

Caracterización morfológica y agronómica de un banco de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Rommel León¹, Delia Polanco², Pedro Zárraga², Marisela Zambrano², Elymar Ramos², Dinaba Perdomo² y Arelys Marín²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas-Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Maracay. Aragua. Venezuela

²Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, apdo. 4579. Maracay 2101, Aragua. Venezuela

RESUMEN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es vulnerable a la erosión genética, por lo que se hace necesario evaluar y mantener su diversidad en bancos de germoplasma. Con el fin de caracterizar, tanto morfológica como agronómicamente, el banco de germoplasma de yuca de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela se evaluaron 101 clones a los tres, seis y nueve meses después de la siembra, utilizando los descriptores del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos para las variables morfoagronómicas. Estas variables fueron analizadas a través del método de componentes principales. Las características que presentaron mayor variabilidad fueron cobertura, altura de planta y primera ramificación, diámetro del tallo, nivel y ángulo de primera ramificación, área foliar y longitud del pecíolo, color de follaje y tallo, longitud, diámetro, dirección, desprendimiento de corteza y felodermis, número y peso total y comercial, forma, peso de corteza y pulpa y longitud del pedúnculo de las raíces. Se identificaron ocho clones con potencialidades para producción de follaje y seis para producción de raíces para consumo fresco e industrial.

Palabras clave: germoplasma, ideotipo, *Manihot esculenta* Crantz, descriptores morfológicos y agronómicos, yuca.

Morphological and agronomical characterization of a cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) germplasm bank

ABSTRACT

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is vulnerable to genetic erosion, so it is necessary to evaluate and maintain its diversity in genebanks. To characterize the morphological and agronomic cassava germplasm bank of the Faculty of Agronomy of the Universidad Central de Venezuela, 101 clones were evaluated at three, six and nine months after planting, using the International Plant Genetic Resources Institute descriptors for morphological and agronomic variables. These variables were analyzed using the principal components method. The characteristics that presented the greater variability were coverage, plant height and first branch height, stem diameter, and angle of the first level branch, leaf area and petiole length, color of foliage and stem length, diameter, direction, bark detachment and felodermis, number and total weight and commercial, shape, weight of bark and pulp and peduncle length of the roots. Eight clones were identified with potential for foliage production and seven for root production for fresh and industrial consumption.

Key words: germplasm, ideotype, *Manihot esculenta* Crantz, morphological and agronomic descriptors, cassava.

*Autor de correspondencia: Rommel León

E-mail: rleon@inia.gob.ve

INTRODUCCIÓN

Es creciente la demanda de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para ser utilizada en alimentos procesados, alimentación animal, bioetanol, almidón y sus derivados y para muchas otras aplicaciones industriales; adicionalmente presenta ventajas en comparación con el resto de los cultivos adaptados al trópico y diversidad de mercado (Montaldo, 1996). Además, tiene importancia socioeconómica y cultural, por ser un rubro cultivado en su mayoría por pequeños productores (Polanco, 1998).

La yuca es una de las principales plantas alimenticias del mundo, con una producción mundial que alcanza las 160 millones de toneladas por año y es cultivada principalmente en tres regiones: África, en la zona tropical de Sur América y en el Sur y Sureste de Asia. Este cultivo se siembra en más de 60 países, siendo para éstos, una de las principales fuentes energéticas (Fuenmayor *et al.*, 2005). Históricamente ha sido un cultivo de agricultores de pequeña escala y en años recientes en plantaciones de mayor área (Fuenmayor *et al.*, 2005); constituye un alimento para más de 500 millones de personas en el mundo, y en Venezuela se ubica como uno de los cultivos dentro del renglón de raíces y tubérculos con el mayor consumo per/capita/año, producción y superficie cosechada (Fedeagro, 2012). Se ha señalado que cada año desaparecen de la tierra unas 17.500 especies de animales y vegetales, e incluso se espera que la destrucción afectará en el año 2050 a casi el 40% del patrimonio natural del planeta (Eroski Consumer, 2001). La yuca es también vulnerable a esta disminución de la diversidad genética. Sobre este aspecto, Nassar (2012) menciona que en el periodo 1978-1998 se perdieron seis especies de *Manihot*. En tal sentido, es necesaria la recolección o formación de colecciones de clones de yuca o bancos de germoplasma, para evaluarlos y caracterizarlos, mediante el uso de descriptores definidos, que permiten así la sistematización de los caracteres estudiados en todos los clones (Fuenmayor *et al.*, 2005).

En Latinoamérica, existen dos bancos de germoplasma importantes: el CIAT, Colombia y en EMBRAPA, Brasil (Crop Genebank, 2013). En Venezuela, las colecciones de variedades y clones de yuca existentes en los bancos de germoplasma constituyen la base de los programas de mejoramiento genético de este rubro. Así, en vista de la importancia de coleccionar, conservar, caracterizar y evaluar el germoplasma, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela mantiene actualmente cinco bancos de germoplasma de yuca, ubicados en: INIA-Anzoátegui, INIA-Barinas, INIA-CENIAP (Centro Nacional de Investigaciones

Agropecuarias, Aragua), INIA-Monagas e INIA-Zulia. En la actualidad en el banco de germoplasma del CENIAP se mantienen 191 clones en campo, y de estos, 34 clones en el banco de germoplasma *in vitro*, los cuales están siendo caracterizados a través de descriptores bioquímicos, moleculares y morfológicos (Fuenmayor *et al.*, 2005).

Por su parte, la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (FAGRO-UCV) cuenta actualmente con 293 entradas de yuca en su banco de germoplasma, parcialmente caracterizado. En este sentido, Fuenmayor (2006) agrupó y clasificó estos germoplasma de acuerdo al grado de toxicidad: no tóxicos los que presentan concentraciones de cianuro < 50 ppm, moderadamente tóxicos aquellos con valores entre 50-100 ppm y muy tóxicos aquellos con concentraciones \geq a 100 ppm. Entre los resultados más relevantes se obtuvieron: 8 clones tóxicos; 28 moderadamente tóxicos y 130 muy tóxicos. Adicionalmente, Quiroz (2006) encontró para la variable contenido de cianuro en raíces y basado en lo expuesto por Fuenmayor (2006), que 65 clones fueron no tóxicos, 17 moderadamente tóxicos y 31 tóxicos.

El objetivo de este estudio fue caracterizar morfológica y agronómicamente la colección del banco de germoplasma de yuca de FAGRO-UCV.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el Campo Experimental del Instituto de Agronomía de la Facultad de Agronomía (FAGRO), de la Universidad Central de Venezuela (UCV), en clima seco tropical, latitud 10° 15' N, longitud 67° 36' 0", altura 450 msnm, precipitación promedio anual 1179,2 mm.

Material vegetal y manejo agronómico

Se estudiaron 101 clones de la colección de yuca de FAGRO-UCV. Para la preparación del terreno, se realizaron tres pases de rastra y uno de surcadora. Posteriormente, se plantaron dos hilos con ocho estacas cada uno, de aproximadamente 20 cm de longitud. Las estacas fueron tratadas previamente con Parathion a razón de 15 mL durante un período de 5 min. El riego de asiento se realizó inmediatamente después de la siembra y posteriormente cada ocho días durante los cuatro primeros meses del cultivo, prolongándose posteriormente cada 15 días.

Para el combate de plagas se aplicó Dominex (1mL) y Difos (25 mL/asperjadora), mientras que

para las malezas, en pre-emergencia, se aplicó Rindex (Glifosan) y Pendimentalina+Gramoxone, con una dosis de 110 mL/asperjadora cada uno. A los 21 días de plantación (post-emergencia), se aplicó Rindex y Gramoxone (80 mL/ asperjadora de cada uno) y a los 75 días se aplicó Gramoxone (80 mL/ asperjadora, dirigido a los callejones). Se hicieron limpiezas manuales a los 30, 75 y 120 días hasta llegar hacerse permanentemente y dirigidas por bloque.

La fertilización fue realizada a los tres meses usando el fertilizante foliar Manvent (15 g/asperjadora), junto con el insecticida Difos (100 mL/asperjadora), y la cosecha se realizó manualmente a partir de los 11 meses.

Selección de los descriptores: Los descriptores usados fueron los recomendados por el Consejo Internacional para los Recursos Fitogenéticos (IPGRI) de acuerdo a lo señalado por Gulick *et al.* (1983).

Caracterización morfo-agronómica y culinaria: los descriptores utilizados, la edad, la forma y el número de repeticiones de las evaluaciones se muestran en el Cuadro 1.

Variabilidad entre los clones: La información se transcribió en el programa Excel y luego se seleccionaron los descriptores con la mayor variabilidad usando el análisis multivariado de componentes principales (Pla, 1986).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización del banco de germoplasma de yuca

Caracteres cuantitativos

El Cuadro 2 muestra los descriptores más variables a los nueve meses (longitud del pedúnculo, peso total, número total, peso comercial y número de raíces). Por su parte, Fuenmayor *et al.* (2005) caracterizaron agrónomicamente tallos y raíces sobre los clones existentes, generando una base de datos, donde se dispone de información de 21 características cuantitativas.

a) Parte aérea

Los clones evaluados de la colección presentaron la característica de porte bajo a los tres meses, debido a que no habían expresado su máximo potencial y a los seis meses el 25,7% de los clones alcanzaron una altura de planta de porte intermedio y sólo 2% de porte alto para las primeras ramificaciones, con un valor máximo de 147,33 cm (clon 2477). Así mismo, señala Marín *et al.* (2008) en el banco de germoplasma de yuca con introducciones del CIAT-Colombia, la presencia de portes de bajos a intermedios. Montaldo (1972)

agrupa la escala para las alturas de las plantas en: bajos (menores a 1,5 m), intermedios (1,50 a 2,5 m) y altos (más de 2,5 m). La altura de la primera ramificación la clasifica en: bajos (hasta 0,5 m), intermedio (0,5 a 1 m) y alto (más de 1 m). Ambas variables son aspectos de interés para el manejo agronómico, prefiriéndose plantas con portes intermedios para facilitar las labores culturales.

En el Cuadro 2 se presentan los valores de diámetro del tallo, donde se observa que las entradas evaluadas tendieron a ser de tallos delgados y con valores máximos a los tres y seis meses de edad de 20,13 y 21,27 mm respectivamente (clon 2699). Montaldo (1972) agrupa al diámetro del tallo en tres clases: delgado (menor a 20 mm), intermedio (20-40 mm) y grueso (más de 40 mm). Este carácter es importante ya que está asociado directamente con un alto rendimiento de raíces reservantes (Ceballos y De la Cruz, 2002).

Las entradas evaluadas presentaron una cobertura promedio de 64,35 y 57,41 cm, con valores máximos de 88,33 y 99,67 cm a los tres y seis meses, respectivamente (clones 2726, 2733 y 2477); mientras que el área foliar mantuvo valores de 209,39 cm² en promedio con un máximo de 389,95 cm² (clon 2761), por lo que podrían ser materiales promisorios para la alimentación animal.

Los caracteres cuantitativos aéreos más importantes fueron la cobertura y el área foliar, debido a que el follaje de yuca tiene un alto potencial para la producción de proteína con valores nutritivos significativos, lo que permite ser suministrado a los animales en forma fresca o como heno (Preston *et al.*, 2012). En los clones estudiados se presentó una frecuencia del 30% y 41% para un solo nivel de ramificación a los tres y seis meses de edad del cultivo respectivamente, característica no deseable. Sin embargo, Polanco (1998) señala en el mismo banco en diferentes entradas a las evaluadas en este trabajo, una mayor frecuencia para los niveles dos y tres de ramificación, lo que indica que el banco pudiera suplir de materiales con esa arquitectura. Lo deseable para la arquitectura de la planta de yuca es un alto número de ramificaciones, pero de ángulo de inserción cerrado, lo que proveerá de tallos para las estacas, y no dificultará el manejo agronómico del cultivo (Montaldo, 1996; CLAYUCA, 2012b).

b) Parte subterránea ó radicular

Los clones presentaron raíces con pesos totales que oscilaron entre 0,3 y 4,66 kg/planta y con valores máximos de raíces comerciales de 3,66 kg/planta (clon 2723), lo que indica que en general la colección de yuca estudiada presentó buenos rendimientos, ya que el promedio nacional se encuentra entre 1 y 3 kg/

Cuadro 1. Descriptores utilizados para la caracterización morfológica de las 101 entradas de la colección de yuca de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (FAGRO-UCV).

Descriptor	Edad del cultivo (mes)	Forma de la medición	Número medición/ clon
Cobertura (cm.)	3 y 6	Diámetro de la copa.	3
Altura de planta (m)	3 y 6	De parte basal a parte apical del tallo.	3
Nivel de 1ra ramificación	3 y 6	Número de ramificaciones.	3
Altura de 1ra ramificación (cm)	3 y 6	De parte basal a inserción de 1ra ramificación.	3
Ángulo de 1ra ramificación	3 y 6	Con escala preformada de ángulos.	3
Diámetro del tallo (cm)	3 y 6	En el tercio medio de planta con vernier.	3
Área foliar (cm ²)	3 y 6	En equipo LICOR, modelo LI 3000 A, portable área meter	9
Longitud del peciolo (cm)	3 y 6	Desde inserción a parte distal.	9
Angulo del peciolo	3 y 6	Con escala preformada de ángulos	3
Peso fresco total de raíz (kg)	9-10	Total raíces por planta.	3
Número de raíces totales	9-10	Número total de raíces/planta	3
Número de raíces comerciales	9-10	Raíces 20 cm. de longitud y 4 cm de diámetro	3
Longitud de raíz (cm)	9-10	Desde parte apical hasta parte distal de raíz	4
Diámetro de raíz (cm)	9-10	Con vernier en parte media.	4
Longitud del pedúnculo (cm)	9-10	En raíces comerciales	6
Peso fresco de corteza (g)	9-10	100 g de raíz, se pela y pesa	3
Peso fresco de pulpa (g)	9-10	100 g de raíz sin corteza	3
Color de brotes	3 y 6	Observación visual	3
Pubescencia de los brotes	3 y 6	Observación visual	3
Color del follaje	3 y 6	Observación visual en el 2º tercio de planta	3
Color de nervaduras	3 y 6	Observación visual en el 2º tercio de planta	3
Forma del lóbulo central	3 y 6	Observación visual en el 2º tercio de planta	3
Color del peciolo	3 y 6	Observación visual en el 2º tercio de planta	3
Pigmentación del peciolo	3 y 6	Observación visual en el 2º tercio de planta	3
Color tallo	3 y 6	Observación visual en el 2º tercio de planta	3
Pigmentación del tallo	3 y 6	Observación visual en el 2º tercio de planta	3
Prominencias del tallo	6	Observación visual en el 2º tercio de planta	10
Presencia de flores	6	Observación visual	10
Color de sépalos	6	Observación visual	10
Color de estigma	6	Observación visual	10
Color de ovario	6	Observación visual	10
Color de anteras	6	Observación visual	10
Presencia de polen	6	Observación visual	10
Presencia de frutos	6	Observación visual	10
Forma de raíz	9-10	Observación visual	3
Constricciones en la raíz	9-10	Observación visual	3
Dirección de raíces	9-10	Observación visual	3
Textura de la superficie de raíz	9-10	Tacto de superficie	3
Color de corteza externa	9-10	Observación visual	3
Color de felodermis	9-10	Observación visual	3
Sabor de raíces cocinadas	9-10	Después de 20 min de cocción	3
Desprendimiento corteza externa	9-10	Utilizando objeto cortante	3
Desprendimiento felodermis	9-10	Desprendimiento con raspado	3
Textura después de cocción	9-10	Grado de ablandamiento	3
Plagas y enfermedades	3-10	Durante todo el ciclo	16

Cuadro 2. Promedio y medidas de dispersión de las variables cuantitativas de 101 entradas del banco de germoplasma de yuca de FAGRO-UCV.

Variable	Promedio	s	CV	Moda	Máximo	Mínimo
Tres meses						
Cobertura (cm)	64,35	12,45	19,35	60	88,33	41,67
Altura (cm)	74,57	20,87	27,98	60	131,33	37,00
Altura de 1ra ramificación (cm)	18,72	31,51	168,29	0	99,67	0,00
Diámetro del tallo (mm)	13,27	3,37	25,39	12,5	20,13	0,97
Area foliar (cm ²)	209,39	78,34	37,41	309,6	389,95	86,82
Longitud del peciolo (cm)	25,82	5,79	22,44	23,33	44,78	16,67
Seis meses						
Cobertura (cm)	57,41	14,30	24,91	54	99,67	34,67
Altura (cm)	132,66	28,13	21,20	124	226,00	74,00
Altura de la 1a ramificación (cm)	46,83	40,22	85,89	0	147,33	0,00
Diámetro del tallo (mm)	15,71	3,32	21,16	16,7	21,27	10,30
Longitud del peciolo (cm)	18,57	4,06	21,89	16,67	29,67	12,11
Nueve meses						
Longitud de la raíz (cm)	24,22	6,77	27,96	24,67	41,11	14,33
Diámetro de la raíz (cm)	44,70	11,68	26,14	40,2	7,10	27,68
Longitud del pedúnculo de la raíz (cm)	2,37	2,31	97,77	0	7,44	0,00
Nº raíces totales	5,41	2,61	48,30	4	14,00	1,00
Nº raíces comerciales	1,83	1,80	98,16	0	8,00	0,00
Peso total de las raíces (g)	1643,71	1217,54	74,07	500	4666,67	300,00
Peso comercial de las raíces (g)	1000,99	1119,06	111,80	0	3666,67	0,00
Peso de la corteza de las raíces (g)	20,509	5,9702	29,11	20,374	62,129	5,0787
Peso de la pulpa de las raíces (g)	70,604	11,484	16,26	79,626	87,424	42,778

planta, en base a la densidad poblacional que oscila entre 10000 a 12000 plantas/ha (Fedeaagro, 2012). Sin embargo, es importante mencionar que en la colección, el valor que más predominó (moda), para el número y peso de raíces comerciales fue cero, indicando que un grupo de clones presentan problemas para la producción de raíces para consumo fresco. Estos datos concuerdan con los reportados por Polanco (1998) quien encontró valores de raíces totales de 0-14 y 0-8 raíces comerciales. Por su parte, Marín *et al.* (2008) observaron 47,84% de los clones con raíces comerciales y con valores máximos de 4-5. En consecuencia, se debería caracterizar y evaluar estos clones en otras regiones del país, con la finalidad de encontrar respuestas a este comportamiento.

La Empresa Brasileña de Pesquisa Agropecuaria (Fukuda, 1988) agrupa a las raíces de yuca según la longitud y diámetro, de la siguiente manera: longitud corta, menor que 20 cm; longitud intermedia, 20-30 cm; longitud larga, mayor a 30 cm; diámetro corto, menor a 5 cm; diámetro intermedio, 5-8 cm y diámetro largo, mayor a 8 cm. En este sentido, convienen para el consumo fresco aquellas raíces entre 20 y 30 cm de largo y de diámetros intermedios (más de 4 cm), encontrándose en la colección el 68,31% de los clones con raíces comerciales y con valores máximos de 41,11 y 7,10 cm, para la longitud y diámetro de la raíz, respectivamente (clon 2746) como se observa en el Cuadro 2.

Con respecto al peso de la pulpa, convienen clones con alto peso, y en este sentido se encontraron valores en promedio de 70,6 g para la pulpa, sobresaliendo el clon 2766 con 87,42 g. El largo del pedúnculo es una característica de interés comercial. Cuando es corto dificulta el proceso de separación de las raíces tuberosas del tallo y cuando el pedúnculo es largo, se rompe más fácilmente, y la raíz de interés comercial permanece en el suelo (CLAYUCA, 2012a; Ceballos y De la Cruz, 2002), por lo que convienen longitudes intermedias.

Caracteres cualitativos

Fuenmayor *et al.* (2005) utilizaron 21 caracteres cualitativos, con la finalidad de identificar cada clon, y así detectar posibles duplicaciones en el material colectado y poder seleccionar clones de interés agronómico en el Campo Experimental del CENIAP.

a) Parte aérea

La pubescencia en la hoja es un aspecto relevante, ya que está estrechamente relacionada con la resistencia a plagas (CLAYUCA, 2012b; Ceballos y De la Cruz, 2002). Los clones presentaron poca pubescencia con una frecuencia de aparición de 60,4 y 63,4% a los tres y seis meses, respectivamente.

Estos valores concuerdan con los señalados por Marín *et al.* (2008), donde se observa el 86,66% de los clones con presencia de pubescencia. A los tres meses se presentó un ataque severo de ácaros, *Mononychelus progresive* (Doreste), en el 92,1% de los clones, hojas deformes y agallas para los tres y seis meses de edad, respectivamente, y presencia de mosca blanca (Cuadro 3).

Las prominencias son las encargadas de la protección de las yemas en las estacas (Polanco, 1998), pero cuando son muy prominentes provocan problemas en los cortes de las estacas, por lo que se prefieren aquellas que sean moderadamente prominentes. El banco presentó 76,2% de prominencias moderadas, en concordancia con los resultados de Polanco (1998) en este banco de germoplasma.

Actualmente, en el mejoramiento de yuca se prefieren clones de lóbulos lineales, de menor área foliar específica expuesta, disminuyendo así la incidencia de plagas y enfermedades (Polanco, 1998). En el banco de germoplasma se encontró sólo el 4% de este tipo de hojas (clones 2704; 2721; 2779 y 2723) y predominó la forma lanceolada con un 91,1%. Resultados similares obtuvo Acosta (1994), en el banco de germoplasma de FAGRO-UCV, donde la forma lanceolada estuvo presente en un 89,9% y Marín *et al.* (2008) con el 86,66% de hojas de tipo lanceolada.

b) Parte subterránea o radicular

Montaldo (1996) y Sánchez y Alonso (2002) afirman que se prefieren clones con buena calidad de la masa cocida, cocimiento rápido y de sabor de tipo dulce. En la colección sólo el 18,8% de los clones presentaron textura suave y dulce (clones 2683, 2684, 2685, 2706, 2736, 2737, 2762, 2787, 2819, 2822, 2827, 2710, 2723, 2793, 2753, 2780, 2795, 2796 y 2746).

Se prefieren clones con facilidad de desprendimiento de la corteza y felodermis, pulpa blanca y superficie lisa (Montaldo, 1996; Marín *et al.*, 2008). Entre los clones estudiados, se encontró

un 96 y 92,1% de fácil desprendimiento de corteza y felodermis, respectivamente, 33,7% de superficie lisa, y 53,5% de felodermis blanca (Figuras 1 y 2). Caso contrario observaron Marín *et al.* (2008), reportando difícil desprendimiento de felodermis en un 93,33%. El banco de germoplasma cuenta con un 94,1% de raíces sin constricciones y 2,6% de clones de forma cónica-cilíndrica, características requeridas por la industria (Acosta, 1994).

Con respecto a la dirección de crecimiento de las raíces, estas pueden ser horizontales, irregulares y verticales, prefiriéndose las dos primeras (Montaldo, 1991). En la colección bajo estudio, predominó la dirección horizontal con el 67,3%, valor que se diferencia del trabajo de Polanco (1998), donde prevaleció la forma irregular. Sin embargo, Marín *et al.* (2008) encontraron 80% de raíces con dirección horizontal.

Variabilidad en el banco de germoplasma

Tres meses de edad del cultivo

La variabilidad que se encontró entre los 101 clones evaluados fue alta para la mayoría de las variables cuantitativas a los tres meses, debido a la alta proporción de la varianza explicada para las variables medidas en la matriz de correlación, como se muestra en el Cuadro 4, lo cual es un aspecto deseable para cualquier banco de germoplasma. En cuanto a la discriminación entre las diferentes variables, se estudió cuáles tenían más peso o importancia en esta variabilidad.

La altura de primera ramificación y peso comercial de raíces presentaron valores de coeficientes de variación por encima del 100%, debido a la alta dispersión entre los valores de ambas variables, como se muestra en el Cuadro 2.

Pla (1986) ha señalado que no es válido evaluar solo un componente para explicar la variabilidad de los datos. En la misma, se encontró que solo 28,82% sintetiza la variabilidad en el primer componente (Cuadro 4) y aplicando el criterio de selección de componentes

Cuadro 3. Frecuencia (%) de plagas en las 101 entradas del banco de germoplasma de yuca de FAGRO-UCV durante todo el ciclo del cultivo.

		Plagas						
		Tres meses			Seis meses			
Clases ¹		Acaro		Hojas deformes	Agalla	Hojas deformes	Agalla	
0	1	2	3	4				
2,97	8,91	8,91	19,80	92,08	33,67	77,23	34,65	77,23

¹Clase 0 (plantas sanas), clase 1 (pocas puntuaciones en hojas y cogollo no afectado), clase 2 (pocas puntuaciones en hojas y cogollo afectado), clase 3 (muchas puntuaciones en hojas o deformes y cogollo no afectado) y clase 4 (muchas puntuaciones en hojas o deformes y cogollo afectado).

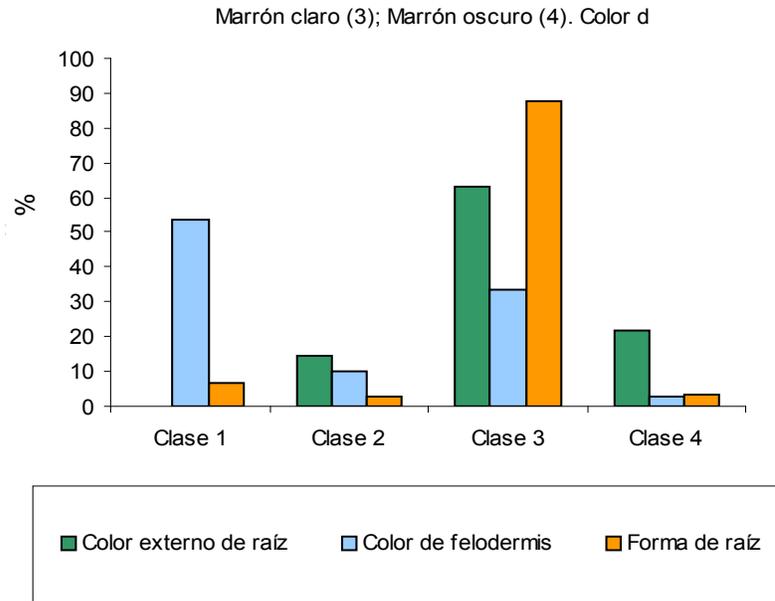


Figura 1. Distribución de frecuencias del color externo de raíz, color de felodermis de raíz y forma de raíz de la colección de yuca de FAGRO-UCV. Color externo de raíz blanco o crema (clase 1), color amarillo (clase 2), color marrón claro (clase 3) y color marrón oscuro (clase 4). Color de felodermis de raíz blanco ó crema (clase 1), color amarillo (clase 2), color rosado (clase 3) y color púrpura (clase 4). Forma de raíz cónica (clase 1), forma cónica-cilíndrica (clase 2), forma cilíndrica (clase 3) y forma irregular (clase 4).

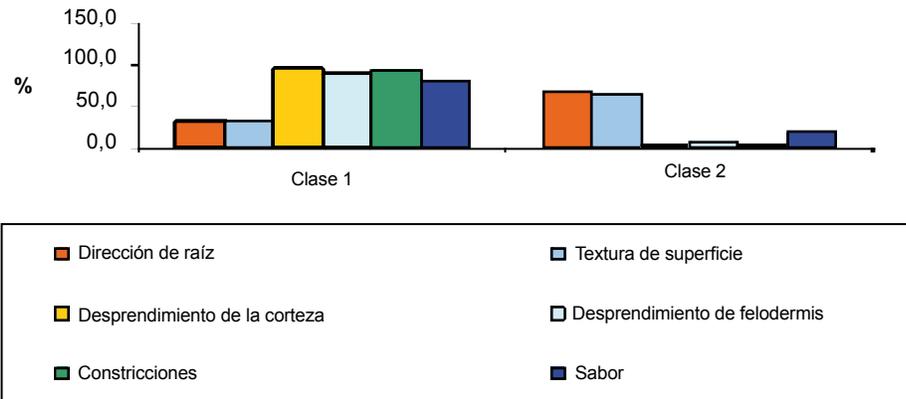


Figura 2. Distribución de frecuencias de la dirección de raíces, desprendimiento de la felodermis de raíces, desprendimiento de la corteza de raíces, constricciones en raíces y sabor después de cocida la raíz de la colección de yuca de FAGRO-UCV. Dirección de raíces vertical (clase 1), dirección horizontal (clase 2). Desprendimiento de la felodermis de raíz de tipo fácil (clase 1) y desprendimiento difícil (clase 2). Desprendimiento de la corteza de raíz tipo fácil (clase 1) y desprendimiento difícil (clase 2). Constricciones ausente (clase 1) y constricciones presente (clase 2). Sabor dulce (clase 1) y sabor amarga (clase 2).

Cuadro 4. Valores propios y proporción de la varianza explicada para las variables medidas en la matriz de correlación del banco de germoplasma de yuca de FAGRO-UCV.

Componentes	Valores propios	Diferencia	Proporción (%)	Acumulado (%)
Tres meses				
1	5,76345585	3,07568035	0,2882	0,2882
2	2,68777551	0,61749154	0,1344	0,4226
3	2,07028397	0,4688109	0,1035	0,5261
Seis meses				
1	4,48702789	1,81928073	0,187	0,187
2	2,66774716	0,1912463	0,1112	0,2981
3	2,47650085	0,34058424	0,1032	0,4013
4	2,13591661	0,10434577	0,089	0,4903
5	2,03157085	0,32591621	0,0846	0,5749
Nueve meses				
1	5,92607223	3,141691	0,975	0,1975
2	2,81190313	0,026055	0,937	0,2913
3	2,70929763	0,7397071	0,903	0,3816
4	2,13532692	0,3837465	0,712	0,4528
5	1,99695227	0,8658547	0,666	0,5193

principales de Kaiser (Pla, 1986), se utilizaron los tres primeros componente para un valor de 52,61% (Cuadro 4). Para adoptar una decisión definitiva en la selección de las variables, es necesario examinar los vectores propios entre las variables originales y los componentes principales, indicando que las variables con los valores más altos en los componentes seleccionados serán las de mayor importancia (Pla, 1986). En este sentido, al evaluar los vectores propios de la matriz de correlación (Cuadro 5), se observaron altos valores para cobertura, altura de planta y primera ramificación, diámetro del tallo, nivel y ángulo de primera ramificación, área foliar y longitud del pecíolo. Esto indica que son las variables con mayor relevancia para la caracterización, mientras que variables, como por ejemplo, color de nervadura, mostró un aporte exiguo en los componentes principales.

Seis meses de edad del cultivo

Siguiendo el procedimiento expuesto en el ítem anterior, se consideró hasta el quinto componente en la matriz de correlación para sintetizar el 57,49% del conjunto de datos, como se muestra en el Cuadro 4. Las variables de mayor importancia en las evaluaciones fueron para esta edad del cultivo: altura de planta y primera ramificación, nivel y ángulo de primera ramificación, cobertura, diámetro del tallo, color de follaje y tallo y longitud del pecíolo; ya que al evaluar los vectores propios de la matriz de correlación (Cuadro

6), se observaron valores altos para esas variables. Nuevamente, se encontró que las variables color de nervadura y pigmentación de tallo, aportaron muy poco a los componentes.

Nueve meses de edad del cultivo

En la matriz de correlación se asumió hasta el quinto componente para poder sintetizar el 51,93% de la variabilidad de los datos, como se puede observar en el Cuadro 4.

De igual forma y tomando en consideración hasta el quinto componente, las variables longitud de raíz, diámetro de raíz, dirección de raíz, desprendimiento de la corteza, desprendimiento de la felodermis, número de raíces totales, número de raíces comerciales, forma de raíz, peso total de raíz, peso de raíz comercial, peso de corteza, peso pulpa y longitud de pedúnculo, presentaron altos valores en los componentes (Cuadro 7) lo que indica su importancia en la caracterización y evaluación de clones de yuca, a excepción de las constricciones, cuyo aporte fue bajo en los componentes.

Identificación de los clones ideotipos

El ideotipo de los clones de yuca lo describe Montaldo (1996) de la siguiente manera: planta con alturas intermedias, ramificación mayor que 100 cm, alta cobertura y área foliar, mayor de 4 kg/planta en el peso de

Cuadro 5. Vectores propios de la matriz correlación de las variables evaluadas a los tres meses de edad del banco de germoplasma de yuca de FAGRO-UCV.

Variables †	Vector propio 1	Vector propio 2	Vector propio 3
x13	0,271509	0,202518	-0,069156
x23	0,342253	0,106513	0,139758
x33	0,334572	-0,343204	0,001615
x43	0,340888	-0,325446	-0,02392
x53	0,333214	-0,35165	-0,049101
x63	0,317907	0,199988	0,030244
x103	0,042691	0,012578	0,67647
x163	0,326222	0,288929	-0,001356
x173	0,294487	0,319723	-0,138652

† Cobertura (x13), altura (x23), nivel de ramificación (x33), altura de 1ª ramificación (x43), ángulo de 1ª ramificación (x53), diámetro del tallo (x63), color de nervaduras (x103), área foliar (x163) y longitud del pecíolo (x173).

raíces, dirección de raíz horizontal, color de raíz blanca y preferiblemente de forma cónica-cilíndrica, con raíces de tipo comercial (longitud mayor a 20 cm y diámetro mayor a 4 cm), resistente al ataque de plagas. Para consumo fresco, se prefieren con textura suave y sabor dulce después de cocción, entre otros.

Facilidad para el manejo del cultivo

El tamaño de la planta es uno de los caracteres más importantes desde el punto de vista de las labores culturales en las que se requieren penetrar en el cultivo y

la cosecha, y se prefieren genotipos con altura de planta y ramificación de intermedia a altos (Montaldo, 1972). Entre esos clones con estas características se encuentran a los tres, y seis meses de edad: 2477, 2694, 2707, 2726, 2758, 2759, 2822 y 2830.

La dirección de crecimiento de las raíces, puede ser horizontal, irregular y vertical. Se prefieren comercialmente, las dos primeras (Montaldo, 1991). En la colección bajo estudio, Polanco (1998) encontró clones principalmente con raíces irregulares, mientras que en este trabajo los clones con direcciones horizontales

Cuadro 6. Vectores propios de la matriz correlación de las variables evaluadas a los seis meses de edad del banco de germoplasma de yuca de FAGRO-UCV.

Variables †	Vector propio 1	Vector propio 2	Vector propio 3	Vector propio 4	Vector propio 5
x16	0,34487	0,177826	0,124366	-0,152483	0,105363
x26	0,301254	0,331497	0,11448	0,066762	-0,023655
x36	0,382692	-0,237744	0,006781	0,019155	0,019155
x46	0,412617	-0,120397	-0,039632	-0,001337	-0,104067
x56	0,411902	-0,232528	-0,035849	0,000074	-0,07909
x66	0,219918	0,296856	0,136125	0,136497	0,133768
x96	0,096468	0,234239	-0,373629	0,331336	-0,016541
x106	0,026328	0,132727	-0,506652	0,096034	-0,095605
x146	-0,007647	-0,129644	0,307109	0,491879	-0,084201
x156	0,049582	-0,080264	-0,052096	0,110993	0,64914
x176	-0,077848	0,390002	0,22124	-0,00256	-0,124413

† Cobertura (x16), altura (x26), nivel de ramificación (x36), altura de 1ª ramificación (x46), ángulo de 1ª ramificación (x56), diámetro del tallo (x66), color del follaje (x96), color de nervaduras (x106), color del tallo (x146), pigmentación del tallo (x156) y longitud del pecíolo (x176).

Cuadro 7. Vectores propios de la matriz correlación de las variables evaluadas a los nueve meses de edad del banco de germoplasma de yuca de FAGRO-UCV.

VARIABLES†	Vector propio 1	Vector propio 2	Vector propio 3	Vector propio 4	Vector propio 5
y19	0,298473	0,199604	0,157007	0,002312	0,026401
y29	0,324136	-0,146343	-0,023611	-0,088647	-0,054838
y39	0,005883	0,292768	-0,020603	0,344939	0,010897
y49	0,037928	0,287999	0,120202	0,240726	-0,135283
y89	-0,055855	-0,268034	0,458398	0,037914	0,082335
y99	-0,095693	-0,250388	0,464798	0,075704	0,053526
y109	-0,039554	0,079057	-0,091408	-0,097392	0,650685
y119	0,247028	0,181673	0,017108	-0,134056	0,064301
y129	0,356452	0,049262	0,097334	-0,095525	-0,000437
y139	-0,034209	0,271296	0,227331	0,256602	0,129762
y169	0,381144	0,055508	0,090803	-0,108956	0,003441
y179	0,361283	0,042563	0,133934	-0,115417	-0,015082
y189	-0,276811	0,278339	0,174528	-0,321177	-0,07224
y199	0,277294	-0,277604	-0,17379	0,32193	0,072406

†Longitud de la raíz (y19), diámetro de la raíz (y29), longitud del pedúnculo de la raíz (y39), dirección de la raíz (y49), desprendimiento de la corteza de la raíz (y89), desprendimiento de la felodermis de la raíz (y99), color del follaje (y96), constricciones (y109), N° de raíces totales (y119), N° de raíces comerciales (y129), forma de la raíz (y139), peso total de las raíces (y169), peso de las raíces comerciales (y179), peso de corteza de las raíces (y189) y peso de pulpa de las raíces (y199).

ó irregulares fueron: 2697, 2705, 2707, 2710, 2718, 2723, 2726, 2731, 2733, 2735, 2737, 2739, 2740, 2741, 2744, 2751, 2753, 2763, 2768, 2769, 2770, 2771, 2774, 2779, 2788, 2789, 2793, 2806, 2819 y 2827.

Producción de follaje e importancia de los caracteres aéreos

Se prefieren aquellos clones con mayor cobertura y área foliar debido al uso para el consumo animal, humano e industrial (Preston *et al.*, 2012). Los clones con mayor cobertura y área foliar fueron : 2477, 2696, 2708, 2722, 2726, 2732, 2733, 2734, 2737, 2755, 2760, 2762, 2774, 2776, 2778, 2793, 2819, 2761, 2822 y 2830.

Los caracteres cualitativos de la parte aérea que convienen a la hora de seleccionar clones de yuca son: pubescencia alta, debido a que está asociada a resistencia a plagas (CLAYUCA, 2012b) y prominencias intermedias, porque protegen las yemas de las estacas; pero cuando son muy largas tienden a tener tallos quebradizos, por ello debe ser moderada o intermedia (Polanco, 1998). En la colección, los clones con estos caracteres fueron: 2477, 2710, 2778, 2779, 2791, 2822 y 2830.

Por último, es importante señalar la resistencia que tienen los clones de yuca al ataque de plagas, debido a que los que más toleren el ataque, serán los que tendrán comportamiento superior en cuanto a rendimiento (Montaldo, 1996). En esta colección se presentó un severo ataque de ácaros a los tres meses de edad del cultivo, el cual se manifestó en casi todos los clones; sin embargo, hubo algunos en el que fue menos intenso, entre ellos se pueden mencionar : 2708, 2710, 2723 y 2780. En este mismo sentido, se hace referencia a los clones que no tuvieron deformaciones ni ataque de agallas: 2688, 2705, 2710, 2721, 2733, 2750, 2755, 2759, 2760, 2819, 2822 y 2827.

Producción de raíz para el consumo fresco, animal e industrial

En lo que respecta a los caracteres cualitativos de la raíz para el consumo fresco, convienen clones con fácil desprendimiento de la corteza y de la felodermis, color de felodermis preferiblemente blanca, sabor después de cocción de tipo dulce, con texturas suaves y sin constricciones (Montaldo, 1996). El banco de germoplasma cuenta con un 94,1% de raíces sin constricciones y 2,6% de clones de forma cónica-cilíndrica, características requeridas por la industria (Acosta, 1994). En este trabajo se observaron los

siguientes clones con esas características deseables: 2477, 2696, 2698, 2705, 2707, 2708, 2709, 2710, 2712, 2716, 2719, 2723, 2727, 2729, 2731, 2736, 2737, 2739, 2740, 2741, 2742, 2744, 2746, 2747, 2748, 2750, 2751, 2754, 2755, 2758, 2759, 2760, 2761, 2762, 2763, 2764, 2765, 2766, 2767, 2768, 2769, 2770, 2771, 2772, 2773, 2774, 2775, 2776, 2777, 2778, 2779, 2780, 2782, 2787, 2788, 2789, 2791, 2793, 2794, 2795, 2796, 2797, 2801, 2804, 2806, 2808, 2818, 2819, 2822, 2827, 2830 y 2753.

Para el uso industrial, convienen clones de forma cónica-cilíndrica, ausencia de pedúnculo y textura de superficie de la raíz de tipo lisa (Montaldo, 1996). En el estudio, los clones que resaltaron a estas características fueron: 2748 y 2768. Se prefieren aquellos clones cuyo peso y número de raíces totales y comerciales presenten los mayores valores, ya que estas son características que le permitirán al productor obtener los mayores beneficios (Acosta, 1994; Montaldo, 1996; Polanco, 1998). Por tal motivo se seleccionaron clones, que en peso y número de raíces totales y comerciales estén al menos por encima del promedio de todos los clones para cada una de estas variables. En esta colección se destacaron los clones: 2686, 2689, 2694, 2695, 2720, 2721, 2722, 2723, 2741, 2746, 2753, 2758, 2760, 2761, 2762, 2763, 2765, 2768, 2773, 2774, 2778, 2779, 2793, 2818, 2819 y 2827, teniendo los mayores rendimientos en peso total los clones: 2689, 2694, 2707, 2723, 2733, 2741, 2755, 2767, 2819 y 2827, y para el peso comercial los clones 2689, 2694, 2707, 2720, 2723, 2733, 2741, 2755, 2767, 2819 y 2827.

CONCLUSIONES

Los caracteres morfológicos predominantes en el banco de germoplasma de yuca de FAGRO-UCV, fueron: alta prominencia en el 20,8% de los clones, 29% de pubescencia para los tres y seis meses, respectivamente, lóbulo central lanceolado en el 91,1%, felodermis blanco en el 63,4%; 87,5% de raíces cilíndricas y dirección horizontal en el 67,3%. En la evaluación agronómica los clones fueron de porte bajo para los tres y seis meses de edad del cultivo y sólo el 25,7% de los clones con porte medio para los seis meses, prevalecieron raíces de sabor dulce en un 80,2%, textura dura después de cocción en el 67,3% y con un 68,31% de clones con raíces comerciales (longitud de raíz mayor a 20 cm y diámetro de raíz mayor a 4 cm).

Las variables de mayor peso que permiten separar clones en el banco de germoplasma de yuca fueron: cobertura, altura de planta y primera ramificación, diámetro del tallo, nivel y ángulo de primera ramificación, área foliar y longitud del pecíolo para los tres meses de edad del

cultivo, altura de planta y primera ramificación, nivel y ángulo de primera ramificación, cobertura, diámetro del tallo, color de follaje y tallo y longitud del pecíolo a los seis meses y para los nueve meses fueron longitud, diámetro, dirección, desprendimiento de corteza y felodermis, número y peso total, número y peso comercial, forma, peso de corteza y pulpa y longitud del pedúnculo de las raíces.

Los clones 2477, 2722, 2726, 2733, 2774, 2819, 2822 y 2830 fueron los que presentaron la mayor producción de follaje. Para la producción de raíces para consumo fresco, animal e industrial fueron: 2694, 2723, 2741, 2758, 2819 y 2827.

Cabe destacar, que debido a la alta variabilidad presente en la colección, los clones del banco de germoplasma de yuca de FAGRO-UCV tienen la posibilidad de llenar los requisitos de ideotipos identificados en la literatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J. 1994. Evaluación y caracterización de clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) de algunas zonas del estado Aragua. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 94 p.
- Ceballos, H.; H. De La Cruz. 2002. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. La yuca en el tercer milenio. En: B. Ospina B. y H. Ceballos (Eds.). Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT. Cali, Colombia. pp. 503-526.
- CLAYUCA. 2012a. La hoja de la yuca es una de las plantas más ricas del planeta. Disponible en: <http://www.CLAYUCA.org>. [Consultado: 20 enero 2012].
- CLAYUCA. 2012b. La yuca. Disponible en: <http://www.CLAYUCA.org>. [Consultado: 03 marzo 2012].
- Consumer. 2012. Biodiversidad de especies. Revista Eroski Consumer. Disponible en: <http://revista.consumer.es/web/es/20010101/medioambiente/27170.php>. [Consultado: 20 de mayo 2012].
- Crop Genebank. 2013. Conservation of cassava genetic resources. Crop Genebank Knowledge Base Disponible en: http://croptgenebank.sgrp.cgiar.org/index.php?option=com_content&view=article&id=113%3Aconservation-main&catid=72%3Aconservation&Itemid=213&lang=es. [Consultado: 06 noviembre 2013].

- Fedeagro. 2012. Base de datos. Fedeagro. Disponible en: <http://www.fedeagro.org>. [Consultado: 08 abril 2012].
- Fuenmayor, F.; V. Segovia; J.G. Albarrán; A. Rodríguez; W. Cabaña. 2005. Banco de germoplasma de yuca del INIA-CENIAP. Venezuela. Revista Digital CENIAP HOY 7 Maracay, Aragua, Venezuela. Disponible en: http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n7/arti/fuenmayor_f/arti/fuenmayor_f.htm. [Consultado: 20 enero 2012].
- Fuenmayor, R. 2006. Evaluación del contenido de cianuro en hojas de yuca del banco de germoplasma de la Facultad de Agronomía UCV. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 63 p.
- Fukuda, G. 1988. Descriptores morfológicos e agronómicos para a caracterizco de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). EMBRAPA-CNPMF. Brasilia, Brasil. 38 p.
- Gulick P; C. Hershey; J. Esquinas. 1983. Resources of cassava and wild relatives. International Board for Plant Genetic Resources. Roma, Italia. 56 p.
- Marín, A.; D. Perdomo; J. Albarrán; F. Fuenmayor; C. Zambrano. 2008. Evaluación agronómica morfológica y bioquímica de clones élites de yuca a partir de vitro plantas. Interciencia 33: 365-371.
- Montaldo, A. 1972. La yuca, trabajos sobre este cultivo con especial referencia a Venezuela. Venezuela. MAC. Maracay, Venezuela. pp. 7-12.
- Montaldo, A. 1991. Cultivos de raíces y tubérculos tropicales. IICA. San José, Costa Rica. pp. 131-230.
- Montaldo, A. 1996. La yuca frente al hambre del mundo tropical. Anaucó. Maracay, Venezuela. pp. 127-128.
- Nassar, N. 2012. Keeping options alive: A case for averting the extinction of wild cassava in South and Central América. Disponible en: <http://www.funpecrp.com.br>. [Consultado: 17 mayo 2012].
- Pla, L. 1986. Análisis multivariado: Método de componentes principales. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 27: 15-26.
- Polanco, D. 1998. Caracterización morfológica, agronómica, isoenzimática, contenido de cianuro y almidón en el banco de germoplasma in vivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) de la Facultad de Agronomía de la UCV. Trabajo de ascenso. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 32 p.
- Preston, T.; L. Rodríguez; N. Van Lei; L. Chau. 2012. El follaje de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como fuente de proteína para la producción animal en sistemas agroforestales. FAO. Roma, Italia. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/AGROFOR1/presto24.PDF> [Consultado: 20 enero 2012].
- Quiroz, H. 2006. Concentración de cianuro en raíces de clones de yuca del banco de germoplasma de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 46 p.
- Sánchez, T.; L. Alonso. 2002. Conservación y acondicionamiento de raíces frescas. En: B. Ospina y H. Ceballos (Eds.) La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT. Cali, Colombia. pp. 503-526.