



CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE CULTIVARES CUBANOS DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz)

Morphological and agronomic characterization of cuban cassava cultivars (*Manihot esculenta* Crantz)

Yoel Beovides García✉, Marilys D. Milián Jiménez, Orlando Coto Arbelo, Aymé Rayas Cabrera, Milagros Basail Pérez, Arletys Santos Pino, Jorge López Torres, Víctor R. Medero Vega, José A. Cruz Alfonso, Elianet Ruiz Díaz y Daniel Rodríguez Pérez

ABSTRACT. In order to assess the potential of 50 cultivars from the Cuban cassava germplasm with interest for genetic improvement, an agronomic and morphological characterization was carried out. All cultivars were evaluated using 38 qualitative and quantitative variables during four years. A special attention was given to yield components and to dry matter (DM) percentage 12 months after planting. As a result, a group of three cultivars with high yield potential and desirable traits for growers was identified: 'CPA Victoria de Girón' (39.4 t.ha⁻¹), 'Crema-1' (34,0 t.ha⁻¹) and 'Señora' (31,7 t.ha⁻¹). Other cultivars with acceptable yield and high dry matter content were also observed: 'Yema de Huevo' (46,29 % DM), 'Clone 14' (43,98 %) and 'Quintalera enana' (41,22 %); this is an important feature in order to increase the industrial cassava use in Cuba and an useful aspect to the cassava breeding program. The results show the existence of a significant genetic variability and contributes to promote the use of indigenous biodiversity preserved in Cuba.

Key words: cassava, agronomic characterization, dry matter, qualitative variables

RESUMEN. Con el objetivo de valorar las potencialidades de 50 cultivares del germoplasma cubano de yuca con importancia para el mejoramiento genético, se realizó su caracterización morfológica y agronómica. Se evaluaron 39 variables cualitativas y cuantitativas durante cuatro años con especial atención a los componentes del rendimiento y el porcentaje de materia seca (MS) a los 12 meses de sembrados. Como resultado se pudo identificar un grupo de cultivares de alto potencial de rendimiento y caracteres deseables para los productores: 'CPA Victoria de Girón' (39,4 t.ha⁻¹), 'Crema-1' (34,0 t.ha⁻¹) y 'Señora' (31,7 t.ha⁻¹). Se encontraron otras accesiones con buen rendimiento y alto contenido de materia seca: 'Yema de Huevo' (46,29 % de MS), 'Clon 14' (43,98 %) y 'Quintalera enana' (41,22 %); esta es una característica importante con vistas a aumentar el uso industrial de la yuca en Cuba y un aspecto de interés para el programa de mejora genética del cultivo. Los resultados muestran la existencia de una variabilidad genética significativa y contribuyen a promover el uso de la biodiversidad autóctona de la yuca conservada en Cuba.

Palabras clave: yuca, caracterización agronómica, materia seca, variables cualitativas

M.Sc. Yoel Beovides García; Ms.C. Aymé Rayas Cabrera; M.Sc. Milagros Basail Pérez; M.Sc. Arletys Santos Pino, Investigadores Auxiliares; Dr.C. Jorge López Torres; Dr.C. Víctor R. Medero Vega, Investigadores Titulares; Daniel Rodríguez Pérez, Especialista del departamento de Biotecnología Vegetal; Dra.C. Marilys D. Milián Jiménez, Investigador Titular y M.Sc. Elianet Ruiz Díaz, Investigador Auxiliar del departamento de Mejoramiento y Recursos Genéticos; M.Sc. José A. Cruz Alfonso, Investigador Auxiliar del departamento de Fitotecnia y Semillas, Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT), Apdo 6, Santo Domingo 53000, Villa Clara; Dr.C. Orlando Coto Arbelo, Investigador Titular del Grupo de Mejoramiento y Manejo de Plantaciones, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT), Cuba.

✉ biomol.biotec@inivit.cu

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un arbusto perenne originario de Suramérica y difundido en muchos países de zonas tropicales y subtropicales de América, Asia y África, incluidas muchas islas del Pacífico. Es el cuarto producto básico más importante después del arroz, el trigo y el maíz, forma parte de la dieta básica de entre 800 y 1000 millones de personas en todo el mundo (1, 2) y es un cultivo rústico (3) particularmente importante en los suelos áridos o propensos a la sequía.

Este cultivo ha estado asociado a la pobreza o a niveles de desarrollo atrasados, quizás sea por esta razón que la yuca, al igual que todas las raíces y tubérculos, se considere un bien inferior, es decir, su consumo disminuye cuando aumentan los ingresos. Esta posición desconoce su importancia estratégica en la generación de ingresos y de empleo en el sector rural, en particular entre los pequeños y más pobres productores del trópico, con las implicaciones sociales y políticas que ello tiene. Según la FAO (4) la yuca podría ayudar a proteger la seguridad alimentaria y energética de los países pobres, afectados por los precios de los alimentos y del petróleo.

En Cuba, la yuca es un componente esencial en la alimentación y por ello es de gran interés el desarrollo de genotipos más productivos y mejor adaptados a las condiciones que imponen el cambio climático y las nuevas exigencias del mercado del siglo XXI. En la búsqueda de nuevos cultivares, el primer paso es conocer y explotar debidamente el patrimonio genético conservado.

Significativos resultan los avances existentes en la mejora genética de la yuca, mediante procedimientos convencionales y técnicas auxiliares^A (3, 5, 6). En ese sentido, la caracterización morfológica y agronómica de genotipos de importancia es trascendental para establecer programas eficientes para la mejora genética (7, 8). En Cuba, es necesaria la identificación de aquellos con potencial para la producción de alimentos^A y con amplios usos para la industria poco explotados.

La necesidad de profundizar en el conocimiento de la diversidad genética presente en varios genotipos de interés por su contenido de materia seca en las raíces, una característica importante para los mejoradores

del cultivo, motivó la realización de este trabajo con el objetivo de realizar la caracterización morfológica y agronómica de 50 cultivares cubanos con importancia para el mejoramiento genético del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL VEGETAL

Se estudiaron 50 accesiones procedentes de la colección cubana de germoplasma de Yuca que conserva el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) (Villa Clara, Cuba) (Tabla I).

En su selección fueron tomadas en cuenta evaluaciones morfológicas y agronómicas preliminares realizadas en ese germoplasma^B (6), así como los criterios de mejoradores y productores.

Para la caracterización de los cultivares fueron seleccionadas 39 variables cualitativas y cuantitativas (Tabla II) según los descriptores recomendados para la caracterización de la yuca (9).

Se plantaron en campo tres parcelas (de cinco surcos con ocho plantas a 0,90 x 1,0 m) de cada cultivar según un diseño de bloques al azar sobre un suelo Pardo sialítico con carbonatos (10); de cada parcela se evaluaron 15 plantas de los surcos centrales. La preparación de suelo y las atenciones culturales se realizaron según se establece en el Instructivo Técnico de la yuca (11). Teniendo en cuenta que todas las accesiones en estudio fueron colectadas y llevadas al germoplasma desde áreas de producción, se usarán indistintamente los términos 'cultivar' y 'accesión'.

^BRojas, A. K. Evaluación y selección de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para el deterioro fisiológico postcosecha. [Tesis de Ingeniería]. UCLV, Santa Clara, 2008, 78 p.

^ADr.C. Sergio Rodríguez Morales, comunicación personal.

Tabla I. Colección de trabajo de los 50 cultivares cubanos de yuca estudiados

| No. | Nombre | No. | Nombre | No. | Nombre |
|-----|--------------------------|-----|---------------------------|-----|-------------------------|
| 1 | 'Amarga' | 18 | 'Cayo Bejuco' | 35 | 'CPA Victoria de Girón' |
| 2 | 'Variegada' | 19 | 'CEMSA 74-6329' | 36 | 'CPA Juan González' |
| 3 | 'Agria' | 20 | 'Amarilla de C. de Ávila' | 37 | 'Selección Holguín' |
| 4 | 'Señorita' | 21 | 'Puerto Plata Oriental' | 38 | 'Yuca Amarilla' |
| 5 | 'Especial-A' | 22 | 'Yema de Huevo' | 39 | 'Crema-1' |
| 6 | 'Americana de Almidón' | 23 | 'Amarilla' | 40 | 'Jagüey Dulce' |
| 7 | 'Especial' | 24 | 'Jagüey Dulce' | 41 | 'Quintalera Enana' |
| 8 | 'Señora está en la mesa' | 25 | 'Cangreja' | 42 | 'Puerto Plata' |
| 9 | 'Enana Rosada' | 26 | 'Señora' | 43 | 'Africana' |
| 10 | 'Pinera' | 27 | 'CEMSA 74-725' | 44 | 'Negroncita' |
| 11 | 'Seda UC' | 28 | 'De Arroba' | 45 | 'Cogollo de Poma' |
| 12 | 'Holguinera' | 29 | 'CEMSA 74-110' | 46 | 'Señora ponga la mesa' |
| 13 | 'Mutación Jardín' | 30 | 'Especial del Cerrito' | 47 | 'INIVIT-Y-93-7' |
| 14 | 'Villareña' | 31 | 'Especial de Amaro' | 48 | 'INIVIT-Y-93-4' |
| 15 | 'Mutación Variegada' | 32 | 'Amarga del país' | 49 | 'INIVIT-Y-93-1' |
| 16 | 'New Orleans' | 33 | 'Variegada' | 50 | 'CEMSA 74-528' |
| 17 | 'Negroncita' | 34 | 'Clon 14' | | |

Tabla II. Variables cualitativas y cuantitativas incluidas en el estudio de la colección de trabajo de 50 cultivares cubanos de yuca

| Código | Descripción Variables cualitativas | Código | Descripción Variables cuantitativas |
|--------|---------------------------------------|--------|--|
| CHAP | Color de la hoja apical | LLOB | Longitud del lóbulo (central) (cm) |
| FLOC | Forma lóbulo central de la hoja | ALOB | Ancho del lóbulo central (cm) |
| CPEC | Color del peciolo de la hoja | LPEC | Longitud del peciolo (cm) |
| CCTA | Color de la corteza del tallo | ATPL | Altura total de la planta (m) |
| CETA | Color externo del tallo | APRA | Altura de la primera ramificación (m) |
| PPRA | Presencia de pedúnculo en raíz | NIRA | Niveles de ramificación |
| CERA | Color externo de la raíz | NECP | No. de estacas comerciales por planta |
| CCRA | Color de la corteza de la raíz | NRCP | No. de raíces comerciales por planta |
| CPRA | Color de la pulpa de la raíz | PRAC | Peso de las raíces comerciales (Kg) |
| TERA | Textura de la raíz | NRNC | Número de raíces no comerciales |
| CEPT | Color de la epidermis del tallo | PRNC | Peso de las raíces no comerciales (g) |
| CORA | Constricciones de la raíz | NRPO | Número de raíces podridas |
| CONE | Color de la nervadura de la hoja | GROT | Grosor del tallo (cm) |
| POPE | Posición del peciolo | CMS | Contenido de materia seca (%) |
| HRAM | Hábito de ramificación | | |
| FORA | Forma de las raíces | | |
| TPLA | Tipo de planta | | |
| PORA | Posición de las raíces | | |
| LMRA | Longitud media de la raíz | | |
| DMRA | Diámetro medio de la raíz | | |
| PBAP | Pubescencia del brote apical | | |
| PFLO | Presencia de flores | | |
| SPRA | Separación de la película de la raíz | | |
| SCRA | Separación de la corteza de la raíz | | |
| REFO | Retención del follaje | | |

Para la determinación del contenido de materia seca (CMS) a los 12 meses de sembrados, se tomaron al azar raíces comerciales sanas de cada accesión en las parcelas de campo. Las muestras se llevaron al laboratorio se lavaron, se pelaron y se fraccionaron en pequeños trozos para facilitar el proceso de secado; se pesaron 200 g (peso fresco) de raíces por accesión, las que posteriormente se secaron y se molinaron para llevar hasta peso constante (24-48h) en estufa a 85°C, y la diferencia peso fresco-peso seco se expresó en porcentaje; este es uno de los métodos más extendidos y asequibles para este tipo de análisis (12). Se calculó el promedio de tres repeticiones durante tres años consecutivos por genotipo; esto permitió la selección de genotipos con alto y bajo CMS.

ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA MEDIANTE VARIABLES CUALITATIVAS

La relación entre los cultivares a partir de las variables cualitativas se evaluó mediante un análisis de componentes principales para datos categóricos (CAPTCA Ver 1,1) con el paquete estadístico SPSS/PC⁺ ver. 15,0 lo que permitió identificar las variables de mayor contribución a la variabilidad.

ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA MEDIANTE VARIABLES CUANTITATIVAS

Con el objetivo de determinar las variables cuantitativas que más contribuyen a la variabilidad total en la colección, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) utilizando las herramientas del paquete estadístico SPSS/PC⁺ ver. 15,0. A partir de los resultados de ese ACP, y teniendo en cuenta las variables de mayor contribución a la variabilidad, se construyó el dendrograma correspondiente mediante la realización de un análisis de agrupamiento con el método de Ward y la distancia euclidiana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA MEDIANTE VARIABLES CUALITATIVAS

Del total de cultivares estudiados, solo 11 (22 %) presentan pubescencia en el brote apical (PBAP), este es un aspecto relevante pues a veces se asocia con la fertilidad y las posibilidades de polinización de las flores en un genotipo dado, y además, es un mecanismo de defensa contra el ataque de plagas

como los trips (13). El 48 % de las accesiones florece, aunque no todas llegan a formar frutos con semillas, una característica importante para la selección de progenitores con vistas a la mejora clásica y en la que deberá profundizarse en estudios posteriores. Todos los cultivares tienen un hábito de crecimiento del tallo (HCTA) recto y el lóbulo de la hoja (SLOB) liso. La mayoría de ellos (92 %) muestran cicatrices foliares (PCFO) prominentes y tienen poca retención del follaje (REFO) al momento de la cosecha (12 meses).

Aunque la creencia popular asocia la retención de follaje durante la cosecha con los mayores rendimientos, en este caso, se demuestra que sólo el cultivar 'INIVIT-Y-93-4' con REFO regular tiene altos rendimientos, incluso desde los ocho meses de la plantación.

Los descriptores de mayor variabilidad resultaron ser el color del pecíolo (CPEC), el color externo del tallo (CETA) y color externo de la raíz (CERA). Es conocido que las variables relacionadas con colores juegan un papel crucial en la diferenciación de clones y estas tuvieron una significación similar en investigaciones en el germoplasma de Ghana (7) y la India (14).

En esta colección de trabajo predominaron las raíces castaño oscuro (44 %) y blancas o crema (32 %), una característica que frecuentemente los consumidores asocian con la buena calidad en la cocción (3). Algunos autores consideran que el color de las raíces es económicamente significativo en las preferencias de consumo del cultivo por los productores (15), cuestión vinculada probablemente a su idiosincrasia y los gustos locales; importantes plantas productoras de alimentos como la yuca tienden a ser poderosos símbolos de identidad social y cultural (16).

El 78 % de las accesiones en estudio tienen hojas apicales verde claro, una característica que según diversos autores (17), junto al color de las flores, está entre los atributos de las plantas fácilmente observables, que pueden ser altamente heredables y que, por tanto, contribuyen a una discriminación rápida de fenotipos, y que se expresan en la misma forma en cualquier ambiente, y por tanto, constituye una característica varietal importante.

Del total de cultivares estudiados, 23 (46 %) tienen el color de la corteza del tallo (CCTA) verde claro, 20 (40 %) poseen pecíolos (CPEC) de color rojo y 19 (38 %) tiene tallos (CETA) castaño claro. En un estudio anterior en el germoplasma cubano de yuca (6) se afirma que la mayoría de sus clones tienen el pecíolo de la hoja de color verde y un 26,24 % de ellos lo tiene de color rojo-verde.

El análisis de componentes principales para datos categóricos (CAPTCA) con las variables cualitativas permitió discriminar aquellas que más contribuyen a la variabilidad, las que en tres dimensiones explican el 76,3 % de la varianza total. Resulta visible la ubicación de los cultivares estudiados en tres grandes grupos de acuerdo a sus características principales (Figura 1).

El primer grupo es el más pequeño, e incluye a siete cultivares con las hojas apicales (CHAP) de color verde claro, hábito de ramificación (HRAM) erecto y plantas tipo cilíndricas (TPLA); en ellos predomina la CCTA verde claro y tallos (CETA) castaño claro; en todos las raíces son de color blanco (CERA) y textura lisa (TERA) a excepción de la accesión 'Puerto plata' (42). Destaca aquí la coincidencia de los cultivares 'CEMSA 74-110' (29), 'CPA Victoria de Girón' (35) y 'Crema-1' (39) en diez de las once variables de mayor contribución a la variabilidad.

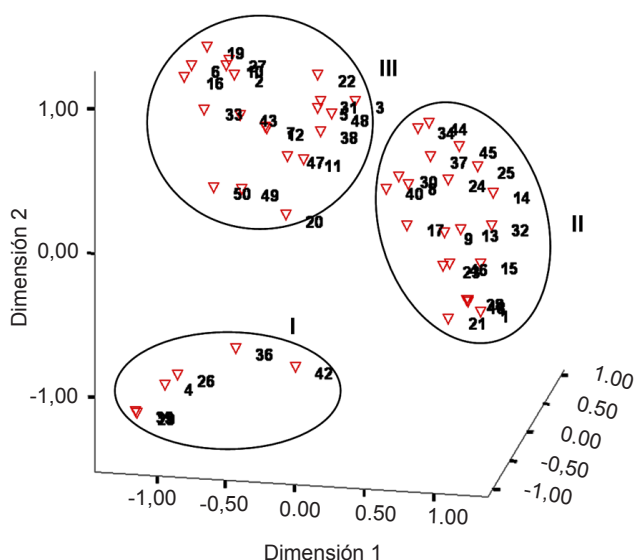


Figura 1. Representación gráfica de las 50 accesiones cubanas de yuca estudiadas como resultado del análisis de componentes principales para datos categóricos (CATPCA) para las variables cualitativas

El grupo II está formado por 22 cultivares, donde se incluyen todos los que presentan CETA naranja y castaño oscuro; todos presentan CERA castaño oscuro, excepto el clon 'Negroncita' (44) que las tiene castaño claro; la corteza de las raíces (CCRA) es generalmente rosada y aquí están las únicas dos accesiones con corteza roja ('Enana Rosada' (9) y 'Negroncita' (44)). Entre ellos están todos los que tienen la TERA rugosa (18 cultivares). En este grupo también es interesante la total coincidencia de los cultivares 'Cayo Bejuco' (18), 'De Arroba' (28) y 'Quintalera Enana' (41) en nueve de las once variables de mayor contribución a la variabilidad.

Veintiún cultivares con características muy diversas integran el tercer agrupamiento, entre ellos predomina el CHAP verde claro y verde rojizo con la excepción de las accesiones 'Americana de Almidón' (6, rojo) y 'INIVIT Y 93-1' (49, verde oscuro). En este grupo todos sus integrantes tienen CETA castaño

claro, cenizo o castaño oscuro, excepto las accesiones 'Cayo Bejuco' (18) y 'Amarilla de Ciego de Ávila' (20) (dorado); todos presentan raíces de TERA lisa o medianamente rugosa y HRAM tricotómico, excepto las accesiones 'Pintera' (10) y 'CEMSA 74-725' (27) que son tetracotómicos y Yema de huevo que es la única dicotómica de las estudiadas. Nueve tienen pecíolos de color (CPEC) rojo y en igual cantidad se concentran los que presentan CCTA verde claro u oscuro.

El empleo de variables cualitativas es útil en la caracterización de clones de yuca, permitiendo su discriminación en función de su expresión fenotípica, así lo demuestran estudios con 19 clones introducidos desde Colombia en Venezuela (18) y 65 accesiones de su germoplasma nacional (17).

Cualitativamente resultó muy interesante la alta correlación observada entre algunas de las variables evaluadas en esta colección de trabajo. Fue alta la correlación entre TERA y CERA ($r= 0,818$), CEPT y CERA ($r= 0,746$), CETA y CERA ($r= - 0,754$), CEPT y TERA ($r= 0,718$), CETA y CEPT ($r= - 0,820$) y entre TPLA y HRAM ($r= -0,997$). Estos resultados resultan muy interesantes para futuras aplicaciones en trabajos de mejora genética del cultivo.

ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA MEDIANTE VARIABLES CUANTITATIVAS

Las cuatro primeras componentes principales del análisis explicaron el 66,62 % de la varianza total lo que indica que probablemente la variabilidad está muy repartida entre todos los descriptores que representan la amplia diversidad de los cultivares en estudio.

La medida de adecuación muestral KMO (Keiser-Meyer-Olkin) justifica la pertinencia de la aplicación de un análisis de componentes principales (ACP) (KMO= 0,662); el cual luego de una reducción a las variables de mayor contribución permite que con tres componentes se explique el 71,3 % de la variabilidad total.

La mayoría de los clones estudiados aquí son el resultado de colectas realizadas en áreas de producción del cultivo de todo el país e incorporados al germoplasma conservado, por tal razón este resultado se corresponde con una tendencia común entre los productores: mantener un reducido número de cultivares de alta productividad y resistencia genética (19); y también en parte, a que las selecciones se basan en su respuesta destacada en varias de las variables evaluadas, algunas de las cuales son componentes del rendimiento en este cultivo. No obstante, la experiencia demuestra que entre los productores, más que el rendimiento se le da mayor importancia a otras características como la calidad culinaria, su precocidad, o incluso el color y forma de la raíz.

Al considerar las variables de mayor contribución detectadas mediante el ACP, se realizó un análisis de agrupamiento expresado en un conglomerado jerárquico con el método de Ward y la distancia euclidiana, donde se confirmó la amplia variabilidad de la colección de trabajo estudiada (Figura 2). Aquí también son evidentes tres grupos de clones, con la particularidad de que el primero y el tercero incluyen a su vez, dos subgrupos también interesantes.

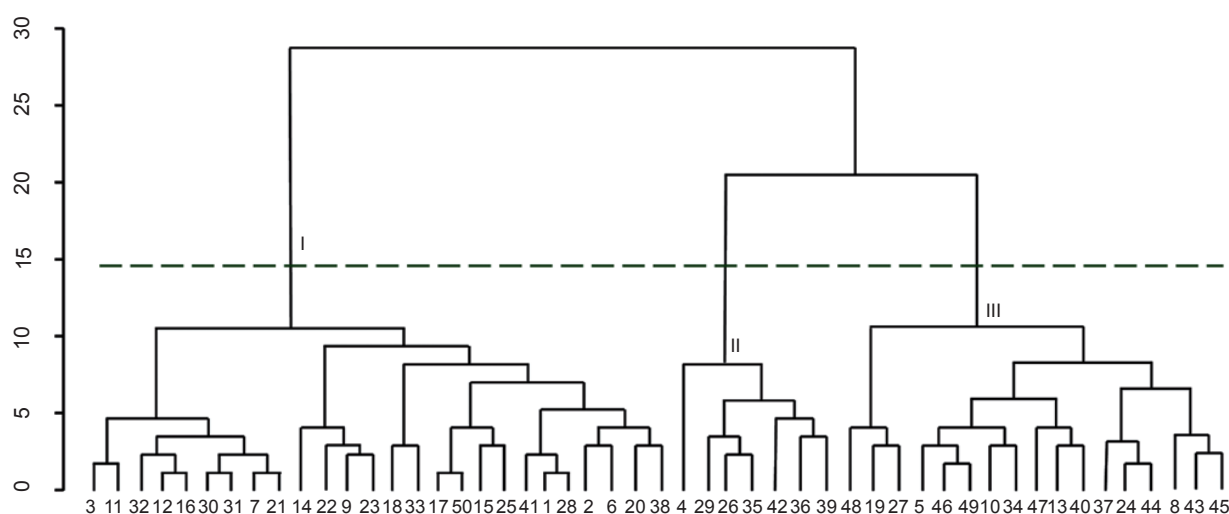


Figura 2. Resultado del análisis de agrupamiento mediante el método de Ward y la distancia euclidiana, a partir de las variables cuantitativas de mayor contribución a la variabilidad de las 50 accesiones cubanas de yuca estudiadas

El primer grupo es el más amplio y son visibles dos subgrupos; el primero de ellos con nueve de las 26 accesiones incluidas aquí, donde todas tienen tres niveles de ramificación (NIRA), excepto 'Especial del Cerrito' (30) con cuatro. Todas superan el 35 % de materia seca (siete más de 40 %), una altura total (ATPL) alrededor de los 2,5 m y entre tres y seis raíces comerciales (NRCP) con rendimientos que no superan las 23,9 t.ha⁻¹. El resto de los cultivares está en el segundo subgrupo e incluye los mayores contrastes de la muestra estudiada aunque todos ramifican con tres NIRA, excepto los cultivares 'Amarilla de C. de Ávila' (20) y 'Variegada' (33) que pueden hacerlo hasta cuatro veces y 'Cangreja' (25) que lo hace dos. Aquí están también los de mayor CMS (todos con más de 35 %, excepto 'Cayo Bejuco' (18) con 33,98 %), los de menor rendimiento, excepto 'Yema de Huevo' (22) que alcanza hasta 26,95 t.ha⁻¹ y tienen ATPL de 2,0-2,5 m.

El grupo más interesante es el segundo, también el más pequeño y donde están los siete cultivares de mayor altura, erectos o raramente ramificados, con mayor número y peso de raíces comerciales y están entre los de menor contenido de materia seca en las raíces. Se ubican aquí las accesiones: 'Señorita' (4), 'CEMSA 74-110' (29), 'Señora' (26), 'CPA Victoria de Girón' (35), 'Puerto Plata' (42), 'CPA Juan González' (36) y 'Crema-1' (39); ésta última con excelentes cualidades culinarias y productivas, ideales para ser introducido en la producción. Se sabe que la respuesta de la yuca en cuanto al número, peso y calidad de sus raíces o la ATPL, además de su componente genético, está muy vinculada a indicadores medioambientales como las lluvias, la temperatura o la luz (19).

Diecisiete cultivares diversos se relacionan en el grupo III, todos son ramificados con predominio de dos NIRA, ATPL entre 2,5-3,1 m y entre 13,0-16,0 estacas por planta. Se definen dos subgrupos de los cuales el primero tiene tres cultivares obtenidos en el INIVIT por mejoramiento 'INIVIT Y 93-4' (48), 'CEMSA 74-6329' (19) y 'CEMSA 74-725' (27), que tienen dos NIRA, pecíolos (LPEC) de longitud muy similar, así como valores muy cercanos de ATPL, APRA y número de estacas comerciales (NECP).

El segundo subgrupo lo conforman los cultivares de más alto punto de ramificación (APRA) y con mayor contraste (mayores y menores valores) en la ATPL, PRAC y el rendimiento, pero en cuanto a NRCP y al CMS son similares o superiores a la media de la colección de trabajo.

Los descriptores relacionados con la altura de la planta (ATPL), el número de estacas comerciales (NECP), la cantidad de raíces comerciales y su peso (NRCP y PRAC) y el grosor del tallo (GROT), son usualmente muy apreciados por productores y mejoradores por su contribución al rendimiento y a la calidad de la semilla, resultando por tanto significativamente valiosos cuando se trata de evaluar

o caracterizar una colección de trabajo de interés para el mejoramiento (3). En cuanto a la APRA, es un carácter importante desde el punto de vista agronómico ya que influye especialmente en la eficiencia de las labores de escarde y limpias (manuales, con bueyes o mecanizadas), así como las aplicaciones de herbicidas, durante los primeros 2-4 meses de la plantación.

El análisis de las variables cuantitativas permitió identificar accesiones con potencialidades para ser usadas en el consumo fresco o para la agroindustria. Los cultivares 'Crema-1' (32,3 t.ha⁻¹), 'Señora' (30,1 t.ha⁻¹) y 'CPA Victoria de Girón' (37,6 t.ha⁻¹) de porte erecto y raíces blancas, así como 'Cangreja' (24,9 t.ha⁻¹) y 'Puerto Plata' (25,8 t.ha⁻¹) de raíces castaño oscuro y poco ramificados, estuvieron entre los más aceptados para el consumo; los dos últimos en cosechas antes de los nueve meses. Las accesiones 'Yema de Huevo' (26,9 t.ha⁻¹; 45,8 % MS) y 'Clon-14' (26,4 t.ha⁻¹; 43,9 % MS) tienen alto potencial agroindustrial; el cultivar 'Cayo Bejuco' tiene la pulpa de la raíz de color amarillo, lo que sugiere la presencia de carotenos y por tanto, un mayor valor nutritivo y una contribución a mejorar indicadores de salud (20). Por sus implicaciones dietéticas, vale la pena profundizar en este tema con esta colección de trabajo en el futuro.

El rendimiento expresado por las accesiones en estudio está entre 19,01 y 43,52 t.ha⁻¹, son buenos y superan los hallados por Pérez (2010)^c cuando evaluó seis clones en la finca 'El Módulo' de Placetetas (Villa Clara, Cuba); a su vez, concuerdan con los reportados en Colombia por Damba (2008)^p que halló valores variables entre 18,5 t.ha⁻¹ y 37,2 t.ha⁻¹. Estos resultados confirman la variedad de respuestas productivas que se pueden encontrar en cada localidad o país en función de sus características edafoclimáticas, las atenciones agrotécnicas y del potencial productivo de cada cultivar en cuestión, lo cual se expresa luego en el rendimiento y sus componentes.

Es posible que en los resultados de este trabajo haya influido el hecho de que en la selección final de estos genotipos se tomaron en cuenta evaluaciones preliminares de ese germoplasma^B (5) y criterios de mejoradores y productores, pero todos alrededor de una misma característica: el contenido de materia seca. Por tales razones, a pesar de los puntos de coincidencia que pueden existir, la diversidad de ambientes de donde fueron colectadas sin dudas pudo haber contribuido a la diferenciación entre ellas. Al respecto se sabe que el cultivo de la yuca en el Caribe es muy antiguo, quizás desde el siglo XV entre los indios Taínos y que a la llegada de los españoles

^cPérez, B. Evaluación de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la Finca "El Módulo" de Placetetas. [Tesis de Ingeniería], Universidad Central de Las Villas (UCLV), Sede Placetetas, 2010, 42 p.

^pDamba, G. P. Evaluación de métodos para análisis de estabilidad en diferentes ambientes en genotipos de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, 2008, 94 p.

a Cuba era ampliamente usado por los indígenas que poblaban el país (21). Todo ello apoya la existencia de un proceso particular de diferenciación genética en la yuca cultivada de la isla.

Estos resultados ayudan a promover el uso de la biodiversidad conservada en Cuba e identifican nuevos clones productivos y de amplias potencialidades como alimento humano y animal. Razones por las cuales son muy importantes para futuros trabajos de mejora. Se sabe que los productores toman en cuenta varios factores antes de preferir uno u otro cultivar (22). En una investigación realizada en Uycali (INIEA Pucallpa, Perú), algunos autores determinaron que allí los agricultores inclinan sus preferencias principalmente hacia el aspecto agronómico y productivo, pero los principales criterios de selección se basan en el aspecto de la planta, forma de hoja, cantidad y tamaño de las raíces y color de la pulpa de ellas^E.

Un programa eficiente de mejoramiento requiere información sobre la dimensión y naturaleza de la biodiversidad existente dentro del germoplasma para caracterizar y determinar el potencial de sus cultivares. Así, las características morfológicas usadas con cautela, son útiles para su evaluación, porque ofrecen un acercamiento fácil y rápido sobre la magnitud de la diversidad (7). En general, constituyen la manera más cómoda de determinar la variación genética y junto a los caracteres agronómicos tienen gran valor para el mejoramiento y la selección de cultivares promisorios en yuca (19,23).

En ese sentido la yuca tradicionalmente cultivada, es de especial interés en estudios de variación genética, ya que puede revelar la historia del cambio genético y los posibles factores que conllevan a este; por consiguiente, es razonable concentrarse en ella en la búsqueda de caracteres deseables (3). Gracias a su amplia base genética, podrían ser muy útiles para facilitar la adición de características adaptativas y para resistencia a plagas y enfermedades en los procesos de mejoramiento, así como en la identificación de clones con mayor calidad nutritiva (24); todo ello gracias a que ellos proveen de una excelente fuente de genes. Hacia esa prioridad, amplios y diversos estudios se han realizado en los últimos años (25).

Los resultados demuestran la existencia de diversidad genética de utilidad en los 50 clones de yuca del germoplasma cubano evaluado, la que puede ser explotada en los programas de mejoramiento y selección de mejores clones para la producción.

Estudios similares con 58 accesiones del germoplasma de esta especie en la India, informan de la existencia de alta variabilidad genética (14). Este tipo de estudios también ha sido efectivo para el manejo racional del patrimonio conservado en otras

^ECollado, L. y Pinedo, R. Preferencias de los agricultores en la diversidad de yuca (*Manihot esculenta* Crantz): caso Nuevo Paraíso, Ucayali. [Informe CODESU]. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali (CODESU)/INIEA, Pucallpa (Perú), 2007, 13 p.

colecciones de germoplasma (14, 15, 26) y potencian su uso en el mejoramiento, especialmente mediante las técnicas moleculares (27, 28, 29).

La información generada con esta investigación resulta de utilidad en los esfuerzos de conservar esta biodiversidad y aumentar la eficiencia del programa de mejora genética de la yuca en Cuba mediante la caracterización de cultivares de alto potencial genético; también sugieren la necesidad de continuar profundizando en su conocimiento y empleo, tanto mediante la incorporación a la producción de cultivares de alto potencial de rendimiento como aquellos de alto contenido de materia seca en las raíces hacia un mayor uso agroindustrial de la yuca.

CONCLUSIONES

- ◆ Los 50 cultivares estudiados muestran la existencia de diversidad genética y características morfoagronómicas de interés que resultan útiles para el mejoramiento genético del cultivo.
- ◆ Los cultivares 'CPA Victoria de Girón', 'Crema-1' y 'Señora', pueden evaluarse para el consumo humano por su alto potencial productivo.
- ◆ Las accesiones 'Yema de Huevo' y 'Clon-14', de alto contenido de materia seca y buen rendimiento, tienen potencial para uso industrial.

RECOMENDACIONES

- ◆ Evaluar a escala de producción los cultivares de mayor potencial productivo ('Crema-1' y 'CPA Victoria de Girón'), y los de más alto contenido de materia seca ('Yema de Huevo' y 'Clon-14') con vistas a su futuro empleo con fines agroindustriales.
- ◆ Realizar estudios para la búsqueda de marcadores moleculares asociados a contenido de materia seca mediante técnicas de mejoramiento asistido.

REFERENCIAS

1. Lebot, V. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids. *Crop Production Science in Horticulture*. 17 Edition, CABI Publishing, Wallingford (United of Kingdom). 2009. 413 p.
2. Vásquez, A. y López, C. Identificación de polimorfismos en genes candidatos de resistencia en yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Acta Agron.*, 2012, vol. 61, no. 2, p. 133-142.
3. Ceballos, H.; Hershey, C. y Becerra, L. A. New Approaches to Cassava Breeding. In: *Plant Breeding Reviews*, First Edition. Jules Janick (ed.). Wiley-Blackwell. John Wiley & Sons, Inc. (EE.UU), 2012. vol. 36, p. 427-504.
4. FAO. Yuca para la seguridad alimentaria y energética. [Informe Conferencia Mundial sobre la Yuca], Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Gante Bélgica. 2008. 27 p.

5. Ferguson, M.; Rabbi, I.; Kim, D. J.; Gedil, M.; Becerra, L. A. y Okogbenin, E. Molecular markers and their application to cassava breeding: past, present and future. *Trop. Plant Biol.*, 2012, no. 4, p. 95-109.
6. Milián, M. D.; Sánchez, I.; Rodríguez, S.; Ramírez, T.; Cabrera, M.; Medero, V.; Guerra, D. y Guerra, D. Caracterización, evaluación y conservación de la colección cubana de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). En: Cassava Biotechnology: IV Internacional Scientific Meeting-CBN, Noviembre 3-7, 1998: Brasilia (Brasil), LJC B Carvalho, AM Thro y A. D. Vilarinhos (eds.). EMBRAPA-Recursos Genéticos e Biotecnologia (Brasil), 2000. p. 118-128. ISBN 85-87697-05-6.
7. Asare, P. A.; Galyun, I. K. A.; Sarfo, J. K. y Tetteh, J. P. Morphological and molecular based diversity studies of some cassava (*Manihot esculenta* Crantz) germplasm in Ghana. *Afr. J. Biotech.*, 2011, vol. 10, no. 63, p. 13900-13908.
8. Turyagyenda, L. F.; Kizito, E. B.; Ferguson, M. E.; Baguma, Y.; Harvey, J. W.; Gibson, P.; Wanjala, B. W. y Osiru., D. S. O. Genetic diversity among farmer-preferred cassava landraces in Uganda. *Afr. Crop Sci. J.*, 2012, vol. 20, no. 1, p. 15-30.
9. Fukuda, W. M. G.; Guevara, C. L.; Kawuki, R. y Ferguson, M. E. Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. [en línea]. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) (ed), Ibadan, Nigeria. 2010, 19 p. [Consultado: 18/09/2011]. Disponible en: <http://www.iita.org/c/document_library/get_file?uuid=4530a72e-917d-4801-9239-cb0ee3a4dd4e&groupId=25357>.
10. Hernández, A.; Pérez, J. M. y Bosch, I. D. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ciudad de la Habana (Cuba): AGROINFOR, 1999. 64 p.
11. MINAG (Ministerio de la Agricultura). Instructivo Técnico sobre el Cultivo de la Yuca. Castellanos, P. (ed.). Ciudad de La Habana (Cuba): SEDGRI/AGRINFOR, 2008. 18 p.
12. Aigbe, S. O. y Remison, S. U. The influence of root rot on dry matter partition of three cassava cultivars planted in different agro-ecological environments. *Asian J. Plant Pathol.*, 2010, vol. 4, p. 82-89.
13. Ceballos, H. y De la Cruz, A. Taxonomía de la yuca. En: La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Publicación CIAT No. 327. Centro Internacional de Agricultura Tropical/ Consorcio Latinoamericano y del Caribe de apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca. Cali, Colombia. 2002. p. 16-32.
14. Raghu, D.; Senthil, N.; Saraswathi, T.; Raveendran, M.; Gnanam, R.; Venkatchalam, R.; Shanmugasundaram, P. y Mohan, C. Morphological and Simple Sequence Repeats (SSR) based fingerprinting of South Indian Cassava Germplasm. *Int. J. Integr. Biol.*, 2007, vol. 1, no. 2, p. 141-148.
15. Akparobi, S. O.; Eruetor, P. G. y Enujeke, E. C. Screening cassava clones in two agro-ecological zones of Nigeria for tuberous root colour. En: Proceedings of the 31st Annual Conference of the Genetics Society of Nigeria: NACGRAB, SA Olakojo, BA Ogunbodede, SR Akande (eds), Ibadan (Nigeria), 2006, p. 86-90.
16. Columbia Encyclopedia. The Columbia Electronic Encyclopedia, Sixth Edition. Columbia University Press, Copyright © 2011. [Consultado: 15/11/2011]. Disponible en: <<http://www.cc.columbia.edu/cu/cup/>>.
17. Demey, J. R.; Zambrano, A. Y.; Fuenmayor, F. y Segovia, V. Relación entre caracterizaciones molecular y morfológica en una colección de yuca. *Interciencia*, 2003, vol. 28, no. 12, p. 684-689.
18. Marín, A.; Perdomo, D.; Alabarrán, J. G.; Fuenmayor, F. y Zambrano, C. Evaluación agronómica, morfológica y bioquímica de clones élite de yuca a partir de vitroplantas. *Interciencia*, 2008, vol. 33, no. 5, p. 365-371.
19. Folgueras, M.; Herrera, L.; Rodríguez, S. y Maza, N. Identificación del alcance y magnitud de las pudriciones radicales en yuca (*M. esculenta* Crantz) en diferentes regiones edafoclimáticas de Cuba. *Centro Agrícola*, 2010, vol. 37, no.4, p. 19-24.
20. Vimala, B.; Thushara, R.; Nambisan, B. y Sreekumar, J. Effect of processing on the retention of carotenoids in yellow-fleshed cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2011, vol. 46, p. 166-169.
21. Vázquez, M. Alimentos esenciales en la cocina cubana: boniato, yuca y maíz. [en línea]. La Habana (Cuba): Cubasolar, mayo 2010 [Consultado: 07/04/2011]. Disponible en: <<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia43/HTML/Articulo11.html>>.
22. Benesi, I. R. M.; Labuschagne, M. T.; Herselman, L. y Mahungu, N. Ethnobotany, morphology and genotyping of cassava germplasm from Malawi. *J. Biol. Sci.*, 2011, vol. 10, p. 616-623.
23. Raji, A. A.; Ladeinde, T. A. O. y Dixon, A. G. O. Agronomic traits and tuber quality attributes of farmer grown cassava landraces in Nigeria. *J. Trop. Agr.*, 2007, vol. 45, no.1-2, p. 9-13.
24. Akinwale, M. G.; Akinyele, B. O.; Dixon, A. G. O. y Odiyi, A. C. Genetic variability among cassava genotypes in three agro-ecology zones of Nigeria. African Crop Science Society. 2009, vol. 9, p. 541-546. ISSN 1023-070X.
25. Sánchez, T.; Mafla, G.; Morante, N.; Ceballos, H.; Dufour, D.; Calle, F.; Moreno, X.; Pérez, J. C. y Deboucq, D. Screening of starch quality traits in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Starch-Starke.*, 2009, vol. 61, p. 12-19.
26. Collett, K. y Gale, Ch. Training for Rural Development: Agricultural and Enterprise Skills for Women Smallholders [en línea]. City & Guilds (Centre for Skills Development): Clay, S. (ed), 2009, 78 p. [Consultado: 18/09/2011]. Disponible en: <<http://www.skillsdevelopment.org/T4RD>>.
27. Frankham, R.; Ballou, J. D.; Eldridge, M. D.; Lacy, R. C.; Ralls, K.; Dudash, M. R. y Fenster, C.B. Predicting the probability of out-breeding depression. *Coserv. Biol.*, 2011, vol. 25, no. 3, p. 465-475.
28. Rafalski, J. A. Association genetics in crop improvement. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 2010, vol. 13, no. 2, p. 174-180.
29. Hall, D.; Tegstromy, C. e Ingvarsson, P. K. Using association mapping to dissect the genetic basis of complex traits in plants. *Brief. Funct. Genom.*, 2010, vol. 9, p. 157-165.

Recibido: 14 de enero de 2013

Aceptado: 7 de mayo de 2013