua and Cojedes States). The variables evaluated were vegetative growth, and fresh weight and number of roots. The results showed that there was a highly significant genotype by environment interaction for the variables associated with vegetative growth, but the variables associated to production were affected separately by genotype and environment. Seven of the genotypes resulted the best due to their high weight in commercial roots ($>16 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), while the environment of Cojedes State was the best for most variables associated to yield. A feasible explanation for this trend is the impact of the environment on the physiological and nutritional status of the planting material and/or epigenetic effects. The genotypes Inocol 7, Guajira 2, Meven 36-13 and Guajira 6 can be selected for the evaluation of uniform performance tests motivated to superior behavior in terms of commercial roots and top fresh weight.

Additional key words: Genotypes, *Manihot esculenta*, plant breeding, performance testing

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*

Crantz) es de gran importancia en la seguridad alimentaria mundial ya que constituye la base de la alimentación para más de 800 millones de

Recibido: Mayo 31, 2018

Aceptado: Diciembre 14, 2018

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Apdo. 470004. Santa Marta. Departamento del Magdalena. Colombia. e-mail: leonr745@hotmail.com (autor de correspondencia)

² Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas (CENIAP). Apdo. 4653. Maracay, Venezuela e-mail: adrianjri65@hotmail.com

³ Fundación La Salle. Apdo. 1930. Caracas. Venezuela. e-mail: yaflo62@gmail.com

personas en el mundo (FAO, 2015). Esta especie presenta ventajas en comparación con el resto de los cultivos adaptados al trópico, entre ellas, diversidad de mercado para el consumo humano e importancia socio-económica cultural, por ser un rubro cultivado en su mayoría por pequeños productores. Asimismo, el follaje puede ser destinado a la producción de proteína para la alimentación animal (Montaldo y Montilla, 1977).

En Venezuela, según datos de la década actual (FEDEAGRO, 2014), la yuca fue el segundo de los cultivos con la mayor producción y el primero en superficie cosechada con 452.434 Mg y 39.286 ha, respectivamente, dentro del renglón de las raíces y tubérculos. Sin embargo, los agricultores utilizan los mismos genotipos en ambientes caracterizados por altas temperaturas, pocas precipitaciones y suelos pobres, lo que ha provocado rendimientos bajos que no superan los 12 Mg·ha⁻¹.

El mejoramiento genético en los cultivos ha generado las tasas de retornos más altas en la investigación agrícola. La yuca no escapa de esta realidad (Barandica et al., 2016). Los programas de mejoramiento genético en esta especie se han realizado desde 1930 en África y Brasil, pero estos han sido incipientes y discontinuos (Ceballos et al., 2012). La creación de dos Centros de Investigación de mejoramiento genético en yuca, como el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) y el Centro de Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) a partir de 1960, avanzaron con una rápida expansión de los recursos genéticos en Asia, África y América Latina.

En Venezuela se implementó el Plan Nacional de Semillas bajo la Coordinación del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y el programa de Fitomejoramiento, que incluye la evaluación, selección de clones de yuca y obtención de semilla genética, cuyo objetivo fue la evaluación de clones de los bancos de germoplasma de yuca del INIA. El programa persigue identificar los genotipos de comportamiento superior que serían empleados como fuentes de genes, obtener nuevas combinaciones genéticas mediante diferentes esquemas de cruzamiento y la selección y evaluación de genotipos en diferentes ambientes. Se contempla, por una parte, obtener clones

mejorados que contengan bajos contenidos de ácido cianhídrico (HCN) en las raíces “dulces”, para el consumo animal o humano directo, y por otra parte, obtener clones mejorados con moderados contenidos de ácido cianhídrico (amargos), orientados al procesamiento industrial. Para ambos tipos de clones deben seleccionarse aquellos preferentemente con las siguientes características: tolerancia a las principales plagas y enfermedades, rendimiento de raíces frescas superiores a 10 Mg·ha⁻¹, índices de cosecha superiores a 0,6 y valores de materia seca y almidón, superiores a 35 y 30 %, respectivamente (Fuenmayor et al., 2012).

El programa inició con 540 genotipos en campos de observación, de los que se eligieron 36 con características sobresalientes en ensayos preliminares de rendimiento, hasta seleccionar 16 genotipos con comportamiento potencial favorable para realizar ensayos avanzados de rendimiento (León et al., 2014; 2018).

En consecuencia, el objetivo de esta investigación fue evaluar estos 16 genotipos de yuca en dos zonas productoras de Venezuela, considerando variables de tipo vegetativo y rendimiento de raíces tuberosas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un ensayo avanzado de rendimiento en el que se evaluaron los 16 clones siguientes: ‘Inocol 8’, ‘Meven 88-1’, ‘Guajira 3’, ‘Col M Ven 157-3’, ‘Meven 77-3’, ‘Meven 177-4’, ‘Meven 177-2’, ‘Inocol 7’, ‘Guajira 2’, ‘Barina 2-8’, ‘Meven 36-13’, ‘Guajira 6’, ‘Hutaco 7’, ‘Col M Ven 157-4’, ‘Monagas 153-7’ e ‘Inocol 4’ (en los resultados se les identifica mediante una numeración que corresponde a este mismo orden).

La siembra en campo se efectuó en dos localidades que representaron las siguientes condiciones ambientales:

- Ambiente 1: Campo Experimental del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), del INIA, en Maracay, estado Aragua, Venezuela, ubicado en una zona de Bosque Seco Tropical Premontano (10°17' N, 67°36' W, 480 msnm) con precipitación de 738 mm. La siembra se realizó en el mes de junio de 2015. El suelo es de textura franco-limosa. Contiene niveles altos de P y bajos de K y Ca, con 2,76 % de materia

orgánica, pH 6,1 y conductividad eléctrica de 0,13 dS·m⁻¹.

- Ambiente 2: Finca de la Fundación La Salle (FLASA), municipio Ezequiel Zamora, estado Cojedes, Venezuela, ubicado en zona de Bosque Seco Tropical Premontano (10°40' N, 68°34' W, 156 msnm) con precipitación de 1538 mm. La siembra se realizó en el mes de julio de 2015. El suelo es de textura franco-arenosa. Contiene niveles altos de P y bajos de K y Ca, con 1,38 % de materia orgánica, pH 5,0 y conductividad eléctrica de 0,3 dS·m⁻¹.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones. La siembra se efectuó a 1 m entre plantas y entre hileras (10.000 plantas por hectárea), con 30 plantas por parcela para un área total por unidad experimental de 30 m². El riego utilizado fue complementario por gravedad, con una frecuencia al menos quincenal. El manejo agronómico fue homogéneo para todos los clones.

Se evaluaron los siguientes caracteres: peso de la raíz, número de raíces totales y comerciales (raíces mayores a 20 cm de largo y 4 cm de grosor en la región ecuatorial), altura de planta, altura de primera ramificación y peso aéreo. Así mismo, se calculó el índice de selección estandarizado basado en la siguiente ecuación (Baker y Rodgers, 1986):

$$IS(k) = \sum_{i=1}^{16} P_i \frac{(X_{i(k)} - X_{g(i)})}{S_{g(i)}}$$

IS(k) = índice de selección estandarizado

P_i = Factor de ponderación

X_{i(k)} = Promedio del carácter del clon

X_{g(i)} = Promedio general de los clones

S_{g(i)} = Desviación estándar de los clones

El índice de selección (IS) integra variables relevantes, asignándoles la ponderación de caracteres según el mejor juicio establecido por la experiencia del mejorador (Ceballos et al., 2002), según los siguientes factores de ponderación: altura de planta x 6; peso de raíz total x 10; (peso de raíz comercial/peso de raíz total) x 10; (número de raíz comercial/número de raíz total) x 10; peso aéreo x 6.

La evaluación de los resultados se realizó mediante análisis de varianza por localidad y análisis combinado de varianzas, previa comprobación de los supuestos de homogeneidad y normalidad; así mismo, pruebas de Tukey mediante el programa estadístico Infostat (Universidad de Córdoba, Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de la interacción genotipo por ambiente (IGA). Esta interacción mostró diferencias significativas para las variables altura de planta, primera ramificación y peso aéreo (Cuadro 1). Todos los genotipos alcanzaron altura de planta desde moderada hasta alta para los dos ambientes (mayores a 150 cm), es decir, se consideran de porte alto, excepto el clon 5 el cual sólo alcanzó 140 cm en el ambiente 1 (Cuadro 2).

Cuadro 1. Cuadrados medios de la interacción genotipo por ambiente en las variables asociadas al crecimiento vegetativo de 16 clones de yuca

Fuente de variación	Grados de libertad	Altura de Planta	Altura de primera ramificación	Peso aéreo
Modelo	33	4.014,4**	5.313,75**	3.838.480,76**
Ambiente	1	31.573,4**	38.894,78*	29.833.698,31*
Ambiente x bloque	2	235,7	420,25	1.496.393,42
Clon	15	4.529,3**	3.294,43**	4,09E+07
Clon x ambiente	15	2.166,06*	5.746,80**	2.170.022,71**
Error	62	1.155,19	903,55	739.489,10

*, ** indican diferencias significativas para $P \leq 0,05$ y $0,01$, respectivamente

Para la altura de la primera ramificación, los clones con valores por debajo a 100 cm, fueron los identificados como 3, 7, 8 y 15 para el ambiente 1 y 1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 16 para el ambiente 2.

Estos caracteres son de importancia para el manejo agronómico debido a que se prefieren plantas con portes moderados a altos, con valores de la primera ramificación por encima

de 100 cm. La significancia encontrada para la interacción genotipo por localidad es un indicativo de la respuesta diferencial de los clones que formaron parte de este estudio a las variaciones

ambientales en las diferentes localidades. De forma similar, Pérez et al. (2005) reportaron interacciones significativas entre la altura de planta de yuca y el ambiente.

Cuadro 2. Valores medios de las variables con interacción genotipo por ambiente (IGA) asociadas al crecimiento vegetativo de 16 clones de yuca cultivados en dos ambientes

Clon	Altura de planta		Altura de primera ramificación			Peso aéreo		
	Ambiente	Media	Clon	Ambiente	Media	Clon	Ambiente	Media
11	2	319,50 a	10	1	233,33 a	11	2	6600 a
15	2	297,50 ab	12	1	223,33 ab	15	2	4683,33 ab
14	2	286,67 abc	16	1	186,67 abc	4	2	4044,44 abc
10	2	283,89 abc	1	1	180,00 abcd	3	2	3733,33 bc
10	1	283,33 abc	14	1	166,67 abcde	8	2	3683,33 bc
6	2	260,55 abc	15	2	145,67 abcde	14	2	3583,33 bc
4	2	260,22 abc	5	1	140,00 abcdef	10	1	3500 bcd
3	2	259,33 abc	2	1	126,67 bcdef	9	1	3433,33 bcd
8	2	258,33 abc	9	1	120,00 cdef	12	2	3211,11 bcd
14	1	240,00 abcd	3	2	119,33 cdef	10	2	3155,56 bcd
12	1	236,67 abcd	4	1	116,67 cdef	1	2	3133,33 bcd
9	2	231,78 abcd	4	2	113,56 cdef	9	2	3077,78 bcd
9	1	230,00 abcd	14	2	113,33 cdef	6	2	3061,11 bcd
13	2	226,67 abcd	5	2	113,33 cdef	7	2	2683,33 bcd
1	2	223,89 abcd	13	1	106,67 cdef	11	1	2633,33 bcd
3	1	220,00 abcd	6	2	105,61 cdef	15	1	2633,33 bcd
12	2	220,00 abcd	6	1	101,67 cdef	2	1	2433,33 bcd
5	2	219,67 abcd	11	1	100,00 cdef	8	1	2433,33 bcd
11	1	216,67 abcd	8	2	93,67cdef	3	1	2416,67 bcd
2	1	216,67 abcd	3	1	93,33cdef	13	1	2300,00 bcd
8	1	216,67 abcd	7	1	93,33cdef	13	2	2233,33 bcd
2	2	212,50 abcd	13	2	92,22cdef	12	1	2233,33 bcd
4	1	210,00 abcd	2	2	88,78def	16	2	1838,89 cd
16	1	206,67 bcd	8	1	86,67def	4	1	1766,67 cd
7	2	202,50 bcd	11	2	86,17def	5	2	1683,33 cd
16	2	200,67 bcd	16	2	84,56def	14	1	1633,33 cd
6	1	200,00 bcd	10	2	79,33ef	2	2	1600,00 cd
1	1	196,67 bcd	9	2	77,11ef	7	1	1600,00 cd
7	1	196,67 bcd	1	2	75,55ef	1	1	1500,00 cd
15	1	193,33 bcd	15	1	73,33ef	16	1	1433,33 cd
13	1	180,00 cd	12	2	73,00ef	6	1	1433,33 cd
5	1	140,00 d	7	2	43,00f	5	1	783,33d

Los clones del 1 al 16 corresponden a los genotipos 'Inocol 8', 'Meven 88-1', 'Guajira 3', 'Col M Ven 157-3', 'Meven 77-3', 'Meven 177-4', 'Meven 177-2', 'Inocol 7', 'Guajira 2', 'Barina 2-8', 'Meven 36-13', 'Guajira 6', 'Hutaco 7', 'Col M Ven 157-4', 'Monagas 153-7' e 'Inocol 4', respectivamente. Los ambientes 1 y 2 corresponden a las localidades de los estados Aragua y Cojedes, respectivamente. Letras diferentes entre filas de cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

En el ambiente 1 se observó un desempeño inferior para los clones 5 y 13 en la variable altura de planta y el clon 7 para la primera ramificación; cabe destacar que la precipitación fue notoriamente menor en este ambiente y correspondió al factor que mayormente diferenció a ambas localidades (738 vs. 1535 mm). Esto sugiere que la lluvia tuvo una influencia negativa en los mencionados clones. Por ejemplo, Caraballo y Velásquez (1997) reportaron una altura de planta de 165 cm, cuando se aplicó 600 mm de agua y la altura disminuyó en un 35 % al usar una lámina de agua cuatro veces menor, indicando que esta variable es afectada por la sequía.

En lo que respecta a la biomasa fresca aérea se pudo observar interacción significativa entre los clones y los dos ambientes; sin embargo, se destacaron los clones 4, 11 y 15, con valores por encima de 4 kg por planta ($>40 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$) en el ambiente 2, por lo que se pudieran recomendar para la producción de follaje para ese ambiente, tomando en cuenta que el valor de esta variable es diferencial entre cultivares y se han reportado variaciones del peso aéreo de 1,5 a 4,6 kg por planta (Ros et al., 2011). Montaldo y Montilla (1977) reportaron rendimientos por hectárea mayores a los del presente estudio pero se debe considerar que dichos autores utilizaron

densidades de plantación superiores a las empleadas en nuestra investigación.

Nesreen et al. (2013) explican en sus estudios que el estrés hídrico redujo el peso de la planta comparado con el testigo con riego, con diferencias significativas entre diferentes tratamientos de riego. El resultado de esta disminución se atribuye a la reducción del área foliar como estrategia de la planta para evitar las pérdidas de agua en las hojas, con la consecuente reducción en el área fotosintéticamente activa. Esto explicaría la mayor biomasa fresca de los clones ya mencionados en el ambiente 2.

Efecto de los clones. Los clones variaron significativamente ($P \leq 0,05$) solamente para el peso de la raíz comercial.

En la Figura 1 se puede observar que los genotipos sobresalientes, con rendimiento superior a $16 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ($1600 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$) fueron los genotipos ‘Meven 77-3’, ‘Meven 177-2’, ‘Inocol 7’, ‘Guajira 2’, ‘Meven 36-13’, ‘Guajira 6’ e ‘Inocol 4’, destacándose el clon ‘Guajira 6’ con más de $2500 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$ de raíces comerciales. Sin embargo, de este grupo se podrían descartar los clones ‘Meven 77-3’, ‘Meven 177-2’ e ‘Inocol 4’ por quedar clasificados en grupos estadísticos inferiores para la variable peso aéreo en al menos uno de los dos ambientes estudiados (Cuadro 2).

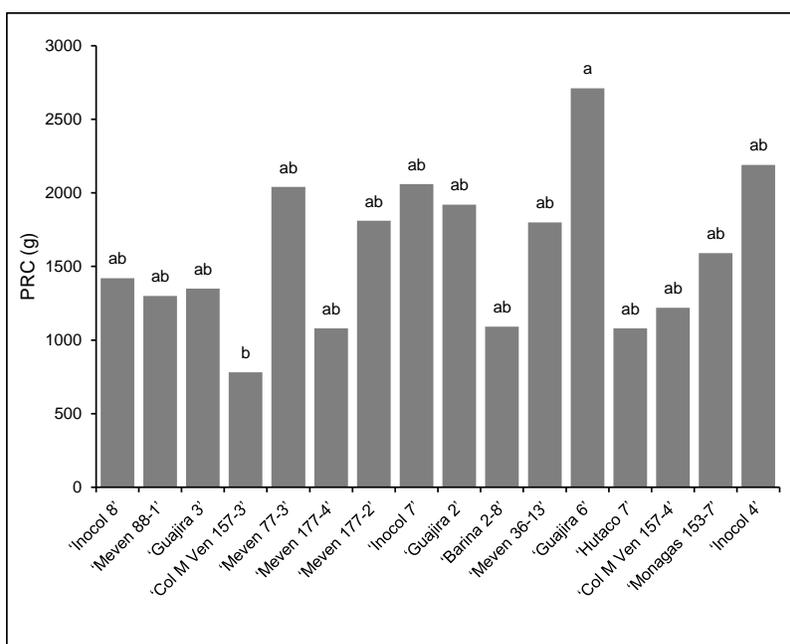


Figura 1. Peso de las raíces comerciales (PRC) por planta de 16 clones de yuca (los valores representan el promedio de los dos ambientes ya que no existió interacción para esta variable)

Efecto del ambiente. En el Cuadro 3 se evidencia notablemente que el ambiente 2 propició el efecto más positivo en las variables asociadas al rendimiento y por ende, un incremento en los valores del índice de selección en las plantas de yuca; esto posiblemente se debió al efecto de la precipitación de casi el doble en el estado Cojedes (ambiente 2) en comparación con el estado Aragua (ambiente 1). Al mismo tiempo, el suelo con textura franco arenosa posiblemente incidió en la mayor facilidad de crecimiento de las raíces de la planta. Este comportamiento positivo en el ambiente 2 puede ser comparativo a los resultados encontrados por El-Sharkawy (2012).

A pesar de lo expuesto, el ambiente 1 mostró buen desempeño para generar un mayor número de raíces, lo que resulta conveniente en el mejoramiento genético, dada la mayor

heredabilidad de esta variable, por lo que se podrían identificar otros genotipos que se adapten mejor en esta condición ambiental, logrando así una mayor acumulación de materia seca de raíces y mejorando la productividad en el cultivo para esta región.

De igual forma, Rós et al. (2011) reportaron diferencias importantes entre los clones para el peso total de raíces, con valores de 3600-4100 g·planta⁻¹. Albuquerque et al. (2009) reportaron en su investigación diferencias entre clones y entre fechas de medición con valores entre los clones de 15,22 a 44,12 Mg·ha⁻¹. Asimismo, observaron que el promedio para el rendimiento de raíces frescas fue de 23,15 Mg·ha⁻¹ a los siete meses después de la siembra y de 33,38 Mg·ha⁻¹ a los 13 meses después de la siembra.

Cuadro 3. Variables asociadas al rendimiento y calidad de raíces en clones de yuca cultivados en dos ambientes (los valores representan el promedio de los 16 genotipos ya que no existió interacción para estas variables)

Ambiente	Número raíz total (NRT)	Número raíz comercial (NRC)	Peso raíz total (PRT) (g)	Peso raíz comercial (PRC) (g)	PRC/PRT	NRC/NRT	Índice de selección
1	10,35 a	2,75 b	1969,8 b	1043,13 b	47,66 b	58,07 a	118,2 b
2	7,41 b	4,23 a	2697,9 a	2145,83 a	76,47 a	25,41 b	157,8 a

Los ambientes 1 y 2 corresponden a las localidades de los estados Aragua y Cojedes, respectivamente Letras diferentes entre filas de cada columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

Estos resultados son similares a los obtenidos por Ceballos et al. (2016), quienes reportan resultados de los programas de mejoramiento genéticos por más de 15 años y mencionan que en algunos casos la evolución entre ensayos es negativa y cerrada en cuanto a la capacidad que tienen los genotipos para generar incrementos en variables asociadas al rendimiento, lo cual se puede deber a diferencias nutricionales y/o a la calidad sanitaria y fisiológica del material de siembra.

Se ha demostrado que los efectos epigenéticos responden al estrés por sequía y afectan principalmente especies anuales en diferentes fases fenológicas, por ejemplo, la dormancia de los brotes (Ceballos et al., 2007). En este mismo sentido, Hale et al. (2014) mencionan que este comportamiento es inesperado en los ensayos preliminares de rendimiento y muchas veces

surgen inquietudes entre mejoradores para encontrar explicación sobre el efecto negativo de la población en ensayos subsiguientes, estos autores señalan que posiblemente se debe al gradual equilibrio que alcanzan algunos genotipos de yuca con el entorno biótico. Este fenómeno es conocido como “genotipo extendido” y fue descrito como una interacción entre el cruce del genoma con algunos organismos.

CONCLUSIONES

Los genotipos ‘Inocol 7’, ‘Guajira 2’, ‘Mevén 36-13’ y ‘Guajira 6’ se pueden seleccionar para la evaluación de los ensayos uniformes de rendimiento, motivado fundamentalmente en el desempeño superior en cuanto al rendimiento de las raíces comerciales (mayor a 16 Mg·ha⁻¹) y

producción de biomasa fresca aérea.

Se observó que un ambiente con características edafo-climáticas adecuadas (suelos de textura liviana y precipitaciones bien distribuidas durante el desarrollo del cultivo) son aptos para la producción de yuca, con rendimientos superiores al promedio nacional, tal como se muestra en el ambiente 2 el cual alcanzó el mayor índice de selección, indicando que allí se alcanzó el mejor comportamiento para la mayoría de las variables agronómicas.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque, J., A. Sedyama, A. Silva, C. Sedyama, J. Alves y F. Neto. 2009. Caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 4: 388-394.
- Baker, R. y D. Rodgers. 1986. Selection indices in plant breeding. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Barandica, O., J. Pérez, J. Lenis, F. Calle, N. Morante, L. Pino, C. Hershey y H. Ceballos. 2016. Cassava breeding II: Phenotypic correlations through the different stages of selection. *Frontiers in Plant Science* 7: 1-11.
- Caraballo, L. y E. Velásquez. 1997. Respuesta de tres cultivares de yuca a diferentes condiciones hídricas y fechas de cosecha. *Agronomía Tropical* 56: 267-284.
- Ceballos, H., N. Morante, F. Calle, J. Lenis, G. Jaramillo y J. Pérez. 2002. Mejoramiento genético de yuca. In: B. Ospina y H. Ceballos (eds.). *La Yuca en el Tercer Milenio: Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización*. CIAT, Cali, Colombia. pp. 295-325.
- Ceballos, H., C. Iglesias, J. Pérez y A. Dixon. 2004. Cassava breeding: opportunities and challenges. *Plant Molecular Biology* 56: 503-515.
- Ceballos, H., M. Fregene, J. Pérez, N. Morante y F. Calle. 2007. Cassava genetic improvement. In: M. Kang y P. Priyadarshan (eds.). *Breeding Major Food Staples*. Blackwell Publishing. pp. 365-391.
- Ceballos, H., J. Pérez, O. Barandica, J. Lenis, N. Morante, F. Calle et al. 2016. Cassava breeding I: The value of breeding value. *Frontiers in Plant Science* 7: 1-12.
- El-Sharkawy, M. 2012. Stress-tolerant cassava: the role of integrative ecophysiology-breeding Research in Crop Improvement. *Open Journal of Soil Science* 2: 162-186.
- FAO. 2015. Save and Grow: Cassava. Base de datos. <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/en/1/index.html> (consulta del 27/04/2015).
- FEDEAGRO (Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios de Venezuela). 2014. Base de datos. <http://www.fedeagro.org> (consulta del 27/11/2016).
- Fuenmayor, F., J. Montilla, J. Albarrán, M. Pérez, L. Vaccarino y V. Segovia. 2012. Evaluación y selección de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del Plan Nacional de Semilla del INIA-Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 12: 17-24.
- Hale, I., K. Broders y G. Iriarte. 2014. Vavilovian approach to discovering crop-associated microbes with potential to enhance plant immunity. *Frontiers* 5: 492-455.
- León, R., M. Pérez, F. Fuenmayor, V. Gutiérrez y C. Marín. 2014. Caracterización eco-fisiológica de cuatro clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el Campo Experimental del INIA-CENIAP. *Agronomía Tropical* 64: 97-105.
- León, R., M. Pérez, F. Fuenmayor, A. Rodríguez, G. Rodríguez y C. Marín. 2018. Calidad de las raíces en cuatro clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y efecto del régimen de riego. *Bioagro* 30(1): 87-91.
- Montaldo, A. y J. Montilla. 1977. Production of cassava foliage. In: *Tropical Root Crops Symposium. Proceedings of the Fourth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*. CIAT, Cali, Colombia. pp. 142-143.
- Nesreen, A., S. Helal y A. Attia. 2013. Morphological and chemical studies on influence of water deficit on cassava. *World Journal of Agricultural Sciences* 9: 369-376.
- Pérez, J., H. Ceballos, E. Ortega y J. Lenis.

2005. Análisis de la interacción genotipo por ambiente en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) usando el modelo AMMI. Fitotecnia Colombiana 5: 11-19.

19. Rós, A., A. Silva, H. Araújo y N. Narita. 2011. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. Pesquisa Agropecuaria Tropical 41: 552-558.