



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN
Y ENSEÑANZA**

ESCUELA DE POSGRADO

**Caracterización morfológica de 37 accesiones de yuca (*Manihot
esculenta* Crantz) del banco de germoplasma del Centro
Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Agricultura Ecológica

por

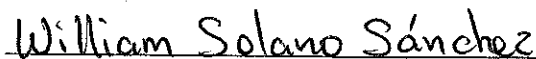
Luis Antonio Torres Vargas

Turrialba, Costa Rica, 2010

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE EN AGRICULTURA ECOLÓGICA

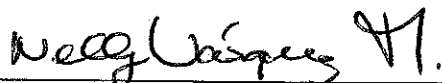
FIRMANTES:



William Solano, M.Sc.
Co-Director de tesis



Fernando Casanoves, Ph.D.
Co-Director de tesis



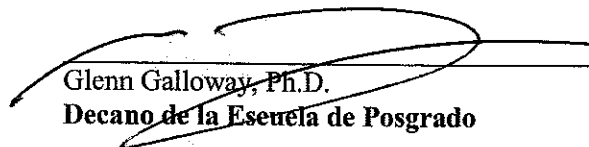
Nelly Vásquez, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Carlos Astorga, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Federico Albertazzi, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



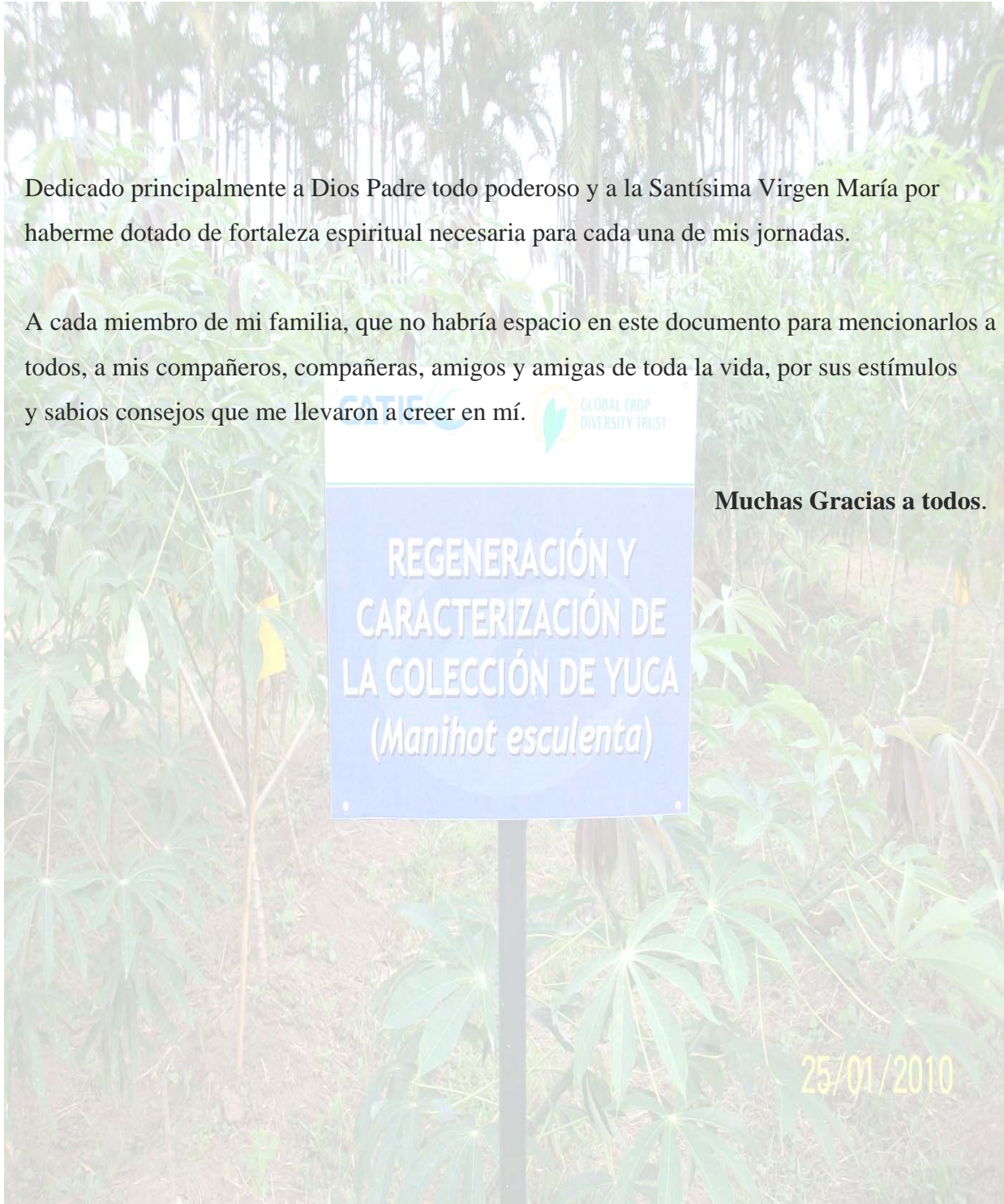
Luis Antonio Torres Vargas
Candidato

DEDICATORIA

Dedicado principalmente a Dios Padre todo poderoso y a la Santísima Virgen María por haberme dotado de fortaleza espiritual necesaria para cada una de mis jornadas.

A cada miembro de mi familia, que no habría espacio en este documento para mencionarlos a todos, a mis compañeros, compañeras, amigos y amigas de toda la vida, por sus estímulos y sabios consejos que me llevaron a creer en mí.

Muchas Gracias a todos.



AGRADECIMIENTO

Al IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá), por darme la oportunidad de esta capacitación en marco a sus programas de fortalecimiento de su recurso humano.

A Global Crop Diversity Frust por contribuir con parte del financiamiento para realizar este trabajo.

A William Solano, codirector de Tesis quien me brindo la mejor de su disposición tanto en apoyo logístico, información, edición y consejos para el cumplimiento de esta investigación.

A mi codirector de Tesis, Fernando Casanoves, quien me apoyo en todo momento y brindo la coordinación de todos los aspectos estadístico y revisión general del documento, un eterno agradecimiento.

A Federico Albertazzi, quien también formo parte del comité asesor y dedico mucho tiempo en la capacitación de uso de técnicas moleculares, si bien en este trabajo no se han plasmado esa información, me queda como una experiencia para la realización de futuros trabajos.

A Nelly Vázquez y Carlos Astorga, quienes formaron parte del comité de consejeros y me brindaron sus acertados consejos.

Al personal de Cabiria, Carlos Cordero, Diego Salazar, Dagoberto Arroyo, Erlindo Navarro, Miguel Gutierre y Jorge Valverde quienes me brindaron en todo momento su disponibilidad para realizar los trabajo de campo.

Al personal de la biblioteca que colaboro de forma expedita la impresión de todos los documentos, libros y tesis.

A mis compañeros de maestría y amigos que me brindaron aliento.

Gracias

BIOGRAFIA

Luis Antonio Torres Vargas nació el 16 de noviembre de 1973 en la ciudad de David, Panamá. Se graduó como Ingeniero Agrónomo en Desarrollo Agropecuario con Orientación en Dirección de Empresas Agropecuarias en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Panamá en el año 2000. En el 2010 realizó la maestría en Agricultura Ecológica en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica.

De junio del 2002 hasta septiembre 2003, fungió como sub. Administrador de Melo y Cía. Vista Alegre y posteriormente como administrador de Melo y Cía. Concepción, Bugaba, Panamá. De noviembre 2003 hasta octubre del 2006, trabajo paralelamente en la finca de reforestación de Teca de Sioguí, Bugaba y colaborador en la preparación de Impactos Ambientales categoría I y II de la Compañía del Arquitecto Orlando Jaén Ho. De octubre 2006 hasta la fecha trabaja como Investigador Agrícola en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en el Programa de pobreza y extrema pobreza en la Comarca Ngobe- Buglé.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO	VI
RESUMEN	IX
SUMMARY	XI
ÍNDICE DE CUADROS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE ANEXOS	XVI
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XVII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.1.1 Objetivos específicos.....	3
1.2 Hipótesis del estudio.....	3
2 REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Origen e historia de la yuca	4
2.2 Importancia económica y social	5
2.3 Distribución de género y especies afines	6
2.4 Taxonomía y morfología	6
2.4.1 Taxonomía	6
2.4.2 Morfología	7
2.4.2.1 El tallo	7
2.4.2.2 Las hojas	8
2.4.2.3 Las raíces.....	8
2.4.2.4 El fruto	9
2.4.2.5 La semilla.....	9
2.4.2.6 Inflorescencia	10
2.5 Plagas y enfermedades.....	11

2.5.1	<i>Plagas</i>	11
2.5.2	<i>Enfermedades</i>	12
2.6	Aporte nutricional y composición química.....	12
2.7	Recursos fitogenéticos	14
2.7.1	<i>Disponibilidad y conservación en bancos de germoplasma a nivel mundial.</i> 15	
2.7.2	<i>Mejoramiento genético</i>	16
2.7.2.1	Logros y avances de programas de fitomejoramiento de yuca en la región de America Latina	18
2.7.3	<i>Los bancos de germoplasma</i>	19
2.7.3.1	Colección <i>in vitro</i>	19
2.7.3.2	Colección en campo para la conservación y caracterización.....	20
2.7.3.2.1	Condiciones climáticas	20
2.7.3.2.2	Época de siembra	20
2.7.3.2.3	Regeneración.....	20
2.7.3.2.4	Preparación del material de siembra	20
2.7.3.2.5	Selección y preparación del campo.....	20
2.7.3.2.6	Distribución espacial de las parcelas, densidad y distancia de siembra	20
2.7.3.2.7	Método de siembra.....	21
2.7.3.2.8	Control de maleza	21
2.8	Caracterización del Germoplasma	21
2.8.1	<i>Caracterización Morfológica</i>	21
2.8.1.1	Descriptores morfológicos	22
2.8.2	<i>Uso de caracterizaciones morfológicas en el cultivo de yuca</i>	24
2.9	Métodos estadísticos multivariados aplicados a las caracterizaciones morfológicas ..	26
3	MATERIALES Y METODOS	28
3.1	Materiales.....	28
3.1.1	<i>Descripción del área de estudio</i>	28
3.2	Caracterización morfológica.....	28

3.2.1	<i>Material experimental</i>	28
3.2.2	<i>Manejo agronómico</i>	30
3.2.3	<i>Caracterización de las accesiones</i>	32
3.2.4	<i>Análisis estadísticos</i>	33
4	RESULTADOS	36
4.1	Análisis descriptivo de la población	36
4.2	Análisis estadístico de los datos de la población	43
4.2.1	<i>Análisis de las variables cuantitativas</i>	43
4.2.2	<i>Análisis de las variables cualitativas</i>	49
4.2.3	<i>Análisis combinando de las variables cuantitativas y cualitativas</i>	56
4.2.4	<i>Ordenamiento de las accesiones según características agronómicas</i>	60
5	DISCUSIÓN	62
6	CONCLUSIÓN.....	68
7	RECOMENDACIONES.....	70
8	LITERATURA CITADA	71
	ANEXOS	79

RESUMEN

Palabras claves: *Manihot esculenta*, Característica Agronómica, Germoplasma, Recurso genéticos.

Este trabajo se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. Se caracterizaron 37 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) que corresponde aproximadamente el 23% de la colección total de yuca conservada por CATIE. Para determinar la diversidad genética entre las accesiones se utilizaron 72 descriptores morfológicos de los cuales 44 fueron descriptores cualitativos y 28 cuantitativos. Con estos descriptores se definieron cinco grupos de accesiones por las características cuantitativas mediante un análisis de conglomerado jerárquico, utilizando el método de Ward y la distancia Euclídea, obteniendo como resultado que estos grupos son estadísticamente diferentes (MANOVA; $p < 0.0001$) y que los mismos son diferentes entre sí (gDGC multivariado, $p < 0.05$). De las 28 características cuantitativas evaluadas, solamente cinco fueron las más discriminantes, estas son: el número de lóbulos (NLOB), el número de estacas comercial por planta (NECP), el peso de rendimiento de raíz no comercial (PRNC), el número de raíces podridas por planta (NRPP) y el peso de la parte aérea de la plata (PPAP). De los 44 características cualitativas evaluadas, 13 mostraron poder discriminante en los cinco grupos formados, estas son: el color de la nervadura (CNER), la posición del peciolo (PPEC), la longitud de las estípulas (LEST), el color de las ramas terminal de la planta adulta (CRTP), color del disco (CDIS), la presencia del pedúnculo en la raíz (PPRA), el color externo de la raíz (CERA), el color de la corteza de la raíz (CCRA), el color de la hoja apical (CHAP), la forma del lóbulo central (FLCE), el color del peciolo (CPEC), el color de la hoja desarrollada (CHDE), y la posición de la raíz (PORA). La característica que más contribuyó a la separación del Grupo5 fue el color rojo de la nervadura (CNER) y para el Grupo4 fue el color rojo del disco (CDIS). En las accesiones que se encontró más similitud entre sí fueron la accesión 10965 y la 10966, y las menos similares entre sí fueron la accesión 6389 y la 6436. El consenso entre el ordenamiento de las accesiones, dado por las variables cuantitativas y las variables cualitativas fue de 82.4%; además, no se encontró correlación significativa entre las distancias de las variables cuantitativas y la similaridad de las variables cualitativas, esto se determinó mediante un análisis de correlación de Mantel ($r=0,09$ y $p=0,06$). Esto indica que la información contenida por los dos conjuntos de descriptores es complementaria. Por lo tanto;

se determinó que para las caracterizaciones morfológicas en el cultivo de yuca se deben utilizar tanto los descriptores discriminantes cuantitativos como los cualitativos. Con el uso de la caracterización morfoagronómica no se encontró duplicidad de las accesiones en estudio. La accesión que mostró mejores cualidades en parámetros de vigor y pos-cosecha fue la accesión 6387; mientras que la accesión 2766 se muestra como la mejor para producción comercial.

SUMMARY

Key words: *Manihot esculenta*, Agronomic characters, germoplasma, genetic resources

The study was conducted in the Tropical Agronomical Center for Research and Higher Education (CATIE), Costa Rica. Were characterized 37 cassava accessions (*Manihot esculenta* Crantz), were studied, which corresponds to about 23% of CATIE's total cassava collection. In order to the accessions, 72 morphological descriptors were used, of which 44 were qualitative and 28 quantitative descriptors. Utilizing these descriptors, five significantly different clusters of quantitative variables (MANOVA; $p < 0.0001$) were defined through a hierarchical dendrogram, using Ward's Method and Euclidean Distance, these were also different among each other (gDGC multivariate, $p < 0.05$). Of the 28 quantitative descriptors analyzed, five had greater discriminating ability, these being: number of lobes (NLOB), number of commercial tubers per plant (NECP), non-commercial root weight (PRNC), number of rotten roots per plant (NRPP) and weight of aerial plant parts (PPAP). Of the 44 quality characteristics evaluated, 13 were efficient in discriminating the formed five groups, these were: vein color (CNER), petiole position (PPEC), stipule length (LEST), color of terminal branches in adult plants (CRTP), disc color (CDIS), presence of root peduncle (PPRA), root external coloration (CERA), root cortex color (CCRA), apical leaf color (CHAP), central lobe form (FLCE), petiole color (CPEC), coloration of developed leaves (CHDE) and root position (PORA). Accession 10965 and 10966 were most similar to each other, while accession 6389 and 6436 were the least similar. The ordering consensus given by both quantitative and qualitative variables was 82.4%. There was no significant correlation between quantitative and qualitative variables, this was determined by Mantel Correlation Analysis ($r = 0.09$, $p = 0.06$). This means that the information given by the two set of descriptors is complementary. With the obtained results it has been determined that both qualitative and quantitative descriptors be used for the morphological characterization of cassava cultivars. Through the use of morphological characterizations there were no duplicate cassava accessions found. Accession 6387, showed greater quality for vigor and post-harvest parameters, while accession 2766 indicates to be best accession for commercial production purposes.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Contenido de materia seca (%) y proteínas total de la raíz y follaje de la yuca	13
Cuadro 2. Composición química de la raíz y del follaje de la yuca (base húmeda y base seca)	13
Cuadro 3. Presencia de vitaminas en las raíces y hojas de yuca fresca (Base húmeda) y secas (Base seca)	14
Cuadro 4. Principales minerales contenidos en las raíces y hojas de yuca.....	14
Cuadro 5. Principales factores climáticos, edáficos y bióticos que influyen en la expresión de los descriptores morfológicos	24
Cuadro 6. Datos de pasaporte de las accesiones caracterizadas	29
Cuadro 7. Cantidad de descriptores por categoría	32
Cuadro 8. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos para las características de los tallos y hojas de 37 accesiones de yuca.....	36
Cuadro 9. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos para las características raíz y la característica compuesta parte aérea más la raíz	37
Cuadro 10. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos para las características incompletas de la flor.....	38
Cuadro 11. Análisis de frecuencia para las características cualitativas de las hojas para 37 accesiones de yuca	39
Cuadro 12. Análisis de frecuencia para las características de la raíz de las 37 accesiones de yuca.....	40
Cuadro 13. Análisis de frecuencia para las características del tallo de las 37 accesiones de yuca.....	41

Cuadro 14. Análisis de frecuencia para las características de la flor y fruto de los datos incompletos de las 37 accesiones de yuca	42
Cuadro 15. Análisis de frecuencia para las características de raíz, tallo y hoja de los datos ordinales de las 37 accesiones de yuca	43
Cuadro 16. Análisis discriminante para las variables cuantitativas - datos estandarizados con la varianzas comunes	47
Cuadro 17. Variables cualitativas que mostraron falta de independencia en la parte aérea de la planta.....	52
Cuadro 18. Variables cualitativas que mostraron falta de independencia en la parte radicular de la planta.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: A. La raíz, tallo y hoja de la yuca B. La flor, semilla, fruto e inflorescencias de la planta de yuca.	11
Figura 2: A. Preparación del suelo, B. Selección de semilla, C. Tratamiento de la semilla, D. Abonamiento.....	31
Figura 3: A. Trampas amarillas, B. Daños causados en la zona apical por la larva del insecto <i>Silba pendula</i>	31
Figura 4: A. Color de la epidermis del tallo, B. Angulo de la primera ramificación, C. Diámetro de la raíz, D. Degustación de la pulpa de yuca.....	33
Figura 5: A. Longitud del lóbulo de la accesión 6479 del Grupo2, B. Longitud del peciolo de la accesión 3032 del Grupo5.....	44
Figura 6: Dendograma obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cuantitativas, usando el método de Ward y la distancia Euclídea.....	45
Figura 7: Gráfico de funciones discriminantes entre grupos para las 37 accesiones de yucas caracterizadas.....	46
Figura 8. Árbol de recorrido mínimo obtenido mediante análisis de coordenadas principales usando distancias Euclídeas y el conjunto de descriptores cuantitativos.	48
Figura 9: A. Forma pedunculada en la raíz en la accesión 9957 del Grupo2, B. Color de la hoja apical verde púrpura en la accesión 1966 del Grupo5	50
Figura 10: Dendograma obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas usando el método de Ward a partir del índice de similaridad de Jaccard.	51
Figura 11. Gráfico del análisis de correspondencia de las variables cualitativas discriminantes CDIS, CNER y PORA.....	54

Figura 12. Gráfico del análisis de correspondencia de las variables cualitativas discriminantes FLCE, CPEC y CCRA.....	55
Figura 13. Árbol de recorrido mínimo obtenido mediante análisis de coordenadas principales mediante el índice similaridad de Jaccard y el conjunto de descriptores cualitativos.....	56
Figura 14. Dendograma obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas usando el método de Ward y el coeficiente de similitud de Gower.....	58
Figura 15. Árbol de recorrido mínimo obtenido mediante análisis de Procrustes generalizado principales usando distancias Euclídeas para el conjunto de descriptores cuantitativos y el índice de similitud de Jaccard para los descriptores cualitativos.....	60
Figura 16. A. Altura de la accesión 2766 B. Facilidad de pelado de la corteza de la raíz, característica deseable para el manejo pos cosecha.....	61

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Descriptores Morfológicos para cultivo de yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz).	80
Anexo 2. Prueba DGC multivariada de las variables cuantitativas completas	82
Anexo 3. Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades de las variables cuantitativas completas	83
Anexo 4. Ordenamiento de las accesiones según características agronómicas (características agronómicas general, producción comercial, vigor y pos cosecha)	84

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ALOB	Ancho del lóbulo
ALPR	Altura de primera ramificación
ALTP	Altura de la planta
ARAM	Angulo de ramificación
ASEP	Ancho de los sépalos
CANT	Color de las anteras
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Cc	Centímetro cúbico(s)
CCAS	Color de la carúncula de la semilla
CCRA	Color de la corteza de la raíz
CCSE	Color secundario de la semilla
CCTA	Color de la corteza joven
CCUI	Cualidades culinarias
CDIS	Color del disco
CERA	Color externo de la raíz
CEST	Color del estigma
CETA	Color de la parte interna del tallo
CHAP	Color de la hoja apical
CHDE	Color de la hoja desarrollada
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CLAYUCA	Consortio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y al Desarrollo de la yuca
CNER	Color de la nervaduras
CONR	Constricciones de la raíz
COVA	Color del ovario
CPEC	Color del peciolo
CPRA	Color de la pulpa de la raíz
CPRI	Color primario de la semilla
CRTP	Color de las ramas terminales de la planta adulta
CSEP	Color de sépalos

CSTA	Color de la superficie externa del tallo maduro
CV	Coefficiente de variación
DCPE	Daños causados por plagas y enfermedades
D.E	Desviación estándar
DMRA	Diámetro medio de la raíz
DPCO	Deterioro pos-cosecha
DSEM	Diámetro de la semilla
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria
EPFR	Epicarpio de la fruta
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FFSE	Flores femeninas sin estambres
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
FLCE	Forma del lóbulo central
FLOR	Floración
FORA	Forma de la raíz
FPCR	Facilidad de pelado de la corteza de la raíz
FRUT	Frutos
Ha	Hectárea(s)
HACT	Hábito de crecimiento del tallo
HARM	Hábito de ramificación
HCN	Ácido cianhídrico
IBPGR	International Board for Plant Genetic Resources
ICOL	Índice de colecta
IITA	Instituto Internacional de Agricultura Tropical
Kg	kilogramo(s)
L	Litro(s)
LCAF	Longitud de la cápsula del fruta
LENU	Longitud de entre nudos
LEST	Longitud de las estípulas
LLOB	Longitud del lóbulo
LMRA	Longitud media de la raíz

LPEC	Longitud del peciolo
LSEM	Longitud de la semilla
LSEP	Longitud de los sépalos
MEST	Márgenes de las estípulas
Mg	Milígramo(s)
Mm	Milímetro(s)
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
NECP	Número de estacas comerciales por planta
NIRA	Niveles de ramificación
NLOB	Número de lóbulos
NRCP	Número de raíz comercial por planta
NRPP	Número de raíz podridas por planta
PBAP	Pubescencia del brote apical
PCHO	Prominencia de las cicatrices de la hoja
PMRA	Peso medio de la raíz por planta
POLE	Polen
PORA	Posición de la raíz
PPAP	Peso de la parte aérea de la planta
PPEC	Posición del peciolo
PPRA	Presencia de pedúnculo de la raíz
PRNC	Peso rendimiento por raíz no comercial
PRRC	Peso rendimiento de raíz comercial
PTPR	Peso total de la parte aérea de la planta más raíz
Qq	Quintal(s)
RELL	Relación longitud lóbulo/ ancho del lóbulo central
RHOJ	Retención de hojas
s.f	Sin fecha
SADRB	Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural de Bolivia
SLHO	Sinocidad lóbulo de las hojas
TERA	Textura de la epidermis de la raíz
TPLA	Tipo de planta
VINI	Vigor inicial

1 INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), pertenece a la clase Dicotyledoneae, subclase Archichlamydeae, orden Euphorbiales, familia Euphorbiaceae, tribu Manihotae, género *Manihot* y especie *esculenta*. Es una planta que puede perder mucha agua a través de los estomas por unidad de dióxido de carbono; por esta razón, se le clasifica como tipo C-3 de fotosíntesis. Su división fásica de fotosintatos, le permite distribuir los productos de la fotosíntesis uniformemente a través de la planta durante su ciclo de vida (Domínguez 1981).

Es la principal fuente de energía para el consumo humano en las regiones tropicales del mundo, lugar que comparte con el maíz, la caña de azúcar y el arroz (Ceballos 2002). Otros investigadores indican que después del arroz, trigo y maíz, la yuca es un componente básico en la dieta de 1000 millones de personas (FAO/FIDA 2000).

Existen más de 6.000 variedades de yuca diferentes en sus características biológicas y 20.000 accesiones distribuidas en los bancos de germoplasma a nivel mundial (Franco 2007, Ceballos y Cruz 2002). Las características biológicas de la yuca son influenciadas por el ambiente donde viven, sometidas a una continua interacción dinámica de factores bióticos (microorganismos, animales superiores e inferiores y otras especies vegetales) y factores abióticos (clima y suelo), donde la combinación de estos se acumula y provocan una variabilidad genética (Lobo 2004).

En toda esta diversidad se pueden encontrar genotipos con un alto valor agronómico, que se pueden utilizar en los programas de mejoramiento genético; sin embargo, en muchas ocasiones el conocimiento que se tiene de la organización genética y la relación existente entre el material disponible es escaso, lo que impide el uso en dichos programas de fitomejoramiento. También en las mismas colecciones de germoplasma se pueden encontrar materiales duplicados, lo cual conlleva a una sobreestimación de la diversidad existente (Becerra y Paredes 2000).

Según Díaz (1998), Franco e Hidalgo (2003), si se quiere medir la variabilidad genética de una colección se pueden utilizar las evaluaciones morfoagronómicas, la caracterización mediante marcadores basados en proteínas o isoenzimas y fragmentos de ADN y el número o la riqueza de cultivares (variedades locales, mejoradas e introducidas).

Para la caracterización y evaluación morfológica se recurre a descriptores, que son caracteres importantes y útiles en la descripción de una muestra. Los estados de un descriptor son los diferentes valores que puede asumir el descriptor, pudiendo ser un valor numérico, una escala, un código o un adjetivo calificativo (Abadie y Berretta 2001).

Los caracteres morfológicos, usualmente dominantes y recesivos determinan diferentes niveles de variabilidad (Enríquez 1966). Su respuesta a la selección y sus antecedentes genéticos pueden ser determinados y la heredabilidad se da fundamentalmente en caracteres de valor agronómico, es así que la yuca y la mayoría de las plantas cultivadas con importancia económica tienen su patrón de identificación, caracterización y evaluación (Lobo 2004).

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), conserva una colección de 157 accesiones de yuca procedente de colectas en fincas y mercados, realizado principalmente en las décadas del 50 y 80 en varios países de la región, además de materiales traídos de otros institutos para su duplicación y conservación. De las 157 accesiones se han podido establecer mediante consulta al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), que es el depositario mundial de la colección de yuca; que el CATIE posee 37 accesiones, que no se encuentran registradas en ninguna otra colección o institución encargadas de la conservación.

Este trabajo está orientado a la caracterización morfológica de las 37 accesiones que se encuentra con el estatus de “únicas”. Con ello, se determinará si existe duplicidad; mediante la clasificación morfológica en grupos según su afinidad. Se analizará la disposición de materiales para investigaciones futuras, generará información que retroalimente el banco de datos existente, y se realizará la distribución de los materiales regenerados al CIAT y otros centros de conservación.

1.1 Objetivo general

Realizar la caracterización morfológica de 37 accesiones “únicas” de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), del Banco de Germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

1.1.1 Objetivos específicos

- Determinar el nivel de diversidad morfológica presente en las 37 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).
- Clasificar los genotipos en grupos en función de sus características morfológicas cuantitativas y cualitativas.
- Determinar cuáles son las variables cuantitativas y cualitativas con mayor capacidad discriminante entre los grupos.
- Determinar la congruencia entre la clasificación con variables cuantitativas y cualitativas.

1.2 Hipótesis del estudio

- Existe diversidad morfológica entre las 37 accesiones de *Manihot esculenta* Crantz.
- Los descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos permiten discriminar entre genotipos y establecer grupos de accesiones.
- Los descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos tienen diferente capacidad discriminante.
- Los grupos formados mediante descriptores cuantitativos son congruentes con los formados por descriptores cualitativos.

2 REVISION DE LITERATURA

2.1 Origen e historia de la yuca

Se han definido cuatro centros de origen para el género *Manihot*; el primero lo constituye la parte Central del Brasil (al sur del Estado de Goias y al Occidente de Minas Gerais), con cerca de 38 especies que representa el área de mayor diversidad, el segundo es la parte Suroccidental de México y contiene 19 especies, el tercero es la parte Noroeste del Brasil y el cuarto es la región Occidental del Mato Grosso en Brasil y Bolivia (Domínguez 1982). Por otro lado Sauer (1952) propone a Venezuela como posible centro de origen y Rogers (1973) a México como otro posible centro de origen.

El género *Manihot* es miembro de la familia de las Euforbiáceas, sólo se encuentra en forma natural en el hemisferio occidental entre la parte sur de Estados Unidos y Argentina (Domínguez 1982). Según estudios basados en colecciones hechas en los trópicos del hemisferio occidental se definen 98 especies dentro del género *Manihot*.

Este es un cultivo de raíces que se propaga vegetativamente a partir de estacas y donde las tribus indígenas aprendieron a extraer el líquido tóxico de las raíces y posteriormente con la pulpa preparaban harinas, las hojas también se utilizaban como legumbres (Howeler 1981). Montaldo (1985) señala que la yuca era cultivada por los timotes-cuicas de la Sierra de Mérida, Venezuela. El descubrimiento del gran río Amazonas indica a la yuca o mandioca, como planta alimenticia de esa región.

Montaldo (1985) señala que para el siglo XVI el cultivo era común en Trinidad, Venezuela y Nueva Granada, donde los saes y guayupes de Ariari hacían casabe (Pan de yuca) y chicha (Bebida fermentada). Se mantuvo en Brasil y fue propagada al resto del mundo por los comerciantes portugueses que la llevaron hasta la cuenca del Congo a fines del siglo XVI (Huaral 2005). La salida de la yuca de América surge después de la conquista de América y fue introducida a África y Asia, donde llegó a ser un cultivo importante para el consumo humano y animal (Howeler 1981).

2.2 Importancia económica y social

La yuca junto con el maíz, la caña de azúcar y el arroz constituyen la fuente de energía para la alimentación más importante en las regiones tropicales del mundo (Ceballos 2002).

Este cultivo ocupa el cuarto lugar como producto básico más importante después del arroz, trigo y maíz. Es un componente básico en la dieta de 1000 millones de personas, con una producción para el año 2008 de 238.5 millones de toneladas para el consumo humano, donde el consumo per cápita en los países en vía de desarrollos es de 24.2 kg/año, los menos adelantados (MA) con 62.8 kg/año y los países de África Subsahariana con un consumo de 106.4 kg/año (FAO/FIDA 2000 y FAO 2008).

Por otro lado, Montaldo (1989) y Buitrago (1990) indican que la yuca es el cultivo que produce mayor cantidad de energía, seguido de maíz, arroz, ocumo, sorgo y papa. Es una de las raíces comestibles y comerciales más usadas en el mundo, principalmente como fuente de carbohidratos, especialmente por su contenido de almidón, que después de la celulosa es la materia orgánica de mayor disponibilidad. El almidón es un recurso renovable que le permite competir con el petróleo y sus derivados en aplicaciones que van desde generador de energía (alcohol etílico), en la industria textil, en la fabricación de papeles adhesivos y puede tener potencial en la producción de dextrosa.

Montaldo (1989) señala que la producción de este rubro en el trópico, está dentro de los 10 cultivos más importantes. Es producido por agricultores de pocos recursos económicos, en suelos de baja fertilidad natural e inapropiados para otras plantas alimenticias, siendo una de las principales fuentes de carbohidratos, lo que le otorga una significación social importante. Por otra parte, también se ha convertido en un cultivo agroindustrial de muy amplio desarrollo.

África es el continente con mayor producción mundial, alcanzando en el año 2006 el 53.94% del total, siendo Nigeria el mayor país productor con 45.7 millones de toneladas, que ya de por sí supera a la producción de América y Oceanía juntas. Asia produce el 29.6% de la yuca mundial, destacando Tailandia con 22.6 millones de toneladas, seguida de Indonesia con 19.9 millones. El país americano que más yuca produce es Brasil, con 26.713.038 de toneladas, representando el 72.16% de la producción americana (FAO/FIDA 2000).

La mayor parte del cultivo de la yuca se produce en fincas de pequeños agricultores y en áreas agrícolas marginales (FAO/FIDA, 2000). La yuca representa un gran aporte en el mejoramiento de la alimentación de las zonas tropicales, donde el rendimiento por hectárea es superior al de los cereales (Montaldo 1979).

2.3 Distribución de género y especies afines

El género *Manihot* es uno de los cultivos que tiene un alto número de especies silvestre y relacionada (Chávez 1990). Rogers y Appan (1973) encontraron tres grupos de especies que tienen gran afinidad morfológica a las especies cultivada.

En México y América Central están las especies *M. aesculifolia* y *M. rubricaulis*; Guyana esta la especie *M. tristis*, Subs. *saxicola* y en Brasil, Paraguay y Argentina están las especies *M. pilosa*, *M. leptopoda*, *M. caerulescens* Subs. *caerulescens*, *M. zehntneri* y *M. grahami*.

Olser y Schaal citado por Duputiea et ál. (2009) indica que la diversidad de las variedades criollas es particularmente marcada en América del Sur, donde el cultivo fue domesticado por primera vez.

2.4 Taxonomía y morfología

2.4.1 Taxonomía

El género *Manihot* pertenece a la familia Euphorbiaceae constituida por unas 7.200 especies que se caracterizan por su notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuesta por células secretoras llamadas galactocitos que producen una secreción lechosa que caracteriza las plantas de esta familia. Dentro de esta familia existen una gran variedad de arquitecturas de planta, desde los tipos arbóreos como el caucho (*Hevea brasiliensis*) hasta los arbustos de importancia económica como el ricino (*Ricinus comunis*) (Ceballos y Cruz 2002).

La yuca es un arbusto perenne que alcanza una altura entre los 90 y 250 centímetros, tiene grandes hojas palmeadas y sus raíces son comestibles (las hojas se pueden usar como forraje). Las flores nacen en el extremo del tallo y su color varía del púrpura al amarillo. La planta es "monoica", lo que significa que en ella misma, crecen separadas flores masculinas y

femeninas; las femeninas maduran más pronto y el cruce con otras plantas ocurre mediante la polinización con insectos (SADR B (s.f)).

Rogers, citado por Montaldo (1985) señala que el género *Manihot*, tiene alrededor de 180 especies, con árboles de más de 15 m de alto y entre los árboles hay algunos que producen caucho de poco valor industrial. El género se compone principalmente de arbustos y está confinado desde Arizona, en Estados Unidos hasta Argentina.

Posición sistemática

Clase:	Dicotyledoneas
Subclase:	Archichlamydeae
Orden:	Euphorbiales
Familia:	Euphorbiaceae
Tribu:	Manihoteae
Género:	Manihot
Especie:	<i>Manihot esculenta</i> Crantz

Fuente: (Domínguez 1981).

2.4.2 Morfología

La planta de yuca se divide en dos partes principales, una parte aérea (tallo, hojas, flores y semillas) y la parte radicular o raíz (Montaldo 1985).

2.4.2.1 El tallo

Ceballos y Cruz (2002) señalan que los tallos están formados por la alternación de nudos y entrenudos. En las partes más viejas se observan unas protuberancias que marcan en los nudos la posición que ocuparon inicialmente las hojas. La longitud del entrenudo es otra característica del tallo y ese carácter está condicionado por el medio en que se desarrolla el cultivo (Figura 1A). El grosor del tallo es importante y se le ha indicado como asociado directamente con alto rendimiento (Montaldo 1985).

El color del tallo, a los 6-8 meses de desarrollo se manifiesta como: rojo claro, rojo oscuro, marrón, verde oscuro, verde claro o amarillo. Muestra una corteza y un cilindro central, donde la corteza se divide en: corteza externa y la corteza interna (Montaldo 1985). Las estacas plantadas dan origen, preferentemente en su extremo apical, a uno o varios tallos. Cada tallo, puede ramificarse, a cierta altura del suelo, constituyendo la ramificación primaria, donde el tipo que predomina en la yuca cultivada es de tres ramificaciones, siendo este un carácter importante desde el punto de vista agronómico, especialmente para efectuar labores

de escarda. La posición de los tallos puede ser. 1) erecta; 2) decumbente; y 3) acostada (Montaldo 1985).

2.4.2.2 Las hojas

Las hojas son simples y están compuestas por la lámina foliar y el peciolo. La lámina foliar es palmeada y profundamente lobulada (Figura 1A). El número de lóbulos en una hoja es variable y por lo general es impar, oscilan entre tres y nueve. Los lóbulos miden entre 4 y 20 cm de longitud y entre 1 a 6 cm de ancho; los centrales son de mayor tamaño que los laterales (Ceballos y Cruz 2002, Montaldo 1985).

Se puede clasificar la forma de los lóbulos de distintas maneras y con un número variable de categorías. Una clasificación simple distingue tres tipos de lóbulos: lineal o recto, abovado y en forma de guitarra (pendulado). Pero existen tipos intermedios que han motivado otras formas de calificar dicha característica, el haz de la hoja está cubierta por una cutícula cerosa brillante, mientras que el envés es opaco y en él se encuentran localizados la mayoría de los estomas, aunque algunas variedades también presentan abundantes estomas en el haz (Ceballos y Cruz 2002).

El tamaño de la hoja se mide por el largo del lóbulo medio donde el color de la cara superior puede ser: verde, verde marrón o verde claro. Los pecíolos son largos y delgados de 20-40 cm. Sus colores son: rojo, rojo verdoso, verde rojizo y verde (Montaldo 1985).

Las hojas maduras son siempre glabras; es decir, que carecen de pubescencia, las hojas del cogollo; sin embargo, pueden o no ser pubescentes y éste es un aspecto relevante, pues la pubescencia en las hojas del cogollo está estrechamente relacionada a la resistencia a trips (Ceballos y Cruz 2002).

2.4.2.3 Las raíces

La principal característica de las raíces de la yuca es su capacidad de almacenamiento de almidón, razón por la cual es el órgano de la planta que hasta el momento ha tenido un mayor valor económico (Ceballos y Cruz 2002).

Cuando la planta proviene de semilla sexual, se desarrolla una raíz primaria pivotante y varias de segundo orden. Aparentemente, la raíz primaria siempre evoluciona para convertirse en una raíz tuberosa y es la primera en hacerlo. Si la planta proviene de estacas las raíces son

adventicias y se forman en la base inferior cicatrizada de la estaca, que se convierte en una callosidad y también a partir de las yemas de la estaca que están bajo tierra (Figura 1A). Estas raíces al desarrollarse, inicialmente forman un sistema fibroso, pero después algunas de ellas (generalmente menos de 10) inician su engrosamiento y se convierten en raíces tuberosas (Ceballos y Cruz 2002).

Si se corta transversalmente una raíz de yuca se muestran dos divisiones principales; la corteza externa llamada también súber o corcho y la corteza interna que está formada por felodermis (tejido vivo en constante división) que no lleva esclerénquima como en el tallo (Pérez 1987).

2.4.2.4 El fruto

Es una cápsula tricarpelar, provista de seis alas y se abre por seis valvas en la madurez, lo que por lo general, se produce a partir de los cinco meses (Pérez 1987, Ceballos y Cruz 2002).

El fruto cortado transversalmente presenta un epicarpio, un mesocarpio y un endocarpio. El pericarpio es leñoso y con tres lóbulos, cada uno con una sola semilla; cuando el fruto está maduro y seco, el pericarpio se abre liberando y dispersando las semillas (Figura 1B). Con separación de los tejidos tanto a lo largo de la nervadura en el medio de cada lóbulo del fruto, como entre las separaciones entre los mismos (Ceballos y Cruz 2002).

Al madurar la semilla, el epicarpio y el mesocarpio se secan. El endocarpio que es de consistencia leñosa se abre bruscamente cuando el fruto está maduro y seco para liberar y dispersar a distancia las semillas (SADR B s.f).

2.4.2.5 La semilla

La semilla tiene forma elíptica de 1-1.5 cm. de longitud, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor. La testa es lisa, de color café con moteado gris. En la parte externa, especialmente si se trata de semilla nueva, se encuentra la carúncula, estructura que se pierde una vez que la semilla ha caído al suelo. El extremo opuesto de la carúncula termina en una pequeña cavidad, posee una testa de color gris, algunas veces jaspeado con manchas oscuras (Figura 1B). Los reportes sugieren que la germinación de la semilla requiere tiempo (Pérez 1987, Ceballos y Cruz 2002).

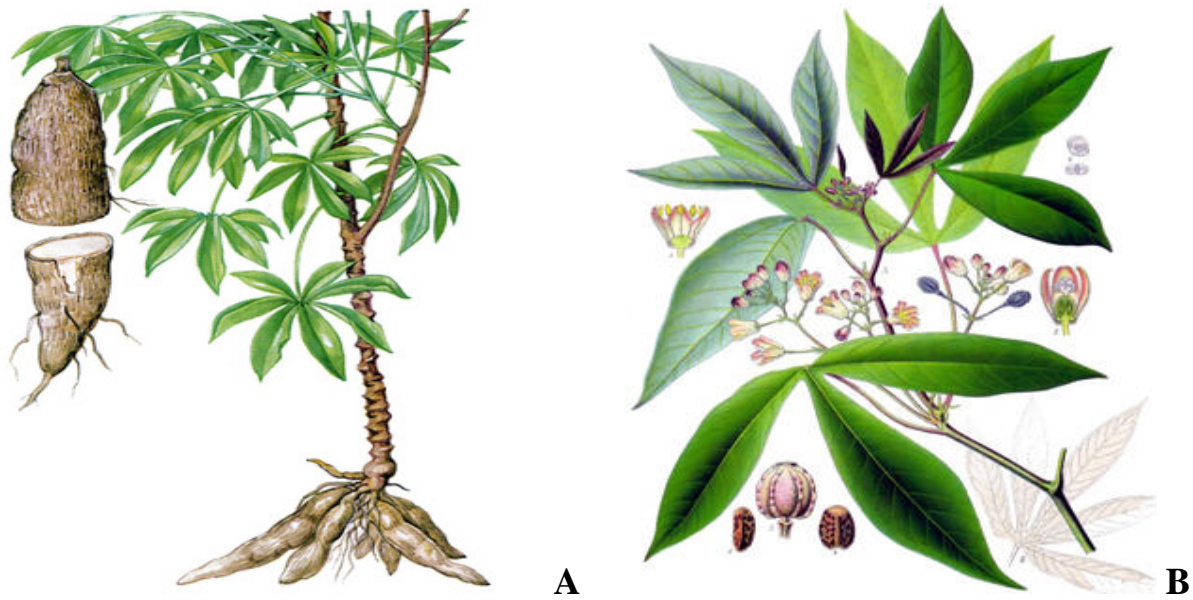
2.4.2.6 Inflorescencia

No todas las variedades de yuca florecen en las mismas condiciones ambientales, y entre las que lo hacen hay una marcada diferencia en cuanto el tiempo de floración y la cantidad de flores que producen. El ambiente influye considerablemente en la inducción de la floración. Como todas las especies del género *Manihot*, la yuca es una planta monoica, es decir con flores unisexuales masculinas y femeninas en una misma planta y generalmente, en la misma inflorescencia (Ceballos y Cruz 2002).

Cada inflorescencia posee 50-60 flores monoperiantadas (monoclamideas). Las flores femeninas están en la base de la inflorescencia y son pocas; las flores masculinas se encuentran en la parte alta de la inflorescencia y son abundantes, la proporción es de 6-10 flores masculina por flor femenina (Ceballos y Cruz 2002, Montaldo 1985).

Las flores de la yuca son muy modestas y sencillas. No presentan ni cáliz ni corola, sino que hay cinco tépalos (algo intermedio a los sépalos y pétalos en las flores completas). Los tépalos pueden ser amarillos, rojizos o morados, y en las flores femeninas se encuentran totalmente separado el uno del otro hasta su base, cosa que no sucede en las masculinas. La flor masculina es esférica, con un diámetro de aproximadamente 0.5 cm (Figura 1B). Presenta un pedicelo recto y muy corto, mientras que el de la flor femenina es más grueso y largo. La flor femenina es ligeramente más grande que la masculina, sobre todo en el eje longitudinal (Ceballos y Cruz 2002).

La flor femenina tiene en su interior un disco menos lobulado que el de la flor masculina, el cual descansa sobre la pared central del ovario. El ovario es súpero, dividido en tres carpelos que contiene cada uno un óvulo individual, penduloso, anátropo con un rafe ventral y el micrópilo dirigido hacia arriba. Sobre el ovario se encuentra el estilo muy pequeño que da origen a un estigma compuesto de tres lóbulos ondulado y carnoso. Las flores masculina y femeninas no polinizadas, generalmente se desprenden una vez se inicia el proceso de maduración de los frutos (Ceballos y Cruz 2002).



Fuente: <http://chupiguay.wordpress.com/2009/02/13/la-mandioca-o-yuca/>

Figura 1: A. La raíz, tallo y hoja de la yuca B. La flor, semilla, fruto e inflorescencias de la planta de yuca.

2.5 Plagas y enfermedades

América tiene la mayor diversidad de plagas que atacan la yuca, seguida por África y Asia. Bellotti et ál (1982) expresa que la mayor diversidad de insectos y ácaros reportados atacando el cultivo de yuca se encuentran en Sur América, debido a que su origen se encuentra en este continente. El movimiento de las plagas dentro de las Américas ha sido extenso debido a que la yuca se cultiva en casi todos los países tropicales y subtropicales y a que el intercambio de germoplasma entre agricultores ha sido y continúa siendo una práctica importante de intercambio.

El daño ocasionado en África es alto debido a la ausencia de depredadores naturales de estas plagas. El daño es mayor durante los períodos secos o en las regiones áridas con poca pluviosidad o con un patrón irregular de lluvias (Jorge 2008).

2.5.1 Plagas

Entre las plagas más comunes que atacan el cultivo podemos encontrar que las principales que atacan la yuca en América son; las escamas (*Aonidomytilus albus*), las termitas y los saltamontes están ampliamente distribuidos en todas las regiones productoras. Además

otras plagas que atacan en América son la mosca blanca (*Aleurotrachelus socialis* y *A. aepim*), el gusano cachón (*Erinnyis ello*), el barrenador del tallo (*Chilomina clarkei*), los minadores (*Sternocoelus manihoti* y *Tropidozineus fulveolus*), los trips (*Frankliniella williamsi*) y los chinches de encaje (*Vatiga manihoti*, *V. illudens* y *Amblydtira machalana*); El ácaro verde (*Mononychellus tanajoa*) (América y África) y el piojo harinoso (*Phenococcus manihoti* y *P. herreni*) son la causa del mayor daño en África; (Jorge 2008).

2.5.2 Enfermedades

Entre las principales enfermedades de la yuca podemos citar el complejo del mosaico de la yuca (cassava mosaic disease, CMD), causado por los virus del mosaico africano de la yuca (*African cassava mosaic virus*, ACMV); el mosaico del África oriental de la yuca (*East African cassava mosaic virus*, EACMV), el mosaico surafricano de la yuca (*South African cassava mosaic virus*, SACMV); y el Virus del rayado pardo de la yuca (*Cassava brown streak virus*, CBSV) en África (Jorge 2008).

También Jorge (2008) señala que para América del Sur, las principales enfermedades virales son causadas por el Virus del mosaico común de la yuca (*Cassava common mosaic virus*, CsCMV), y por el Virus del cuero de sapo de la yuca (*Cassava frogskin virus*, CFSV). Las enfermedades como la bacteriosis o el añublo vascular de la yuca (*Cassava bacterial blight*, CBB), la antracnosis de la yuca y la pudrición de la raíz, causadas por hongos son de importancia mundial.

2.6 Aporte nutricional y composición química

Montaldo (1979) informa que la raíz de yuca contiene menores cantidades de grasa y proteína que el arroz, maíz u otros cereales. El follaje y la raíz son dos productos que cuando son balanceados con otros componentes de la dieta humana como animal, son de alto valor nutritivo. Las hojas contienen más del doble de proteínas que los tallos, también son más ricas en caroteno, calcio, fibras y grasas que las raíces. La raíz es fundamentalmente rica en carbohidratos (Montaldo 1979 y Buitrago1990).

La producción de follaje de yuca por hectárea cuando el cultivo se destina exclusivamente a la producción de este material, es de aproximadamente 150 toneladas por año. El contenido proteico del material es de alrededor de 20 %, lo que indica que es factible

obtener 35 toneladas de harina de follaje (hojas y tallos) con 12 % de humedad, que contiene a su vez unas 6 toneladas de proteína (Fuenmayor et ál. 2005).

Buitrago (1990) determinó en estudios los contenidos de materia seca, contenido de proteína total, composición química de la raíz y follaje del cultivo de la yuca (Cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Contenido de materia seca (%) y proteínas total de la raíz y follaje de la yuca

Producto	Materia seca (%)	Proteína (g/kg)
Raíz fresca de yuca	35.0	12
Raíz seca de yuca (harina)	90.0	34
Follaje fresco de yuca	28.0	65
Follaje seco de yuca (harina)	90.0	220

Fuente: Buitrago, 1990.

Cuadro 2. Composición química de la raíz y del follaje de la yuca (base húmeda y base seca)

Fracciones	Contenidos (%)			
	En las raíces		En el follaje	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Materia seca	35.00	100.00	28.00	100.00
Proteína cruda	1.10	3.10	6.80	24.00
Extracto no nitrogenado	31.70	90.50	10.60	37.70
Extracto etéreo	0.47	1.30	1.80	6.50
Fibra cruda	1.10	3.10	5.80	20.60
Ceniza	0.70	1.90	1.70	6.00
Calcio	0.10	0.33	0.43	1.50
Fósforo	0.50	0.44	0.08	0.27

Fuente: Buitrago, 1990 Nota: Follaje = hojas y tallos tiernos. Los tallos representan menos del 20% del peso el follaje

Según Fuenmayor et ál (2005) el contenido de vitaminas y minerales en las raíces de la yuca es bajo, pero por el contrario las hojas de yuca son uno de los vegetales verdes con mayor concentración proteica: aminoácidos, vitaminas, minerales, ácidos, carbohidrato (77.% de agua, 13.3% de carbohidratos solubles y 1.2.% de grasa). Contiene 18 aminoácidos esenciales, minerales (hierro, calcio, potasio, fósforo, magnesio, zinc y cobre) y un alto contenido de betacarotenos y vitaminas A, B1, B2, B6, B12 y C. Buitrago (1990) determinó el contenido de minerales y vitaminas en las raíces y hojas de yuca fresca (Cuadro 3 y 4).

Cuadro 3. Presencia de vitaminas en las raíces y hojas de yuca fresca (Base húmeda) y secas (Base seca)

Vitamina	Contenido/100 g de producto			
	En las raíces		En el follaje	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Vitamina A (UI)	19.50	55.00	20.00	70.00
Tiamina (B-12) (mg)	0.05	0.16	0.13	0.46
Riboflavina (B-2) (mg)	0.30	0.08	0.26	0.91
Niacina (mg)	0.06	0.17	1.60	5.70
Ácido ascórbico (mg)	30.00	86.00	290.00	980.00

Fuente: Buitrago, 1990.

Cuadro 4. Principales minerales contenidos en las raíces y hojas de yuca

Minerales	Contenidos (%)			
	En la raíces		En el follaje	
	Base húmeda	Base seca	Base húmeda	Base seca
Potasio (%)	0.25	0.72	0.35	1.23
Magnesio (%)	0.03	0.08	0.12	0.42
Hierro (ppm)	17.00	48.00	24.00	859.00
Cobre (ppm)	2.00	6.00	3.00	12.00
Zinc (ppm)	14.00	41.00	71.00	249.00
Manganeso (ppm)	3.00	10.00	72.00	252.00
Sodio (ppm)	76.00	213.00	51.00	177.00

Fuente: Buitrago, 1990

2.7 Recursos fitogenéticos

Los recursos genéticos constituyen las bases biológicas para la seguridad alimentaria mundial y están conformados por la diversidad del material genético que contienen las variedades tradicionales y los cultivadores modernos, así como las plantas silvestres afines a las cultivadas. Estos recursos son la materia prima de los fitomejoradores y el mayor aporte para la producción y diversidad genética que utilizan los agricultores (FAO 1996).

Campos y Seguel (2000) también expresan que los recursos fitogenéticos constituyen una importante fuente de diversificación, generando nuevos productos y/o servicios agropecuarios, y se definen como aquellos materiales vegetales de uso actual o potencial en beneficio de la humanidad.

Martínez (s.f), expresa que los procesos evolutivos ha originado una enorme diversidad de especies e individuos que mediante el transcurso de selección permanente se han adaptado a las diferentes condiciones del mundo. Esta variabilidad genética acumulada resulta esencial para el equilibrio del sistema y constituye lo que se denomina germoplasma del planeta como un patrimonio de la humanidad de valor incalculable y su pérdida es un proceso irreversible que supone una grave amenaza para la estabilidad de los ecosistemas, el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria del mundo.

Jemining y Martin (1973) señalan la importancia del uso de los recursos fitogenéticos del cultivo de yuca, y el mantenimiento de la colección de germoplasma, debido a la gran variación que tiene esta especie y las especies afines; además, porque esta amplia variación debe preservarse para las futuras generaciones de fitomejoradores, cuyos requerimientos serán posiblemente diferentes a los de ahora, donde ellos plantean que se deberán tener presente dos problemas:

- Evitar la dispersión de enfermedades de virus.
- Establecer métodos evaluatorio de uso general

Montaldo (1985) indica que se deben preservar cuatro categorías de germoplasma para el uso de los mejoradores y fitotecnista: los cultivares especiales, material de mejoramiento, cultivares ordinarios y especies silvestres, donde debe hacerse una colección sistemática, incluyendo muchas variantes ecológicas de cada especie.

2.7.1 Disponibilidad y conservación en bancos de germoplasma a nivel mundial

En la actualidad hay 1.300 bancos de germoplasma de diferentes especies alrededor del mundo totalizando aproximadamente 6 millones de muestras. De ese total alrededor de 600.000 accesiones se mantienen en el Sistema del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR por sus siglas en ingles) y el resto permanece a los bancos de germoplasma nacionales (Mafla y Debouck 2007).

El germoplasma de yuca a nivel mundial incluye alrededor de 20.000 accesiones. El banco de germoplasma más grande se encuentra localizada en el CIAT (Colombia) con un total de 6.499 accesiones procedente de 23 países que comprenden razas nativas de América

Latina y de Asia, clones elite seleccionados por el CIAT y por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA) situado en Nigeria, y varias especies silvestres de *Manihot*. Estos materiales se almacenan como plántulas *in vitro* en condiciones de crecimiento lento. De cada accesión se conservan cinco plántulas en tubos de ensayo, que servirán para diversas finalidades, entre otras la conservación a largo plazo, la distribución para atender los pedidos de germoplasma, las copias de seguridad y la provisión de duplicados para conservar el germoplasma en el país de origen. Parte del germoplasma de yuca se conserva también como semilla (Jorge 2008, Franco 2007, Mafla y Debouck 2007).

Además del banco del CIAT existen otros no menos importantes centros de conservación e investigación del cultivo de yuca, tales como Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA, Brasil), IITA (Nigeria), Ghana e India (Jorge 2008).

El CATIE conserva una colección de 166 accesiones de yuca, procedente de países tales como; Costa Rica (83), Honduras (28), Jamaica (15), Panamá (12), Colombia (6), Brasil (5), Cuba (3) y otros (14), procedente de colectas e intercambios que se han hecho principalmente en las décadas del 70 y 80 (Ebert 2007).

2.7.2 Mejoramiento genético

Es fácil hacer una descripción de una variedad ideal de yuca pero las posibilidades de producirlas son muy escasas. La variedad ideal se basa, específicamente en el aspecto morfofisiológico que se ha observado en la variedad del pasado y bajo esas condiciones. Por lo tanto el fitotecnista debe, en primer lugar, decidir qué atributos son los más importantes en sus nuevas variedades y cuáles deben dejarse de un lado por su importancia secundaria; deben seleccionar sus materiales para esos pocos caracteres importantes, y si es posible con repeticiones en cada condición ecológica donde se proyecta expandir el cultivo de los futuros diez años por lo menos (Montaldo 1985).

Se ha intentado mejorar el cultivo de yuca con métodos convencionales pero los resultados han sido muy escasos. El progreso se ha revelado lento debido a la compleja composición genética de la mandioca que hace difícil su desarrollo eficaz. Las nuevas herramientas como la biología molecular avanzada y la biotecnología pueden invertir esta situación ofreciendo nuevos enfoques para la mejora de la mandioca. Las nuevas tecnologías

tienen el potencial para conseguir que la mandioca sea más productiva, más nutritiva y más provechoso (Kuenema 2002).

La Asociación Mundial para el mejoramiento genético de la mandioca fomenta y utiliza biotecnologías avanzadas como la de los genomas para incorporar al cultivo destinado a la siembra los rasgos deseados, entre ellos mayor resistencia a las plagas y enfermedades, modificación de la calidad del almidón para su mejor comercialización y niveles enriquecidos de proteínas y micronutrientes para hacer más nutritiva la mandioca (Kuenema 2002).

Montaldo (1985) expresa que los objetivos para el mejoramiento de la yuca pueden ser agrupados en tres grandes rubros:

- Rendimiento en raíz reservantes y en contenido de materia total expresado en producción por hectárea y por mes de ciclo.
- Calidad.
- Resistencia a enfermedades.

Los rendimientos se pueden lograr por mejoramiento de las prácticas agronómicas y por mejoramiento fitogenético (uso de buen material de propagación, rotación de cultivo, preparación de suelo, uso de herbicidas, densidad de plantación, fertilización, riego, control de plaga y enfermedades, época de plantación y cosecha entre otros (Montaldo 1985).

En el mejoramiento la calidad se debe tener presente el destino de la cosecha, por ejemplo en el caso de utilizarse para consumo humano o animal en forma directa, sin procesamiento industrial, la yuca debe tener un contenido de ácido cianhídrico (HCN) no superior a 100-200 $\mu\text{g/g}$ de peso seco de raíz (Montaldo 1985).

Para realizar mejoramiento de alta resistencia a plagas y enfermedades se debe confinarse a una de las más importantes enfermedades o plagas, de acuerdo a las condiciones ecológicas en que se desarrollan los cultivos comerciales. (Montaldo 1985).

Otros de los objetivos que también deben lograrse son la baja toxicidad y la forma de la raíces y características de enraizamiento que facilite la cosecha (Montaldo 1985).

2.7.2.1 Logros y avances de programas de fitomejoramiento de yuca en la región de América Latina

Entre los trabajos de fitomejoramiento efectuados en la región se tienen los realizados por el CIAT en Colombia, para problemas de resistencia o tolerancia a la mosca blanca donde se detectó una variedad proveniente de Ecuador (MECU 72) mostrando un excelente nivel de resistencia de tipo antibiosis. La antibiosis de MECU 72 es la primera fuente reportada en los cultivos que son afectados por la mosca blanca (Ceballos et ál. 2002).

Ceballos et ál. (2002), nos señala que se han seleccionado variedades del Banco de Germoplasma del CIAT, elegidos como progenitores que se caracterizan por su alta productividad de MS (materia seca) ejemplo: MIPIs, SM 1565 y SM 1219-9, mientras que progenitores que presentan excelente características para el procesamiento para consumo humano (MPER 183 y SM 1460-1), reconocida capacidad combinatoria para producir buena progenies (SM 805-15 y SM 1565-17) y características especiales como la resistencia a la pudrición de las raíces (CM 4574-7).

En Cuba han obtenido buenos resultados en clones (Señorita, CMC-40 y CEMSA 74-725), donde sus característica han permitido al mercado nacional proveer raíces fresca durante los 12 meses del año. En Ecuador se han introducido variedades e híbridos que han sido evaluados con los materiales locales en pruebas regionales donde se han implementado las prácticas sencillas y de bajo costo recomendadas por el CIAT donde han logrado rendimiento de 217 % superando el promedio nacional (Herskey 1991).

En México con el programa de mejoramiento a seleccionado las accesiones MPan 51 y MMex 59, y se han liberado respectivamente con los nombres Sabanera y Costeña; Sabanera estaba destinada a suelos típicos de la Sabana de Haimaguillo (Región con gran impacto de plagas, enfermedades y desordenes nutricionales), mientras Costeña es adaptada a suelos costeros aluviales. En Panamá la información recopilada ha permitido identificar y seleccionar algunos materiales promisorios (el clon 14, el clon 23 y UCU-2096) que han servido como base para futuras investigaciones de mejoramiento genético, el programa de Investigaciones de yuca del IDIAP ha logrado, en colaboración con el CIAT, introducir más de 40 genotipos *in vitro* y más de 600 líneas F1 por medio de semillas botánica. Como resultado de estos genotipos se han seleccionado materiales promisorios entre los cuales esta Dayana, con

rendimiento de 32 t/ha. Otros materiales seleccionados promisorios son Chirú, Gigante y China Amarilla (Herskey 1991).

2.7.3 Los bancos de germoplasma

Existen dos estrategias generales de conservación de germoplasma: *in situ* (ecosistemas y hábitat naturales) y *ex situ* (bancos de germoplasma de semilla, colecciones de campo, jardines botánicos y colecciones *in vitro*), estos métodos no son mutuamente excluyentes sino más bien complementarios (Campos y Seguel 2000).

Las colecciones en campo son aquellas donde las plantas, frutales y cultivos de invernadero se mantienen en el campo. Esto se hace con el germoplasma que de otro modo es difícil mantener en forma de semilla, mientras que la conservación *in vitro* es aquella que guarda el material genético en forma de tejidos de plantas que crecen en un cultivo activo en un medio sólido (Padrón 2006).

Para el establecimiento, mantenimiento y desarrollo del cultivo *in vitro* y campo de los programas de conservación del cultivo de yuca, se deben de tomar en cuenta las siguientes condiciones:

2.7.3.1 Colección *in vitro*

Para Mafla et ál. (s.f) el mantenimiento de una colección *in vitro* de germoplasma de yuca se puede realizar utilizando las siguientes condiciones:

- Temperatura constante 23-25° C.
- 12 horas día/noche con 1000 lux de iluminación.
- Medio de Murashige Skoog modificado (MS, 2% de sacarosa, 0.04 mg/l BAP, 0.05 mg/l GA, 0.02 mg/l NAA, 0.7% agar).
- Tubos de ensayo 25x150 mm cubiertos con papel aluminio y sellados con cinta extensible. Son mantenidos por cada accesión 5 tubos

2.7.3.2 Colección en campo para la conservación y caracterización

2.7.3.2.1 Condiciones climáticas

El cultivo se desarrolla bien entre los 30°N y los 30°S en áreas en las que la pluviosidad anual es superior a los 750 mm, con temperaturas por encima de 18°C y en altitudes de bajas a medias (por debajo de los 1500–2000 msnm) (Jorge 2008).

2.7.3.2.2 Época de siembra

Si en el lugar seleccionado para la siembra las lluvias son estacionales y no hay disponibilidad de riego, se debe efectuar la siembra hasta que se pueda contar con un patrón de lluvias estable (Jorge 2008).

2.7.3.2.3 Regeneración

Debe efectuarse la regeneración entre los 18 y 24 meses después del establecimiento, cuando todas las plantas hayan completado su ciclo de crecimiento (Jorge 2008).

2.7.3.2.4 Preparación del material de siembra

Se deben seleccionar plantas durante el cultivo anterior y las estacas deben cortarse antes de que la planta empiece a perder sus hojas, seleccionando la porción madura del tallo, y descartando los tallos verdes superiores y los de la parte inferior de la planta. El corte de las estacas debe hacerse en ángulo recto; éstas deben medir por lo menos 20 cm de largo y tener por lo menos de 4 a 5 nudos con yemas viables para garantizar el establecimiento del cultivo. Las estacas deben de venir de plantas libres de enfermedades y daños de insectos (Lardizábal 2002 y Jorge 2008).

2.7.3.2.5 Selección y preparación del campo

Jorge (2008) señala que el suelo seleccionado debe ser uniforme en cuanto a fertilidad, textura (ligera), profundidad (profundos) y drenaje (bien drenados); en lo posible, las parcelas deben estar libres de malezas. El muestreo de suelo es indispensable, se debe preparar unos 30 días antes de la siembra (Lardizábal 2002).

2.7.3.2.6 Distribución espacial de las parcelas, densidad y distancia de siembra

El germoplasma debe ser agrupado de acuerdo con su vigor, tamaño de planta, hábito de ramificación y tendencia al volcamiento; clasificándolo en por lo menos en tres grupos:

vigor alto, intermedio o bajo. La distancia debe ser de 2.2, 1.5 y 1.0 m entre parcelas para los grupos de vigor alto, intermedio o bajo, respectivamente (Jorge 2008).

2.7.3.2.7 Método de siembra

Las estacas deben sembrarse directamente en la tierra (de manera que quede cubierta la mitad o un tercio de la estaca) o en caballones o montículos, en forma vertical o inclinada, o incluso se pueden enterrar horizontalmente 5 cm por debajo de la superficie del suelo (Jorge 2008). La siembra de forma horizontal no se recomienda para realizar caracterizaciones, los materiales tienden a producir un mayor número de brotes (Lardizábal 2002).

2.7.3.2.8 Control de maleza

El control de maleza debe hacerse antes de la emergencia, arando y rastrillando el suelo o aplicando un herbicida de acción pre-emergente antes de la siembra. Después de la emergencia, las malezas se controlan con aplicaciones de herbicida, con una grada para desyerbar entre surcos o haciendo limpieza manual (Jorge 2008).

2.8 Caracterización del Germoplasma

Para caracterizar un germoplasma, se cuenta con una gran cantidad de métodos tales como: marcadores citológicos (cariotipos); marcadores bioquímicos (análisis de isoenzimas, electroforesis de proteínas, metabolitos secundarios); marcadores moleculares (RFLP, AFLP, RAPD, microsatélites y otros); marcadores morfológicos y caracteres agronómicos (Potter y Jones 1991 y Harding 1996).

2.8.1 Caracterización Morfológica

La caracterización es un proceso que consiste en recoger las características de una muestra o variedad nativa con base en una lista de descriptores morfológicos (Lobo 2004). Los caracteres morfológicos han sido muy usados para la identificación de especies, familias y géneros de plantas. Además, las características y su etnobotánica han sido el tema de numerosos estudios en genética de población y agricultura, donde la resistencia a plagas y enfermedades y el rendimiento han sido factores importantes (Falconer, citado por González 2003).

Para la caracterización y la evaluación morfoagronómica es necesario sembrar el material genético y evaluarlo en lotes experimentales o en campos de agricultores. En esta etapa; además, se hace una valoración agronómica del potencial productivo y se evalúa la tolerancia a plagas, enfermedades y estrés bajo condiciones abióticas, en un diseño experimental con testigos de referencia (variedades comerciales o cultivares de uso común en la región (Franco y Hidalgo 2003).

Dicha caracterización debe permitir diferenciar a las accesiones de una especie. La evaluación comprende la descripción de la variación existente en una colección para atributos de importancia agronómica con alta influencia del ambiente, tales como rendimiento. Se realiza en diferentes localidades, variando los resultados según el ambiente, además de ocurrir interacción genotipo – ambiente (Abadie y Berretta 2001).

Por tal motivo son muy importantes la calidad y el buen uso de los descriptores que se deben emplear y ellos deben reunir las mejores características para lograr obtener los mejores datos según sea las características que busquemos.

2.8.1.1 Descriptores morfológicos

Los descriptores morfológicos califican las características de la muestra o variedad nativa con un valor numérico, código o adjetivo calificativo (Lobo 2004). Por otro lado Abadie y Berretta (2001) señalan que en la caracterización y la evaluación se utilizan descriptores, que son caracteres considerados importantes y/o útiles en la descripción de una muestra.

Ceballos y Cruz (2002) señalan que todas las descripciones botánicas se basan en el análisis de caracteres morfológicos que cuando llegan a ser constantes nos permiten tipificar a las especies, pero también nos dice que la expresión de muchas características es variable y profundamente influidas por el ambiente.

La interacción de la variedad por ambiente es muy marcada en el cultivo de yuca donde ciertas características como la arquitectura típica de una determinada variedad situada en un ambiente específico, cambian drásticamente cuando la misma variedad sea plantada en otra localidad, por tal razón esta característica dificulta la descripción morfológicas de la especie, así como la descripción varietal (Ceballos y Cruz 2002).

La calidad de los descriptores morfológicos está definida principalmente por la experiencia del curador, investigador o persona que realiza la caracterización. Asimismo los criterios que pueden definir un descriptor son la heredabilidad, valor taxonómico y valor agronómico (Lobo 2004).

El CATIE (1981) señala que para elaborar una lista de descriptores se deben tomar en cuenta dos tipos de características, teniendo en cuenta que no existe una división entera entre ellas; descriptores que sirven para distinguir y caracterizar el germoplasma y aquellos que ven características de importancia agronómicas, como tipo de raíz, alturas de la planta, contenido de ácido cianhídrico (HCN), forma de la planta, entre otras. Lobo (2004) señala que los descriptores morfológicos que registran mejor la variabilidad son:

1. Color de la hoja apical sin extenderse
2. Forma del lóbulo de la hoja
3. Textura de la superficie de la raíz
4. Color externa de la raíz
5. Color de la corteza del tallo
6. Color del peciolo
7. Color del sépalo
8. Color del ovario
9. Color de disco
10. Color de colénquima
11. Pedúnculo de la raíz
12. Forma de raíz
13. Color de la pulpa de la raíz
14. Color de las anteras
15. Color de la corteza de la raíz

Lobo (2004) señala, que la clasificación de los descriptores morfológicos se dividen en dos características; morfológicas cualitativas, que son los que tienen mayor acción en la manifestación del carácter o determinados por pocos genes y las morfológicas cuantitativas,

que son las que tienen gran interacción con el medio ambiente es decir son las que presentan variación y son determinadas por muchos genes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Principales factores climáticos, edáficos y bióticos que influyen en la expresión de los descriptores morfológicos

Carácter	Factores
Color del cogollo y hoja adulta	Es afectado por la luminosidad, fertilidad del suelo, salinidad, drenaje, plagas y enfermedades
Pubescencia del cogollo	Plagas y enfermedades
Largo y ancho del lóbulo	Luminosidad, fertilidad de semilla y vigor de la planta
Altura de planta	Fertilidad del suelo, temperatura, edad de la planta y estación
Niveles de ramificación	Fertilidad del suelo, temperatura, edad de la planta y estación
Color de peciolo	Edad de la planta
Longitud de peciolo	Vigor de la planta y fertilidad del suelo
Floración	Temperatura y estación
Forma del lóbulo	Edad de la planta
Color de tallo	Edad de la planta
Contenido de ácido cianhídrico	Temperatura, propiedades químicas del suelo y edad de la planta

Fuente: Lobo (2004).

En la actualidad se cuenta con tres listas de descriptores para el cultivo de yuca que han surgido para su caracterización; descriptores del International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR) en 1983, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) en 1998 y la del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología (INIA) en el 2001 (Lobo 2004).

2.8.2 Uso de caracterizaciones morfológicas en el cultivo de yuca

Entre las técnicas más utilizadas para caracterizar y evaluar la diversidad que puede presentar una colección en campo del cultivo de yuca, se tiene las caracterizaciones morfológicas; entre los trabajos más importantes realizado en nuestras regiones se tienen los del CATIE (1981) donde se realizó una caracterización morfológica de las 153 accesiones de yuca perteneciente al banco de germoplasma *in situ*, y se encontró un posible duplicado de 32 accesiones. Para esta investigación se utilizaron 45 descriptores.

Sánchez y Parodi (2001) estudiaron la diversidad 38 variedades de yuca en la zona de Jenaro Herrera – río Ucayali - en la Amazonía Peruana, y encontraron que las características diferenciales entre variedades en los suelo de alturas son: lóbulos de las hojas, número de lóbulos, color de la hojas, color del tallo, tamaño del fruto, la altura de las plantas y aspecto erecto. Beovides et ál. (2002) realizaron la caracterización de un grupo de plantas procedentes de los clones: ‘Señorita’, ‘CEMSA 74-725’ y ‘CMC-76’, propagados por el método tradicional (estacas) en Cuba, en el cual se evaluó el uso de 44 descriptores de Fukura y Guevara (1996) donde se determinaron que el ancho del lóbulo, longitud del lóbulo, longitud del peciolo, altura de la planta y primera ramificación como las características más importante para diferenciar a los clones. Miranda (2009) quien realizó evaluaciones de 16 variedades de yuca para el consumo humano en Masatepe, Masaya, Nicaragua, evaluó un total de 18 descriptores morfológicos principales para caracterizar los genotipos de los cuales ocho eran de tallo, dos de las hojas, dos del peciolo y seis de la parte de la raíz. Marin et ál. (2008) realizaron la caracterización agromorfológica y bioquímica requerida para generar información sobre la potencialidades de vitroplantas de clones de yuca en Venezuela, donde se utilizaron 22 caracteres cualitativos y 5 cuantitativos para un total de 27 descriptores entre los cuales se encuentran 15 morfológicos, 10 agronómicos y 2 complementarios, según el descriptor de EMBRAPA (Fukuda y Guevara, 1998).

Entre los trabajos donde se han comparado las caracterizaciones morfológica con los resultados obtenido en las caracterizaciones moleculares se tienen los de Demey et ál. (2003) quien trabajó en la caracterización morfológica y molecular del 40% del banco de germoplasma *ex situ* de yuca del CENIAP-INIA, Venezuela, ellos evaluaron un total de 19 descriptores recomendados por Fukuda y Guevara (1988) donde encontró como las características más discriminantes al color de las ramas terminal y el largo del peciolo. Acosta et ál. (2006), realizaron la caracterización morfológica y extracción de ADN de 11 clones de yuca en Costa Rica y determinaron que los descriptores que presentaron mayor variabilidad entre los clones fueron el tipo de lóbulo central, número de lóbulos de las hojas, color del peciolo, altura de la planta, color del tallo, diámetro y longitud de la raíz.

2.9 Métodos estadísticos multivariados aplicados a las caracterizaciones morfológicas

Los orígenes del análisis multivariado se remonta al comienzo del siglo XX, con Pearson y Sperman, época en la cual se empezaron a introducir los conceptos de la estadística moderna. En términos generales, el análisis multivariado se refiere a todos aquellos métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples (más de dos variables) de cada individuo (Franco y Hidalgo 2003).

La estadística multivariada es usada para describir y analizar observaciones multidimensionales obtenidas al relevar información sobre varias variables para cada una de las unidades o caso en estudio (Di Rienzo et ál. 2008). Martínez (1995) menciona que los métodos estadísticos multivariados más utilizados en los estudios biotecnológicos son: distancias genéticas, los coeficientes de similitud, dendogramas y conglomerados.

Los análisis de conglomerado permiten implementar distintos procesos para agrupar objetos descritos por un conjunto de valores de varias variables. El agrupamiento de objetos multivariados es frecuentemente utilizado como método exploratorio de datos con la finalidad de obtener mayor conocimiento sobre las estructuras de las observaciones y/o variables en estudio. Este proceso de agrupamiento conlleva inicialmente una pérdida de información (Di Rienzo et ál. 2008).

Los métodos jerárquicos producen agrupamiento de tal manera que un conglomerado puede estar contenido completamente dentro de otro, pero no está permitido otro tipo de superposición entre ellos. Los resultados de agrupamiento jerárquicos se muestran en un dendograma (diagramas de árboles en dos dimensiones), en donde se pueden observar las uniones y/o divisiones que se van realizando en cada nivel del proceso de construcción del conglomerado (Di Rienzo et ál. 2008).

Di Rienzo et ál. (2008) señalan que el análisis de componente principales son técnicas generalmente utilizadas para reducción de dimensiones, donde nos permite examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión que el espacio original de las variables. Los resultados de este análisis se grafican sobre ejes ortogonales que representan los componentes principales y que delimitan un espacio bi o tridimensional en donde los individuos se sitúan

dentro del espacio delimitado por los componentes según los valores de sus coordenadas con respecto a estas.

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el CATIE ubicado en Turrialba, Costa Rica, en la sección conocida como “El Encierro” en los terrenos de Cabiria 6, situada a los 9° 54’ de Latitud Norte, 83° 40’ Longitud Oeste, a una altura de 625 msnm. Su precipitación media anual es de 2700 mm y su temperatura media anual de 22 °C. (CATIE 2009).

3.2 Caracterización morfológica

3.2.1 Material experimental

Para el estudio morfológico, se utilizaron 37 accesiones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) perteneciente a la colección del banco de germoplasma del CATIE. Estas accesiones proceden de diversas colectas hechas entre las décadas de los 50 y 80 en países de la región. Otras accesiones son materiales traídos de diferentes institutos de investigación para su duplicación y conservación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Datos de pasaporte de las accesiones caracterizadas

Nº Introducción	Fecha de Colecta	Genero	Especie	Nombre del clon	País de procedencia
1625	01-09-1950	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Camota corriente	Costa Rica
2070	29-01-1952	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Señora está en la mesa	Cuba
2070 A	29-01-1952	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>		Cuba
2766	01-08-1953	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Cubana blanca	Costa Rica
2788	01-08-1953	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Bayuna	Nicaragua
3032	01-07-1954	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Agricultural white	Jamaica
4207	01-04-1961	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Brazil 14-47-36	Costa Rica
4215	01-04-1961	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Mangi	Costa Rica
4221	01-04-1961	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Pata de paloma	Costa Rica
6377	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Crema	Costa Rica
6380	24-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Corazón	Costa Rica
6387	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Turrucares 3	Costa Rica
6389	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	La garita	Costa Rica
6398	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Amarillo palo blanco	Costa Rica
6399	24-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Puerto Viejo 1	Costa Rica
6400	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Puerto viejo 2	Costa Rica
6402	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Puerto Viejo 4	Costa Rica
6410	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Tilaran I	Costa Rica
6411	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Chiricana blanca	Panamá
6417	24-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Montaña de Tumben	Costa Rica
6425	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Chirrido 2	Costa Rica
6428	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Mame itu	El Salvador
6435	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Japonesa	Costa Rica
6436	01-02-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Sancocho	Costa Rica
6466	01-03-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Itu	Honduras
6469	01-03-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Criolla de Chinandega	Honduras
6474	01-03-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Verdura	Honduras
6479	01-03-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Rodney	Honduras
6487	01-03-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Tegucigalpita	Hondura
7256	01-07-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	P77-7	Panamá
7265	01-07-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Batata (P77-10)	Panamá
7383	01-07-1977	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	P77-17	Panamá
9957	01-10-1979	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>		Costa Rica
10965	01-03-1980	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>		Costa Rica
10966	01-03-1980	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>		Honduras
14274	01-03-1983	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>	Blanca	Panamá
14382	01-04-1983	<i>Manihot</i>	<i>esculenta</i>		Costa Rica

3.2.2 Manejo agronómico

La preparación del suelo se hizo 30 días antes de la siembra, con el uso de un motocultivador, se dejaron las parcelas libres de malezas (Figura 2A). El suelo de las parcelas era uniforme en cuanto a fertilidad, textura ligera, profunda y bien drenada. Se utilizaron distancias de siembra de 2.2, 1.5 y 1.0 m entre lomillos para los grupos de vigor alto, intermedio o bajo después de haber realizado una selección previa al momento de seleccionar las estacas en campo. Las distancias entre plantas fueron de 1.0 a 1.5 m. Se sembraron cinco plantas por cada accesión.

Las estacas utilizadas para la siembras fueron seleccionadas de la parte madura del tallo, descartando los tallos verdes superiores y los de la parte inferior. Los cortes de las estacas se realizaron en ángulo recto; con medidas de 20 cm de largo, o por lo menos de 4 a 5 nudos con yemas viables que garantizaron el establecimiento de la planta (Figura 2B). Se realizó una inmersión de las estacas con el insecticida Malatión a razón 325 cc/200 l de agua y el fungicida Mancozeb a razón 350 cc/200 l de agua por 5 minutos, y se dejaron secar por un periodo de 24 horas (Figura 2C).

La siembra se realizó directamente en la parcela (cubriendo la mitad o un tercio de la estaca) en caballones de forma inclinada con un ángulo de 45°. Se realizó una resiembra a los 15 días después de sembrado al presentarse problemas con el anegamiento en los surcos dos y tres donde se replantaron las accesiones 6469,1625 y 7256.

La fertilización fue de 2.0 qq/ha del abono 20-20-10 a los 30 días después de la siembra y 1.3 qq/ha de Urea a los 75 días después de la siembra (Figura 2D). El control de maleza se hizo de forma manual, con el uso de machetes, cuando el cultivo así lo requería.

**A****B****C****D**

Figura 2: A. Preparación del suelo, B. Selección de semilla, C. Tratamiento de la semilla, D. Abonamiento.

Las accesiones 6400, 14382 y la 14274 fueron atacadas por la mosca del cogollo (*Silba pendula*), para su control se utilizó trampas amarillas que se colocaron a la altura media de la planta de forma dispersa en todo el campo (Figura 3).

**A****B**

Figura 3: A. Trampas amarillas, B. Daños causados en la zona apical por la larva del insecto *Silba pendula*.

3.2.3 Caracterización de las accesiones

Se utilizó la lista de descriptores morfológicos de Fukuda y Guevara (1998), que comprende 72 descriptores, divididos por categorías (Cuadro 7).

Cuadro 7. Cantidad de descriptores por categoría

Descriptores	
Categoría	Cantidad
Mínimo	13
Principales	13
Secundarios	10
Agronómicos Preliminares	19
Complementarios	17
Total	72

Fuente: Fukuda y Guevara (1998)

De las 72 características totales a evaluar, 28 fueron de tipo cuantitativo y 44 características de tipo cualitativo (Anexo 1). Los datos cuantitativos y cualitativos se tomaron a través de visitas periódicas al campo, según lo indican los diferentes descriptores de Fukuda y Guevara (1998) dependiendo del estado fenológico de la planta. Se llevó un registro manual y digital de los datos obtenidos.

Para los datos de los descriptores cuantitativos de longitudes pequeñas, se utilizaron reglas calibradas en milímetros, centímetros y cintas flexibles. Para las medidas mayores, se utilizó reglas calibradas en metros y centímetro. Mientras que, para los datos de los descriptores de color, se utilizó la tabla de colores de hexadecimales avanzados y dibujos de los descriptores de Fukuda y Guevara (1998) (Figura 4A).

Para determinar el ángulo de la primera ramificación se utilizó un transportador de madera calibrado (Figura 4B). Los diámetros y espesores se tomaron con un pie de rey o calibrador Vernier Universal (Figura 4C), y los pesos con una balanza calibrada en kg. Para la toma de los datos del descriptor agronómico preliminar (calidad culinaria), se conformó un panel de cinco personas, que degustaron la pulpa cocida. Además, se evaluaron las características de cocción, textura, sabor y contenido de fibras (Figura 4D).

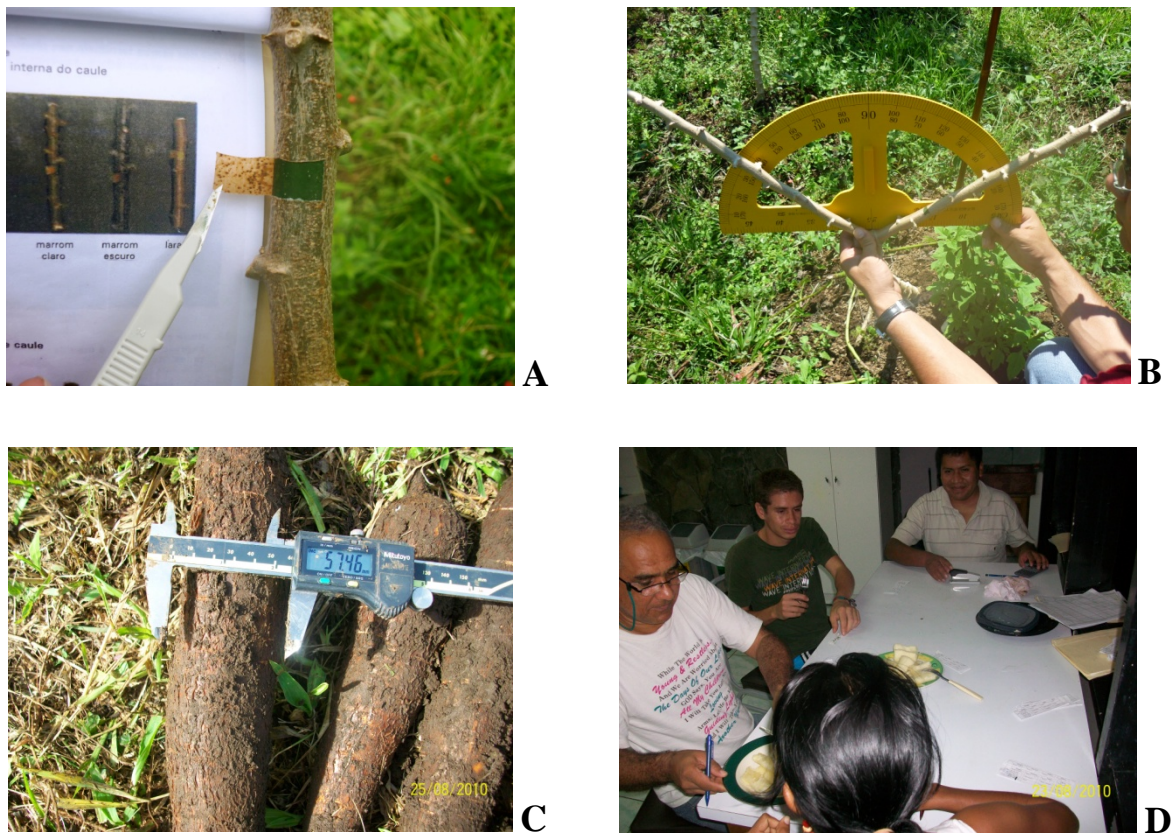


Figura 4: A. Color de la epidermis del tallo, B. Angulo de la primera ramificación, C. Diámetro de la raíz, D. Degustación de la pulpa de yuca.

3.2.4 Análisis estadísticos

Las variables en el estudio se dividieron en *cuantitativas* y *cualitativas*, donde algunas características a evaluar no estaban presentes en las accesiones, por lo que se clasificaron como *completas* e *incompletas* (esta clasificación es para el uso de los análisis estadísticos). Los incompletos son aquellos descriptores que por la interacción fenotipo-ambiente no estaban presentes en el momento de su evaluación, por ejemplo características de la flor y del fruto. Para una mejor organización los resultados de las variables cuantitativas y cualitativas se dividieron según las partes botánicas de la planta: tallo, hojas, flores y semillas (parte aérea) y raíz (parte radicular).

Con la valoración de los descriptores cuantitativos y cualitativos, se confeccionó una base de datos identificando las variables como continuas, discretas, ordinales y nominales. Posteriormente, se obtuvieron bases de datos resumidas considerando el promedio para las

cincos repeticiones por accesiones en el caso de las variables continuas, discretas y ordinales; y en el caso de las variables nominales, se usó la moda como medida de resumen.

Las variables cualitativas nominales fueron transformadas a variables binarias (0,1), por medio de la creación de las variables auxiliares (Dummy). Esta transformación fue necesaria para realizar análisis de conglomerado. Para la descripción de las variables cualitativas se realizaron tablas de frecuencias y para las cuantitativas medidas resumen (medias, mínimos y máximos, desviación estándar y coeficiente de variación).

Con las variables cuantitativas se realizó un análisis de conglomerado utilizando la distancia Euclídea para clasificar las accesiones. Se lograron definir cinco grupos, entre los cuales se realizó un análisis de varianza multivariado, usando la prueba de comparaciones de medias DGC multivariado. Para determinar las variables cuantitativas más importantes en la discriminación se realizó un análisis discriminante lineal. Para caracterizar cada uno de los grupos formados se obtuvieron medidas resumen por grupo (media, mínimo, máximo, CV). Se realizó un análisis de coordenada principal usando distancia obtenida a partir del coeficiente de distancia de Euclídea y se construyó un gráfico con las dos primeras coordenadas principales uniendo las accesiones con un árbol de recorrido mínimo. Para determinar la correlación entre variables cuantitativas se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson.

Para agrupar las accesiones en función de los descriptores cualitativos, se realizó un análisis de conglomerado con el método de Ward a partir del coeficiente de similitud de Jaccard. Se guardaron los primeros cinco grupos formados; y posteriormente, se realizó un análisis de tablas de contingencia con el estadístico de Chi-Cuadrado máximo verosímil, para determinar qué variable cualitativa estaba asociada con la formación de estos grupos.

Las variables que mostraron asociación significativa en el análisis de tablas de contingencia, fueron analizadas con un análisis de correspondencias múltiples. A partir de este análisis, se obtuvieron Gráficos Bi-plot, para visualizar las relaciones entre categorías de las variables categóricas.

Se realizó un análisis de coordenada principal usando una distancia obtenida a partir del coeficiente de similaridad de Jaccard y se construyó un gráfico con las dos primeras coordenadas principales uniendo las accesiones con un árbol de recorrido mínimo

Se hizo un análisis de conglomerado para todas las variables (cualitativas y cuantitativas), usando el método Ward y una distancia obtenida a partir del coeficiente de similitud de Gower para formar cinco grupos. Para estimar la asociación entre las características cuantitativas y cualitativas; se utilizó un análisis de correlación de matrices de Mantel, usando la matriz de distancia de Euclídea para las variables cuantitativas y Jaccard para las cualitativas. Para evaluar el consenso entre los ordenamiento de las accesiones con variables cuantitativa y variables cualitativas se realizó un análisis de Procrustes generalizado

Algunas de las variables cuantitativas y cualitativas analizadas no pudieron ser medidas en todas las accesiones (LSEP, ASEP, LCAF, LSEN y DSEM). Debido a que los análisis multivariados requieren registros completos de información, por lo que estas variables no fueron consideradas para estos análisis.

Por último se construyeron índices para ayudar en la selección de las accesiones en función de características agronómicas, tales como producción comercial, vigor y pos-cosecha. Para esto en primer lugar se transformaron las variables al intervalo $[0,1]$ luego estas variables se sumaron para construir el respectivo índice utilizando los descriptores.

4 RESULTADOS

4.1 Análisis descriptivo de la población

El Cuadro 8 muestra las variables cuantitativas completas que se evaluaron en la sección del tallo y hojas, donde se agrupan 16 características. Las características que presentaron mayor variabilidad fueron el número de estacas comerciales por planta (CV 61.43), la altura de la primera ramificación (CV 53.09) y el número de lóbulos (CV 41.95), mientras que las características con menos variabilidad fue la longitud del lóbulo (CV 20.83).

Cuadro 8. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos para las características de los tallos y hojas de 37 accesiones de yuca

<i>Variable</i>	<i>Nº de observaciones</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Coeficiente de variación</i>	<i>Valores mínimos</i>	<i>Valores máximos</i>
Atura de la planta	37	253.77	59.38	23.40	128.60	388.20
Altura de la primera ramificación	37	96.52	51.24	53.09	23.60	219.40
Nivel de ramificación	37	3.68	1.00	27.25	1.00	5.00
Ángulo de ramificación	37	42.61	12.49	29.31	0.00	72.50
Número de estaca comercial por planta	37	13.41	8.24	61.43	2.50	33.50
Número de lóbulos	37	4.14	1.73	41.95	1.00	7.00
Longitud del lóbulo	37	17.69	3.68	20.83	8.50	25.87
Ancho del lóbulo	37	4.63	1.02	22.07	2.80	6.76
Relación longitud del lóbulo/ancho del lóbulo	37	3.96	1.17	29.59	2.46	6.98
Longitud del peciolo	37	25.03	7.57	30.23	8.60	39.00

Las variables cuantitativas completas de la parte de la raíz y las variables compuestas de la parte aérea más la raíz fueron ocho, donde la característica número de raíz comercial por planta (CV 40.63) y el peso medio de la raíz (CV 49.71) son las dos características que se expresan en la población con una menor variabilidad; mientras que, las características número de raíz podrida por planta (CV 208.44) y el peso de la parte aérea de la planta (CV 63.43) expresan una mayor variación en la población. El número de raíces podridas por planta

muestra un CV alto, esto se debe a que entre la población en estudio se encontró que las accesiones 6466 y 4207 mostraron números elevados de raíces podridas; mientras que otras accesiones no presentaron este problema, las pudriciones no son uniformes en la población y solo se reflejan en unos pocos casos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos para las características raíz y la característica compuesta parte aérea más la raíz

<i>Variable</i>	<i>Nº de observaciones</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Coeficiente de variación</i>	<i>Valores mínimos</i>	<i>Valores máximos</i>
Número de raíces comerciales por planta	37	6.81	2.77	40.63	2.00	15.00
Peso medio de la raíz	37	3.08	1.53	49.71	0.90	6.88
Peso rendimiento de raíz comercial	37	2.65	1.55	58.53	0.22	6.42
Peso de rendimiento de raíz no comercial	37	0.43	0.35	80.88	0.00	1.31
Número de raíces podridas por plantas	37	0.26	0.54	208.44	0.00	2.00
Peso de la parte aérea de la planta	37	3.74	2.37	63.43	0.70	10.35
Peso total de la parte aérea más peso de raíz	37	6.80	3.40	49.98	1.80	13.94
Índice de colecta	37	1.10	0.58	52.96	0.19	2.63

Las características de la parte de la flor, solo fue evaluada en 34 accesiones, ya que al momento de la toma de datos las accesiones 1625, 2766 y 6411 no presentaron flor. Esto se pudo deber a características propias de estas accesiones, tiempo en que se tomo los datos que no permitió el completo desarrollo de las plantas (accesiones tardías) o requerimientos ambientales no fueron las más favorables, como radiación, temperaturas entre otros (Cuadro 10). Estas dos variables fueron las que se presentaron con menor variabilidad entre toda la población en estudio.

Cuadro 10. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos para las características incompletas de la flor

<i>Variable</i>	<i>Nº de observaciones</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Coeficiente de variación</i>	<i>Valores mínimos</i>	<i>Valores máximos</i>
Longitud del sépalo	34	10.79	2.50	23.12	6.00	15.00
Ancho del sépalo	34	4.59	0.89	19.43	3.00	7.00

Las variables cualitativas completas caracterizadas en la hoja y sus diferentes grados de expresión muestran que el color de la hoja desarrollada en su carácter verde púrpura, color de la nervadura en su carácter verde y la forma del lóbulo central en su carácter oblongo-lanceolada son las características que se expresan con mayor frecuencia en la mayoría de las accesiones; mientras que características que se distribuyen de manera más homogénea entre las accesiones son color de hoja apical en su cuatro caracteres verde claro, verde oscuro, verde púrpura y púrpura sin que se presente una expresión dominante de alguna de ellas (Cuadro 11). Las expresiones de las características más homogéneas entre accesiones pueden contribuir a establecer diferencias marcadas y a su vez la conformación de grupos de genotipos o accesiones afines.

Cuadro 11. Análisis de frecuencia para las características cualitativas de las hojas para 37 accesiones de yuca

<i>Características</i>	<i>Clase</i>	<i>Carácter</i>	<i>Frecuencia absoluta</i>	<i>Frecuencia relativa</i>
<i>Color de la hoja apical</i>	1	Verde claro	9	0.24
	2	Verde oscuro	12	0.32
	3	Verde púrpura	10	0.27
	4	Púrpura	6	0.16
<i>Pubescencia del brote apical</i>	1	Ausente	8	0.22
	2	Presente	29	0.78
<i>Forma del lóbulo central</i>	1	Ovoide	1	0.03
	2	Elíptica-lanceolada	1	0.03
	3	Ovova-lanceolada	0	0.00
	4	Oblongo-lanceolada	19	0.51
	5	Lanceolada	12	0.32
	6	Recta o lineal	4	0.11
<i>Color del peciolo</i>	1	Verde amarillento	2	0.05
	2	Verde	7	0.19
	3	Verde con rojo	13	0.35
	4	Verde morado	2	0.05
	5	Rojo	3	0.08
	6	Púrpura	10	0.27
<i>Prominencia de la cicatriz de la hoja</i>	1	Semi prominente	15	0.41
	2	Prominente	22	0.59
<i>Sinuosidad del lóbulo de la hoja</i>	1	Liso	26	0.70
	2	Sinuoso	11	0.30
<i>Color de la hoja desarrollada</i>	1	Verde claro	9	0.24
	2	Verde oscuro	0	0.00
	3	Verde púrpura	26	0.70
	4	Púrpura	2	0.05
<i>Color de la nervadura</i>	1	Verde	22	0.59
	2	Verde rojo menos de la mitad	1	0.03
	3	Verde rojo en más de la mitad	11	0.30
	4	Rojo claro	1	0.03
	5	Toda roja	2	0.05
<i>Posición del peciolo</i>	1	Inclinado por encima	7	0.19
	2	Horizontal	1	0.03
	3	Inclinado para abajo	19	0.51
	4	Irregular	6	0.16
<i>Longitud de las estípulas</i>	1	Corta	10	0.27
	2	Larga	27	0.73
<i>Retención de la hoja</i>	1	Buena	6	0.16
	2	Regular	19	0.51
	3	Poca	12	0.32
<i>Margen de las estípulas</i>	1	Lancinada	23	0.62
	2	Todo	14	0.38

En el Cuadro 12 se observa que las variables cualitativas completas de la parte de la raíz como textura de la epidermis de la raíz en su carácter rugada, presencia de pedúnculo en la raíz en su carácter pedunculado y el color externo de la raíz en su carácter marrón claro son las que se presentan con mayor frecuencia en la población. Mientras que las características

constricciones de la raíz en su carácter poco o ninguna y mediana se expresan en el 76% de las accesiones caracterizadas.

Cuadro 12. Análisis de frecuencia para las características de la raíz de las 37 accesiones de yuca

<i>Características</i>	<i>Clase</i>	<i>Carácter</i>	<i>Frecuencia absoluta</i>	<i>Frecuencia relativa</i>
<i>Color externo de la raíz</i>	1	Blanco o crema	2	0.05
	2	Amarillo	3	0.08
	3	Marrón claro	21	0.57
	4	Marrón oscuro	11	0.3
<i>Presencia de pedúnculo en la raíz</i>	1	Cecil o sentado	2	0.05
	2	Pedunculado	29	0.78
	3	Mixto	6	0.16
<i>Facilidad de pelado de la corteza de la raíz</i>	1	Fácil	24	0.65
	2	Difícil	13	0.35
<i>Color de la corteza de la raíz</i>	1	Blanco o crema	13	0.35
	2	Amarillo	9	0.24
	3	Marrón claro	13	0.35
	4	Marrón oscuro	2	0.05
<i>Color de la pulpa de la raíz</i>	1	Blanca	25	0.68
	2	Crema	9	0.24
	3	Amarilla	3	0.08
<i>Constricciones de la raíz</i>	1	Poca o ninguna	10	0.27
	2	Mediana	18	0.49
	3	Muchas	9	0.24
<i>Posición de la raíz</i>	1	Tendencia vertical	4	0.11
	2	Tendencia horizontal	26	0.7
	3	Irregular	7	0.19
<i>Textura de la epidermis de la raíz</i>	1	Lisa	6	0.16
	2	Rugada	31	0.84

Para la evaluación de la parte del tallo y flor se utilizaron nueve características que muestran al color de la rama terminal de la planta adulta en su carácter verde y el hábito de ramificación en su carácter tricotómico como las características y caracteres más frecuentes y de mayor expresión en la población; mientras que la característica color de la superficie externa del tallo maduro en sus caracteres naranja, verde amarillado, dorado-oro, plata y gris se manifiestan de forma homogénea o se distribuyen casi equitativamente sin que ningún carácter presente una dominancia (Cuadro 13).

Cuadro 13. Análisis de frecuencia para las características del tallo de las 37 accesiones de yuca

<i>Características</i>	<i>Clase</i>	<i>Carácter</i>	<i>Frecuencia absoluta</i>	<i>Frecuencia relativa</i>
<i>Color de la corteza joven</i>	1	Verde claro	22	0.59
	2	Verde oscuro	15	0.41
<i>Color de la superficie externa del tallo maduro</i>	1	Naranja	7	0.19
	2	Verde amarillado	3	0.08
	3	Dorado-oro	4	0.11
	4	Marrón claro	7	0.19
	5	Plata	11	0.30
	6	Gris	5	0.14
<i>Color de la rama terminal de la planta adulta</i>	1	Verde	32	0.86
	2	Verde-púrpura	4	0.11
	3	Púrpura	1	0.03
<i>Vigor inicial</i>	1	Poco	4	0.11
	2	Intermedio	12	0.32
	3	Vigoroso	21	0.57
<i>Color de la parte interna del tallo</i>	1	Crema	9	0.24
	2	Marrón claro	14	0.38
	3	Marrón oscuro	2	0.05
	4	Naranja	12	0.32
<i>Tipo de planta</i>	1	Compacta	10	0.27
	2	Abierta	6	0.16
	3	Paraguas	16	0.43
	4	Cilíndrica	5	0.14
<i>Hábito de crecimiento del tallo</i>	1	Recto	22	0.59
	2	Zig-zag	15	0.41
<i>Hábito de ramificación</i>	1	Erecto	4	0.11
	2	Dicotómico	8	0.22
	3	Tricotómico	20	0.54
	4	Tetracotómico	5	0.14
<i>Floración</i>	1	Ausente	3	0.08
	2	Presente	34	0.92

En tres de las 37 accesiones en estudio (1625, 2766 y 6411), las características de flor y frutos no se manifestaron al momento de la toma de los datos. Esto se pudo deber principalmente a que no todas las accesiones florecen en las condiciones ambientales de la zona de estudio, donde hay una marcada diferencia entre el tiempo de floración y la cantidad de flores que producen. El color del ovario en su categoría verde, el color del disco en su categoría naranja, el epicarpio de la fruta en su categoría rugado y el color primario de la semilla en su categoría marrón se muestran con el mayor número de frecuencia en la población; mientras que el color del estigma predomina el carácter blanco o crema en la población (Cuadro 14).

Cuadro 14. Análisis de frecuencia para las características de la flor y fruto de los datos incompletos de las 37 accesiones de yuca

<i>Características</i>	<i>Clase</i>	<i>Carácter</i>	<i>Frecuencia absoluta</i>	<i>Frecuencia relativa</i>
<i>Color del sépalo</i>	1	Blanco o crema	6	0.18
	2	Naranja	5	0.15
	3	Verde	19	0.56
	4	Rojo	2	0.06
	5	Púrpura	2	0.06
<i>Color del ovario</i>	1	Verde	33	0.97
	2	Roja	0	0.00
	3	Púrpura	1	0.03
<i>Color de las anteras</i>	1	Crema	7	0.21
	2	Amarillo	26	0.76
	3	Otras	1	0.03
<i>Color del estigma</i>	1	Blanco o crema	33	0.97
	2	Naranja	0	0.00
	3	Verde	0	0.00
	4	Rojo	0	0.00
	5	Púrpura	1	0.03
<i>Color del disco</i>	1	Blanco o crema	5	0.15
	2	Naranja	17	0.50
	3	Verde	0	0.00
	4	Rojo	6	0.18
	5	Púrpura	6	0.18
<i>Polen</i>	1	Presente	1	0.03
	2	Ausente	33	0.97
<i>Frutos</i>	1	Ausentes	9	0.26
	2	Presentes	25	0.74
<i>Epicarpio de la fruta</i>	1	Liso	1	0.04
	2	Rugado	24	0.96
<i>Color secundario de la semillas</i>	1	Marrón	19	0.76
	2	Negro	6	0.24
<i>Color primario de la semillas</i>	1	Marrón	19	0.76
	2	Negro	6	0.24
<i>Color de la carúncula de la semillas</i>	1	Blanco o crema	24	0.96
	2	Rosado o rojo	0	0.00
	3	Púrpura	1	0.04

Para las variables cualitativas ordinales descritas en el Cuadro 15, se evaluaron seis características compartidas en las tres partes en que se divide la planta (tallo, hoja y raíz), donde la característica longitud entre nudos en su carácter corto y el número de lóbulos en su carácter de siete lóbulos son las se expresan con mayor frecuencia en la población; mientras que características como deterioro pos-cosecha en sus caracteres sin deterioro, deteriorada en un 20-40%, deteriorada en un 41-60% y deteriorada en más del 60% se manifiestan de forma homogénea en la población sin que haya una expresión predominante entre accesiones.

Cuadro 15. Análisis de frecuencia para las características de raíz, tallo y hoja de los datos ordinales de las 37 accesiones de yuca

<i>Características</i>	<i>Clase</i>	<i>Carácter</i>	<i>Frecuencia absoluta</i>	<i>Frecuencia relativa</i>
<i>Longitud media de la raíz</i>	1	Corta-menor de 20 cm	6	0.16
	2	Intermedia-entre 20-30 cm	20	0.54
	3	Larga-mayor de 30 cm	11	0.30
<i>Diámetro medio de la raíz</i>	1	Fina-menor de 5 cm	14	0.38
	2	Intermedia-entre 5 a 8 cm	22	0.59
	3	Larga-mayor de 30 cm	1	0.03
<i>Deterioro pos-cosecha</i>	1	Sin deterioró: hasta 20 %	9	0.24
	2	Deteriorada 20-40 %	6	0.16
	3	Deteriorada de 41-60 %	12	0.32
	4	Deteriorada más 60 %	10	0.27
<i>Longitud entre nudos</i>	1	Corto, menor de 8 cm	35	0.95
	2	Medio, de 8-15 cm	0	0.00
	3	Largo, mayor de 7 cm	2	0.05
<i>Numero de lóbulos</i>	1	Tres lóbulos	6	0.16
	2	Cinco lóbulos	7	0.19
	3	Siete lóbulos	21	0.57
	4	Nueve lóbulos	3	0.08
	5	Once lóbulos	0	0.00
<i>Daños causados por plagas y enfermedades</i>	1	Nada	19	0.51
	2	Muy poco	9	0.24
	3	Poco	9	0.24

4.2 Análisis estadístico de los datos de la población

4.2.1 Análisis de las variables cuantitativas

En la Figura 6 se presenta el análisis de conglomerado jerárquico de las accesiones a través del análisis de las variables cuantitativas, usando el método de Ward y la distancia Euclídea, donde se obtuvo la formación de cinco grupos estadísticamente diferentes (MANOVA; $p < 0.0001$) en el Dendograma siendo todos los grupos diferentes entre sí (gDGC multivariado, $p < 0.05$, Anexo 2).

En el **Grupo 1** las características que más contribuyeron a la conformación de este grupo son: el ángulo de ramificación 37°, el peso del rendimiento de raíz no comercial/planta 0.42 kg, la longitud media de la raíz (corta o menor de 20 cm) y la longitud de peciolo de la hoja con 25.32 cm.

El **Grupo 2** está formado por siete accesiones, este grupo presenta los valores medios más bajos entre los grupos en las siguientes características: la longitud del lóbulo con 12.8 cm

(Figura 5A), la longitud del peciolo de la hoja con 14.06 cm, la altura de la planta con 207.24 cm y altura de la primera ramificación con 74.11 cm.

El **Grupo 3** formado por siete accesiones, se caracteriza por presentar los valores medios con las mayores distancias y medidas en características como: la altura de la planta 314.07 cm, el peso de la parte aérea de la planta con 7.58 kg y el número de estaca comercial con 27. Además este grupo no presentó ninguna raíz podrida.

En el **Grupo 4** formado por cuatro accesiones, los valores medios de las características más sobresalientes son: el número de estacas comerciales con ocho por planta, el peso medio de la raíz con 1.56 kg por planta, el peso de rendimiento de raíz comercial con 1.01 kg/planta y el peso de rendimiento de raíz no comercial con 0.54 kg/planta. Este grupo presenta las características menos deseables para la producción comercial, donde la producción comercial por planta en optimas condiciones es de 5-10 kg/planta (InfoAgro 2006).

Para el **Grupo 5** formado por siete accesiones, los valores medios de las características como longitud del peciolo de la hoja con 30.84 cm de largo (Figura 5B), la altura de la primera ramificación con 127.1 cm y la longitud de entre nudo, son las características más sobresalientes.



Figura 5: A. Longitud del lóbulo de la accesión 6479 del Grupo2, B. Longitud del peciolo de la accesión 3032 del Grupo5

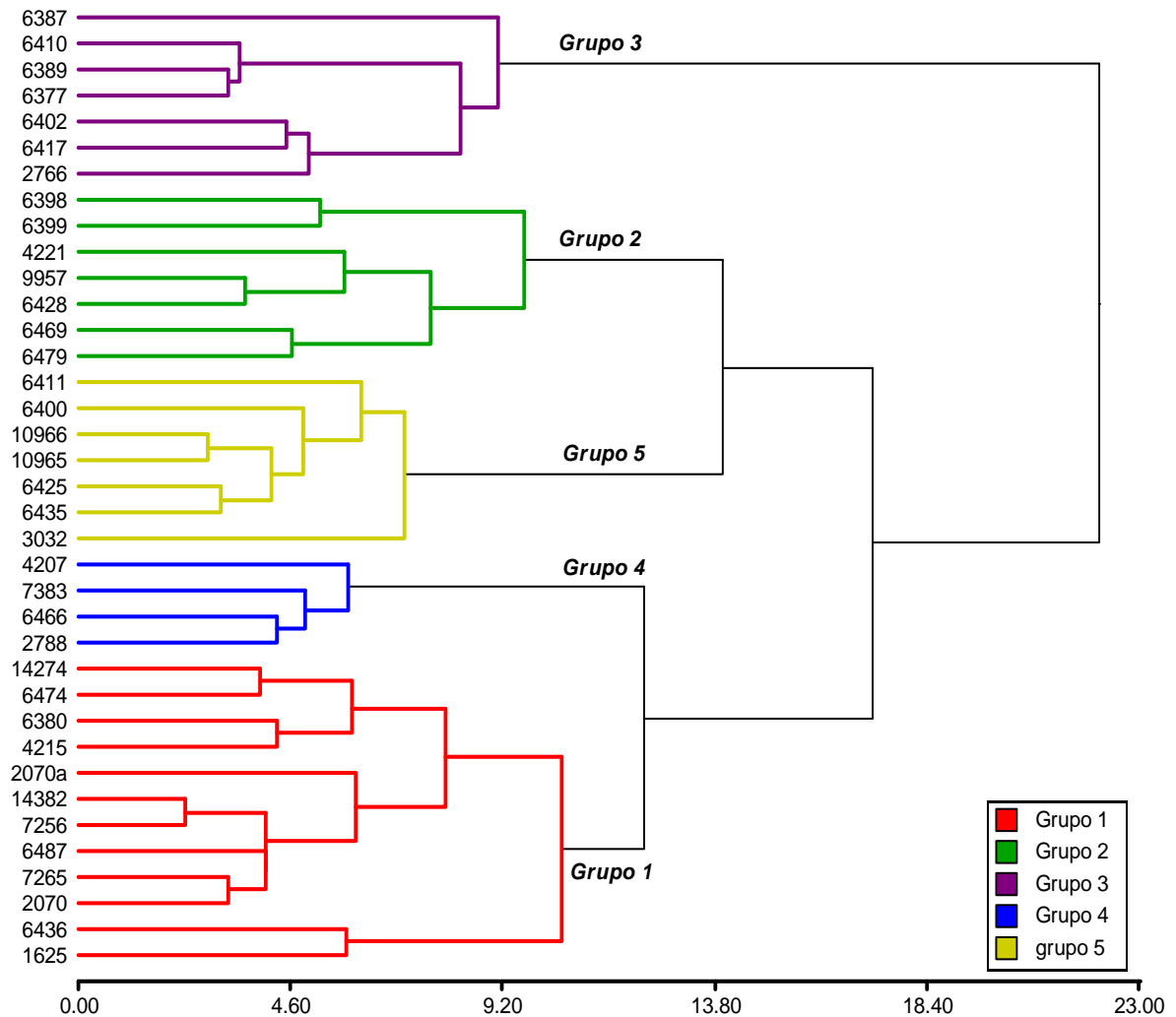


Figura 6: Dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cuantitativas, usando el método de Ward y la distancia Euclídea.

El análisis de funciones discriminantes muestra que el eje canónico **uno**, separa claramente el **Grupo 4** de los demás grupos, indicando que éste grupo es el más diferente entre los demás. En el eje canónico **dos**, separa al **Grupo 1** del **Grupo 3**; mientras que el **Grupo 1** y **Grupo 2**, se mezclan entre ellos. Por otro lado el **Grupo 5** está próximo al **Grupo 1** y al **Grupo 2** es decir que el **Grupo 5** es afín a estos dos grupos. En el eje canónico **dos** se observa, que tiene una separación más reducida. (Figura 7).

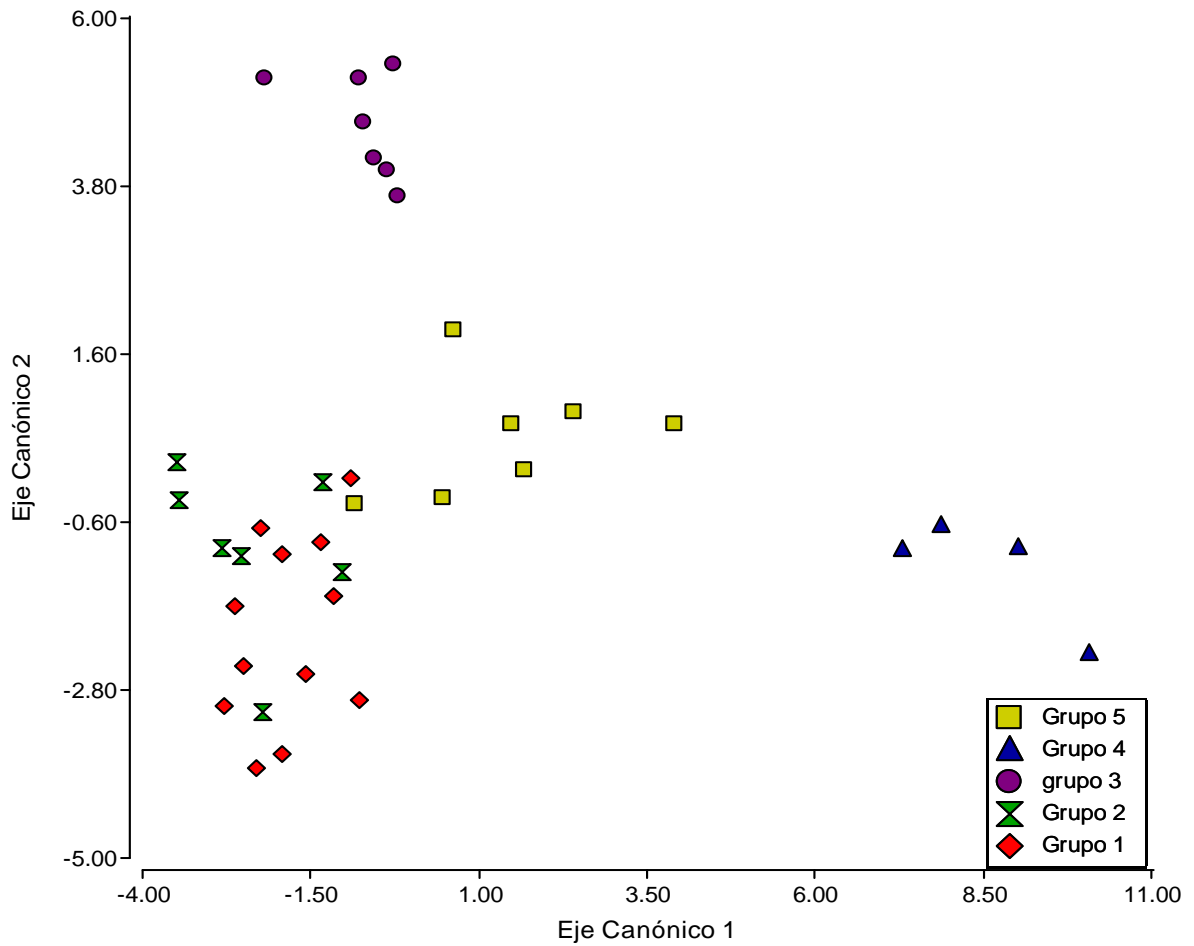


Figura 7: Gráfico de funciones discriminantes entre grupos para las 37 accesiones de yucas caracterizadas.

En el análisis discriminante (Cuadro 16) se muestran las variables que más contribuyeron a la separación de los grupos, donde el eje canónico **uno** se hallan el ancho del lóbulo (ALOB), el número de estaca comercial por planta (NECP), el peso del rendimiento de raíz no comercial (PRNC) y el número de raíz podrida por planta (NRPP). Mientras que para el eje canónico **dos** la variable que más contribuyó a separar a los grupos fue el peso de la parte aérea de la planta (PPAP).

Cuadro 16. Análisis discriminante para las variables cuantitativas - datos estandarizados con la varianzas comunes

Variables	Eje 1	Eje 2
Longitud entre nudo (LENU)	-0.72	-0.68
Número de lóbulos (NLOB)	0.71	0.05
Longitud de lóbulo (LLOB)	0.76	-0.38
Ancho del lóbulo (ALOB)	-1.42	-0.31
Longitud del peciolo (LPEC)	0.56	0.95
Altura de la planta (ALTP)	0.48	0.84
Altura de la primera ramificación (ALPR)	-0.40	-0.95
Nivel de ramificación (NIRA)	0.48	-0.29
Longitud media de la raíz (LMRA)	0.81	-0.42
Diámetro medio de la raíz (DMRA)	0.48	0.47
Deterioro pos-cosecha (DPCO)	0.07	-0.69
Daños por plagas y enfermedades (DCPE)	0.56	-0.12
Peso de la parte aérea de la planta (PPAP)	0.53	1.34
Número de estaca comerciales (NECP)	-1.65	-0.24
Número de raíces comerciales por planta (NRCP)	-0.47	-0.30
Peso en rendimiento de raíz comercial (PRRC)	0.73	0.83
Peso en rendimiento de raíz no comercial (PRNC)	1.34	0.03
Número de raíces podridas por planta (NRPP)	1.23	0.64

Valores marcados con el color verde muestran las variables discriminantes en cada eje canónico (si los valores absolutos son más elevados, el poder discriminante es mayor).

Mediante el análisis de correlación de *Pearson*, se determinó que las variables que presentaron la mayor correlación positiva fueron la longitud del peciolo (LPEC), y el número de lóbulos (NLOB) con ($r=0.81$, $p<0.01$); peso medio de la raíz (PMRA), y peso total de la parte aérea de la planta más la raíz (PTPR) con ($r=0.79$, $p<0.01$) (Anexo 3).

Por otro lado las variables que presentaron mayor correlación negativa fue el número de raíces podridas por plantas (NRPP), y peso rendimiento de raíz comercial (PRRC) con ($r=-0.40$, $p<0.01$); daños causado por plagas y enfermedades (DCPE), y el nivel de ramificación (NIRA) con ($r=-0.41$, $p<0.01$) (Anexo 3).

Al graficar los ordenamientos obtenidos por medio de análisis de coordenadas principales usando distancia Euclídea y la técnica del árbol de recorrido mínimo para los descriptores cuantitativos (Figura 8), se observa que las distancias más reducidas se dan entre

la accesión 14274 y la 7256; la accesiones 6377 y la 6389. Este comportamiento se debe a que los valores de distancia (LENU, LLOB, ALTP, LPEC y ALPR), diámetros (ALOB y DMRA) y pesos (PRRC, PRNC y PPAP), que componen estas accesiones son muy parecidas, lo que significa que estas accesiones son muy afines entre si. Por otro lado las mayores distancias se muestran entre las accesiones 6469 y 1625; la accesión 6387 y la 6398. Las distancias que separan estas accesiones obedecen a las características de cada accesión donde los valores que se miden son los más alejado uno del otro. Estos gráficos con árboles de recorrido mínimo permiten identificar genotipos parecidos en función del conjunto de variables utilizadas.

Los componentes principales solo explican el 25.4% de variabilidad en el CP1 y un 18.4% en el CP2, la suma de estos dos componente explican el 43% de la variabilidad. Para determinar la variabilidad existente en por lo menos un 72% se requieren cinco CP.

Con el uso de los descriptores cuantitativos se muestra poca distancia entre algunas accesiones, donde mediante el análisis de las distancias realizado con la técnica de árbol de recorrido mínimo y los resultados del Dendograma se puede determinar que existe una gran afinidad entre las accesiones 14274 y la 7256; la accesión 6377 y la 6389.

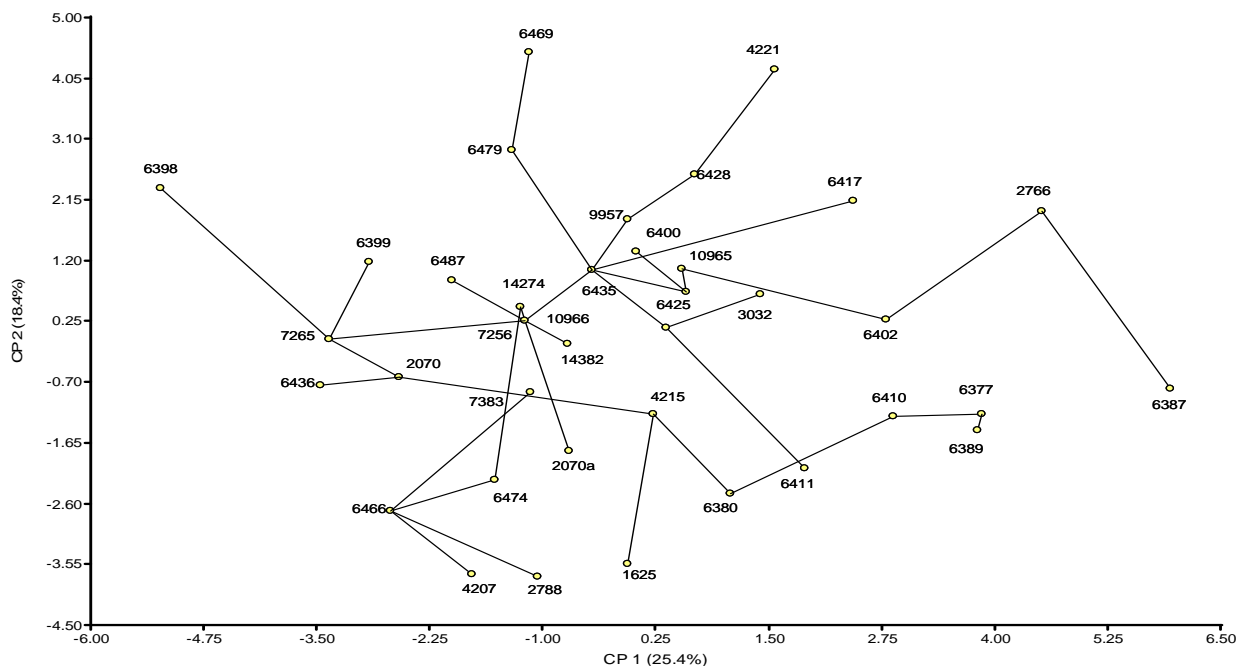


Figura 8. Árbol de recorrido mínimo obtenido mediante análisis de coordenadas principales usando distancias Euclídeas y el conjunto de descriptores cuantitativos.

4.2.2 Análisis de las variables cualitativas

La (Figura 10) muestra el análisis de conglomerado con las variables cualitativas usando el método de Ward, obtenido a partir de los coeficientes de similitud de Jaccard, donde se obtuvo la formación de cinco grupos en el Dendograma.

En el **Grupo 4**, se ubican el mayor número de las accesiones (14 accesiones); mientras, que el grupo con menos accesiones está constituido por el **Grupo 2** con dos accesiones. Los grupos que muestran mayor similitud entre sí, son el **Grupo 1** con el **Grupo 5**.

El **Grupo 1** está formado por siete accesiones, subdividido en tres subgrupos. Donde el color de la hoja desarrollada en su carácter verde y la posición de la raíz en su carácter irregular lo conforma el 71 % de las accesiones; mientras que la longitud de entrenudo en su carácter largo y el color exterior de la raíz en su carácter marrón claro lo conforman todas las accesiones que pertenecen a este grupo.

El **Grupo 2** está formado por seis accesiones, subdividido en dos subgrupos. En este grupo características como el color de la nervadura en su carácter verde rojo está presente en más del 50% de las accesiones y la posición del peciolo en su carácter horizontal se presenta en el 66 % de las accesiones (Figura 9A); mientras que el color de la rama terminal de la planta adulta en su carácter verde se manifiesta en todas las accesiones.

El **Grupo 3** está formado por ocho accesiones, subdividido en tres subgrupos. Donde las características, color de la nervadura en su carácter verde, el color de la rama terminal de la planta adulta en su carácter verde y la presencia de pedúnculo en la raíz en su carácter pedunculado se manifiestan en todas las accesiones que conforman este grupo.

El **Grupo 4** está formado por 14 accesiones, subdividido en cinco subgrupos. En este grupo las características, longitud del entre nudo en su carácter largo, la presencia de pedúnculo en la raíz en su carácter pedunculado y el color de la hoja desarrollada en su carácter verde oscuro se manifiesta en 13 de las 14 accesiones que la conforman.

El **Grupo 5** formado por un solo grupo, por las accesiones 10965 y 10966. Las características forma del lóbulo central en su carácter oblongo-lanceolada, color de la hoja apical en su carácter verde púrpura (Figura 9B), color del peciolo en su carácter púrpura y

color de la corteza de la raíz en su carácter blanco o crema se manifestaron en las dos accesiones que conforman este grupo.



Figura 9: A. Forma pedunculada en la raíz en la accesión 9957 del Grupo2, B. Color de la hoja apical verde púrpura en la accesión 1966 del Grupo5

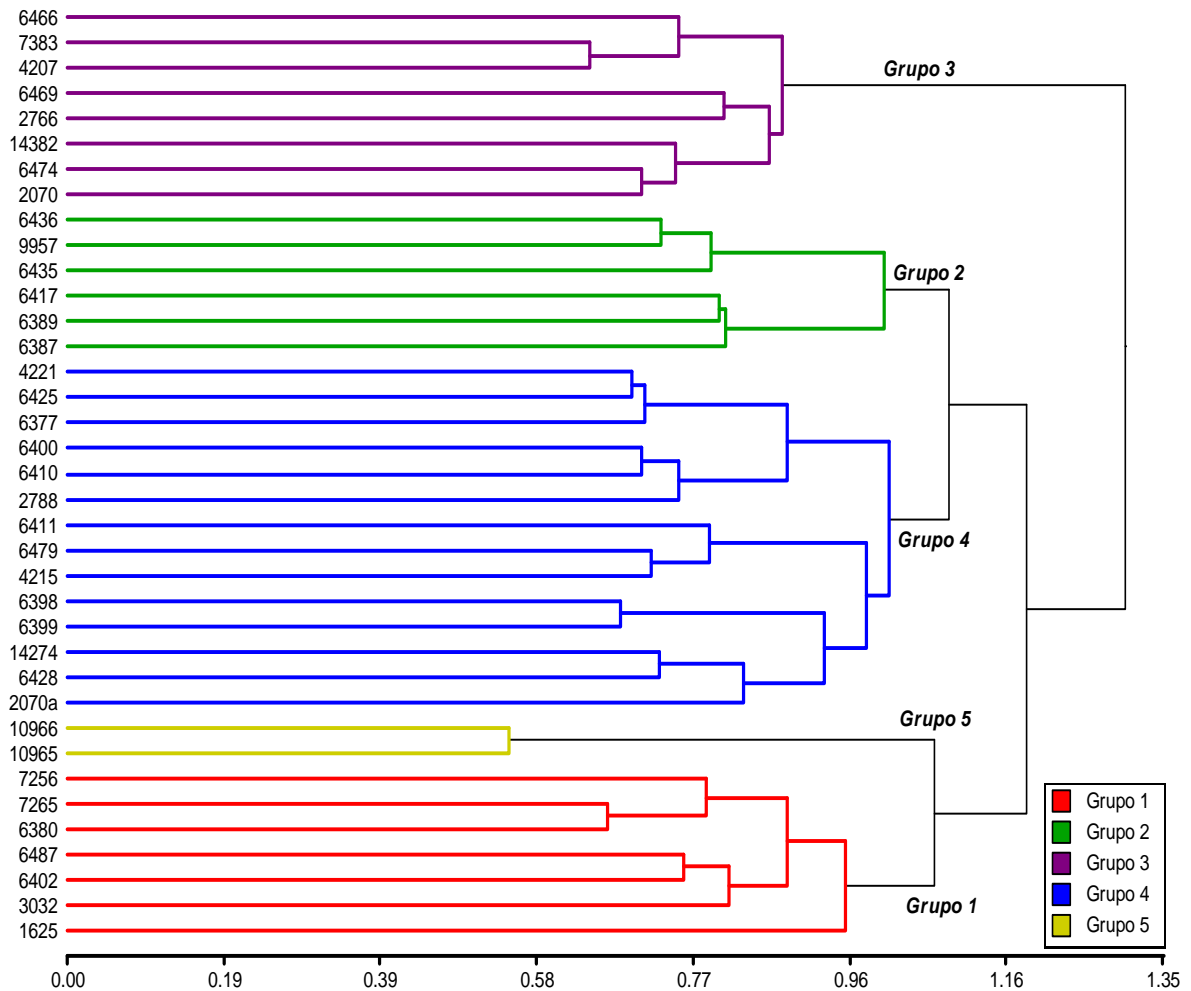


Figura 10: Dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas usando el método de Ward a partir del índice de similaridad de Jaccard.

Para probar la independencia entre los grupos formados y las variables cualitativas, se realizaron tablas de contingencia. Las variables seleccionadas son las que muestran significancia con una $p < 0,05$ en la prueba de Chi cuadrado MV-G2, donde se muestra que los grupos y las variables están asociados. Por ejemplo, las características y caracteres de la parte aérea como el color de la hoja apical y su carácter verde oscuro, color de la nervadura en su carácter verde, color del peciolo en su carácter verde con rojo y la prominencia de la cicatriz de las hojas son características que están muy asociadas al grupo 3 y al grupo 4.

Por otro lado estas mismas características pero con otros caracteres se asocian a los grupos 1 y 2, como el color de la hoja apical en su carácter verde claro y color del peciolo en su carácter verde (Cuadro 17).

Cuadro 17. Variables cualitativas que mostraron falta de independencia en la parte aérea de la planta

<i>Variables</i>	<i>Característica</i>	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Grupo 3</i>	<i>Grupo 4</i>	<i>Grupo 5</i>	<i>Total</i>
<i>Color de la hoja apical</i>	Verde claro	3	1	2	3	0	9
	Verde oscuro	0	1	5	6	0	12
	Verde púrpura	1	2	1	4	2	10
	Púrpura	3	2	0	1	0	6
	Total	7	6	8	14	2	37
<i>Forma del lóbulo central</i>	Ovoide	0	0	0	1	0	1
	Elíptica-lanceolada	0	0	1	0	0	1
	Bobada-lanceolada	0	6	3	10	0	19
	Oblongo-lanceolada	7	0	0	3	2	12
	Lanceolada	0	0	4	0	0	4
	Recta o lineal	7	6	8	14	2	37
<i>Color de la nervadura</i>	Verde	4	2	8	8	0	22
	Verde rojo menos de la mitad	1	0	0	0	0	1
	Verde rojo en más de la mitad	1	4	0	6	0	11
	Rojo claro	1	0	0	0	0	1
	Toda roja	0	0	0	0	2	2
	Total	7	6	8	14	2	37
<i>Color del peciolo</i>	Verde amarillento	0	0	0	2	0	2
	Verde	4	2	0	1	0	7
	Verde con rojo	1	0	6	6	0	13
	Verde morado	0	0	1	1	0	2
	Rojo	1	1	0	1	0	3
	Púrpura	1	3	1	3	2	10
	Total	7	6	8	14	2	37
<i>Posición del peciolo</i>	Inclinado por encima	3	1	0	3	0	7
	Encima	0	1	0	0	0	1
	Horizontal	4	4	7	4	0	19
	Inclinado para abajo	0	0	0	4	2	6
	Irregular	0	0	1	3	0	4
	Total	7	6	8	14	2	37
<i>Color del disco</i>	Blanco o crema	2	1	0	2	0	5
	Naranja	2	4	7	2	2	17
	Rojo	1	1	0	4	0	6
	Púrpura	1	0	0	5	0	6
	Total	6	6	7	13	2	34
<i>Color de la rama terminal de la planta adulta</i>	Verde	5	6	8	13	0	32
	Verde-púrpura	1	0	0	1	2	4
	Púrpura	1	0	0	0	0	1
	Total	7	6	8	14	2	37
<i>Color de la hoja desarrollada</i>	Verde claro	2	1	3	1	2	9
	Verde oscuro	5	3	5	13	0	26
	Verde púrpura	0	2	0	0	0	2
	Total	7	6	8	14	2	37
<i>Longitud del entrenudo</i>	Cortas	0	2	5	1	2	10
	Largas	7	4	3	13	0	27
	Total	7	6	8	14	2	37
<i>Prominencia de la cicatriz de la hoja</i>	Semi prominente	4	3	1	7	0	15
	Prominente	3	3	7	7	2	22
	Total	7	6	8	14	2	37

Las variables que están más asociadas a los grupos en la parte radicular de la planta fueron: la presencia del pedúnculo en la raíz (PPRA) y su categoría pedunculada, las cuales se encuentran mayormente asociadas al grupo tres con un 44.8% de ocurrencia; el color externo de la raíz (CERA) y su categoría marrón claro, se presentan con un 38.0% de ocurrencia en el grupo tres y un 33% en el grupo uno. El color de la corteza de raíz (CCRA) y su categoría blanco o crema, se encuentran mayormente asociadas al grupo cuatro con un 53.8% de ocurrencia (Cuadro 18).

Cuadro 18. Variables cualitativas que mostraron falta de independencia en la parte radicular de la planta

<i>Variables</i>	<i>Característica</i>	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Grupo 3</i>	<i>Grupo 4</i>	<i>Grupo 5</i>	<i>Total</i>
<i>Color exterior de la raíz</i>	Blanco o crema	0	2	0	0	0	2
	Amarillo	0	0	0	2	1	3
	Marrón claro	7	0	8	5	1	21
	Marrón oscuro	0	4	0	7	0	11
	Total	7	6	8	14	2	37
<i>Presencia de pedúnculo en la raíz</i>	Cecil o sentado	0	1	0	1	0	2
	Pedunculado	4	2	8	13	2	29
	Mixto	3	3	0	0	0	6
	Total	7	6	8	14	2	37
<i>Posición de la raíz</i>	Tendencia vertical	0	2	0	1	1	4
	Tendencia horizontal	2	2	3	1	0	8
	Irregular	5	2	5	12	1	25
	Total	7	6	8	14	2	37
<i>Color de la corteza de la raíz</i>	Blanco o crema	1	2	1	7	2	13
	Amarillo	1	2	0	6	0	9
	Marrón claro	5	0	7	1	0	13
	Marrón oscuro	0	2	0	0	0	2
	Total	7	6	8	14	2	37

De las 13 variables cualitativas discriminantes, las que más separan los grupos mediante el coeficiente *Cramer* son el color de la nervadura (CNER) con un valor de 0.54 y la forma del lóbulo central (FLCE) con un valor de 0.50.

El análisis de correspondencia de las variables cualitativas discriminadas, se utilizó para determinar la asociación entre los grupos y las categorías de cada variable, como ejemplo se muestran tres variables y su asociación a los grupos, donde la variable color del disco (CDIS) y la categoría rojo, blanco o crema se asocian más al grupo cuatro y la categoría verde al grupo dos. El color de la nervadura (CNER) en sus categorías verde rojo en menos de la mitad del lóbulo y verde rojo en más de la mitad del lóbulo, se encuentra asociada al grupo cuatro, mientras que las categorías verdes están asociadas al grupo dos y las categorías todas

rojas están muy asociadas al grupo cinco. La posición de la raíz (PORA) en sus categoría irregular está muy asociada al grupo tres, tendencia vertical al grupo cuatro y tendencia horizontal al grupo uno (Figura 11). Para observar mejor las categorías de cada variable y la asociación a los grupos, se ha dividido seis variables discriminantes aleatoriamente en las figuras 11 y 12.

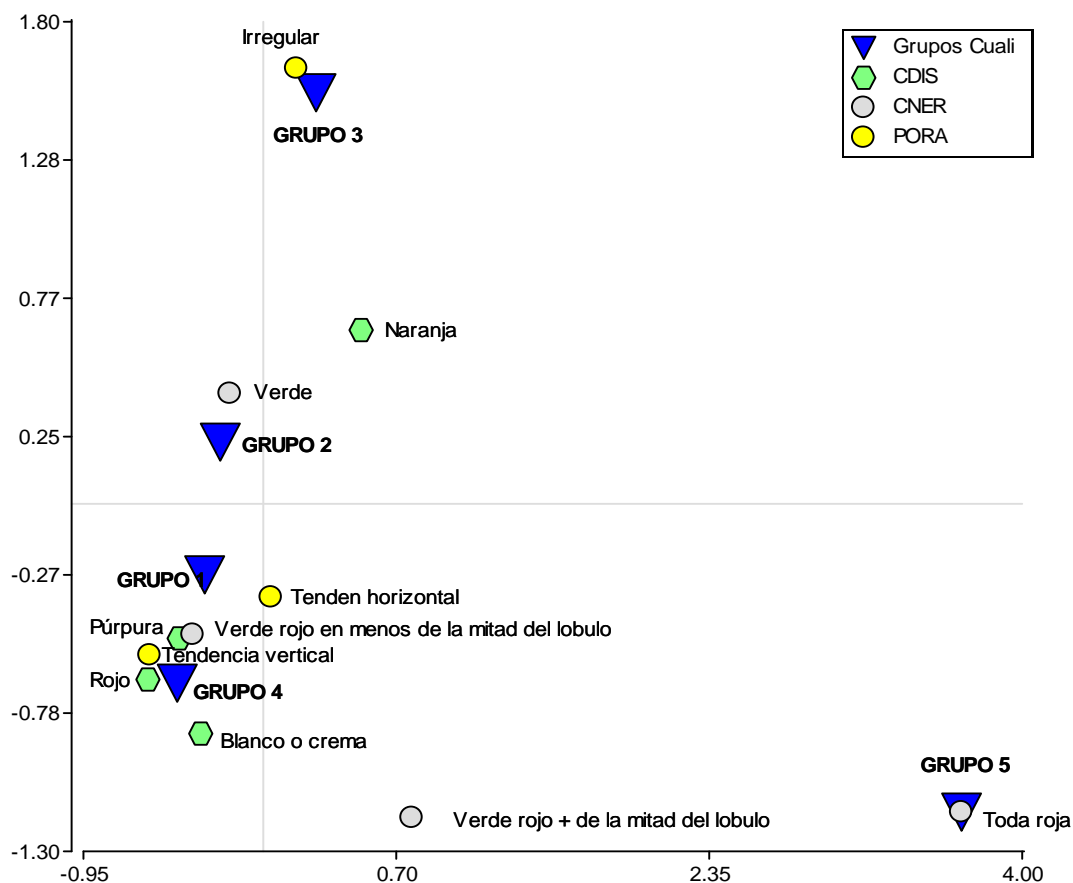


Figura 11. Gráfico del análisis de correspondencia de las variables cualitativas discriminantes CDIS, CNER y PORA.

En la (figura 12) se observa la asociación de las variables a los grupos como ejemplo, la forma del lóbulo central (FLCE) y sus categorías ovoide y oblongo-lanceolada se encuentran más asociadas al grupo cuatro, las elípticas-lanceolada y las recta o lineal al grupo tres y la lanceolada se encuentra al grupo cinco y uno. El color del peciolo (CPEC) está más asociado al grupo cinco las categorías rojas y verdes; en el grupo cuatro se encuentran asociada las categorías púrpura, verde amarillo y verde morado. El color de la corteza de la raíz (CCRA) y sus categorías púrpura y amarilla están más asociadas al grupo cuatro, la rosada al grupo tres y el blanco o crema entre los grupos cinco y cuatro.

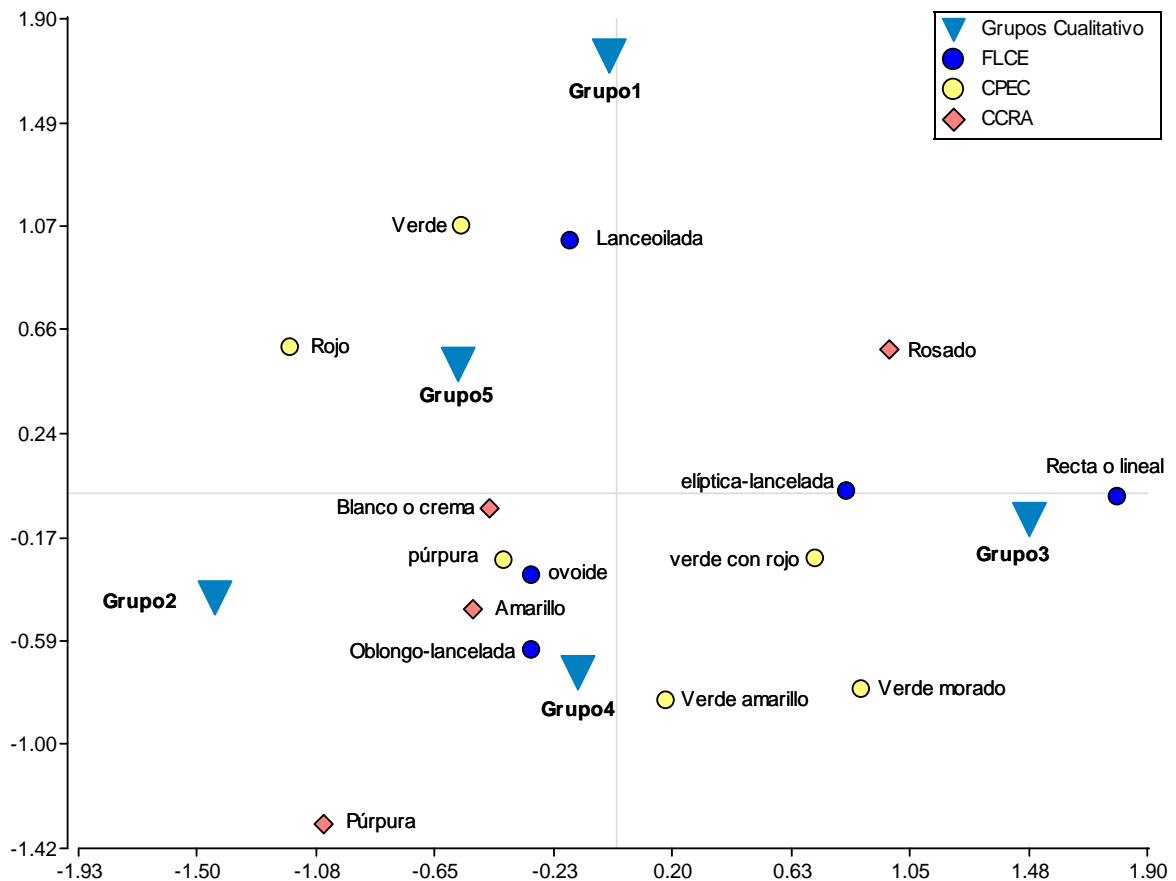


Figura 12. Gráfico del análisis de correspondencia de las variables cualitativas discriminantes FLCE, CPEC y CCRA.

Al graficar los ordenamientos obtenidos por medio de análisis de coordenadas principales mediante el índice de similitud de Jaccard y la técnica del árbol de recorrido mínimo para los descriptores cualitativos (Figura 13), se observa que las accesiones que presentan mayor similitud son la accesión 6474 y la 6380; la accesiones 10965 y la 10966; lo que nos indica que estas accesiones presentan gran afinidad entre sí. Mientras que la que presenta la menor afinidad es la accesión 6417 con la 1625

Los componentes principales solo explican el 15.2% de variabilidad en el CP1 y un 12.2% en el CP2, donde estos dos componentes solo reflejan un 27.4% de la variabilidad. Para explicar el 73% de la variabilidad se requieren por lo menos nueve CP. (Figura 13).

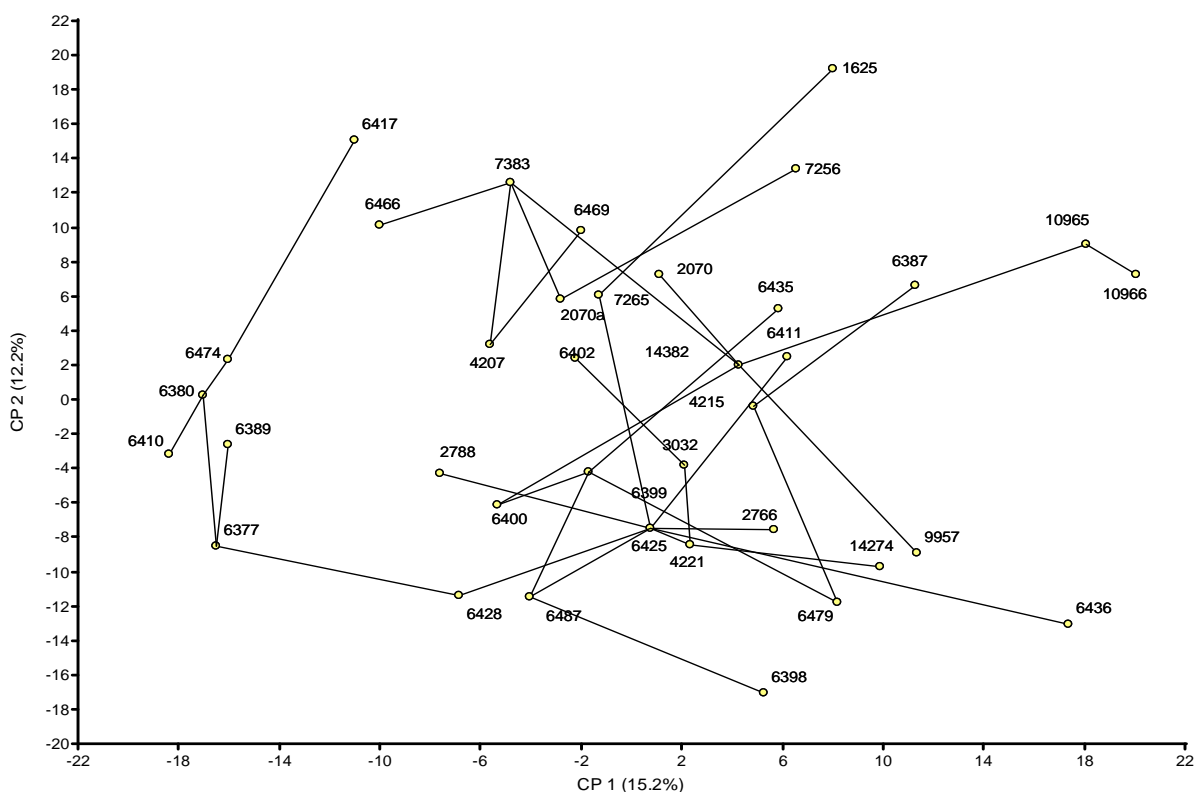


Figura 13. Árbol de recorrido mínimo obtenido mediante análisis de coordenadas principales mediante el índice similaridad de Jaccard y el conjunto de descriptores cualitativos.

4.2.3 *Análisis combinando de las variables cuantitativas y cualitativas*

El Dendograma obtenido con el análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas usando el método de Ward y la distancia obtenida, a partir del coeficiente de similaridad de Gower nos muestra la formación de cinco grupos.

El **Grupo 2** y el **Grupo 3** contienen el mayor número de accesiones (nueve accesiones en ambos casos); mientras, que en el **Grupo 5** muestra el menor número de accesiones (cuatro accesiones). Los grupos con más similitud son el **Grupo 1** con el **Grupo 5**.

El **Grupo 1** está formado por siete accesiones, subdividido en tres subgrupos. El subgrupo **1A** formado por una sola accesiones 1625; el subgrupo **1B** constituido por las accesiones 2766, 6469, 3032 y 6402; el subgrupo **1C** formado por las accesiones 6387 y 6417.

El **Grupo 2** está formado por nueve accesiones, las cuales se subdividen en tres subgrupos. El subgrupo **2A** constituido por las accesiones 6435, 9957, 4221; el subgrupo **4B**

constituido por las accesiones 6428 y 14274; y el subgrupo **2C** constituido por las accesiones 6487, 6436, 6399 y 6398.

El **Grupo 3** está formado por nueve accesiones, las cuales se subdividen en tres subgrupos. El subgrupo **3A** constituido por las accesiones 2070, 14382 y 6474; el subgrupo **3B** constituido por las accesiones 4207, 7383 y 6466; y el subgrupo **3C** formado por las accesiones 2070 a, 7256 y 7265.

El **Grupo 4** está formado por ocho accesiones, las cuales se subdividen en tres subgrupos. El subgrupo **4A** constituido por las accesiones 2788, 6425 y 6400; el subgrupo **4B** constituido por las accesiones 4215, 6479 y 6411; y el subgrupo **4C** formado por las accesiones 10965 y 10966.

El **Grupo 5** está formado por cuatro accesiones, las cuales se subdividen en dos subgrupos. El subgrupo **5A** constituido por las accesiones 6377, 6380 y 6410; el subgrupo **5B** formado por la accesión 6389 (Figura 14).

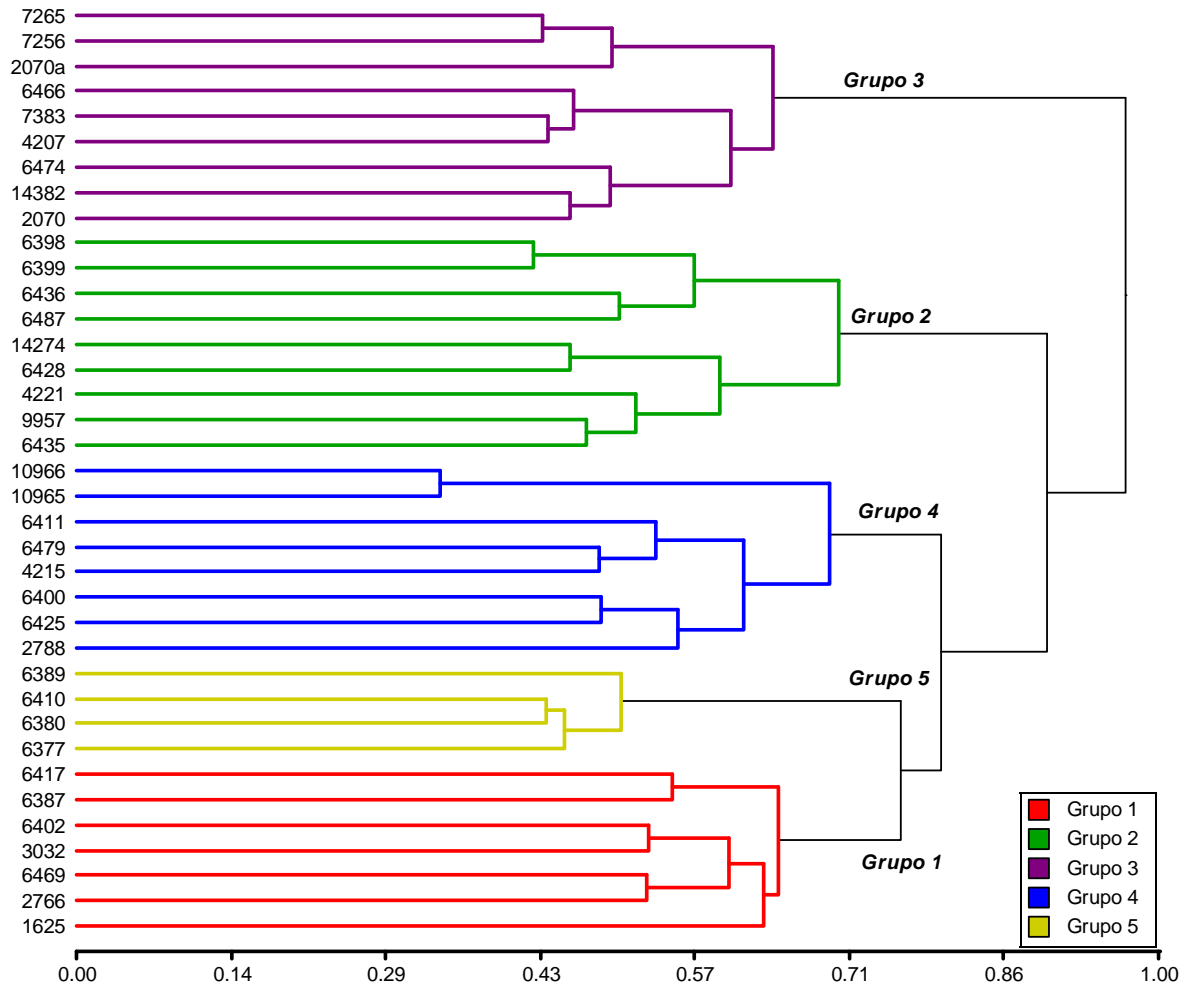


Figura 14. Dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas usando el método de Ward y el coeficiente de similitud de Gower.

Para determinar las relaciones entre variables cualitativas completas y cuantitativas completas, se realizó el análisis de Procrustes generalizado con su correspondiente árbol de recorrido mínimo para evaluar el consenso entre el ordenamiento de las accesiones dado por las variables cuantitativas y las variables cualitativas que dio como resultado un consenso de 82.4% (Figura 15). Para estudiar la correlación entre los caracteres cualitativos y cuantitativos en conjunto, se realizó un análisis de correlación de matrices de Mantel. Para esto se obtuvieron las matrices de distancia entre accesiones usando distancia Euclídea para los caracteres cuantitativos y Jaccard para los caracteres cualitativos. No se encontró una

correlación significativa entre estas dos matrices ($r=0,09$ y $p=0,06$). Esto indica que la información contenida por los dos conjuntos de descriptores no es complementaria.

Con el uso del árbol de recorrido mínimo obtenido mediante un análisis de Procrustes generalizado usando distancias Euclídeas para el conjunto de descriptores cuantitativos y la similitud de Jaccard para los descriptores cualitativos se encontró que las accesiones más afines entre sí fueron la accesión 10965 con la 10966 y las menos afines entre sí son la accesión 6389 con la 6436. La diferencia observada entre la disimilitud obtenida mediante el análisis de CP de las variables cualitativas y el análisis de Procrustes, para las variables cuantitativas y cualitativas se debe a que el análisis CP; mediante el índice de similaridad Jaccard es utilizado solo para las variables cualitativas. Mientras, que el análisis de Procrustes es utilizado para la combinación de las variables cualitativas y cuantitativas (busca el valor medio de las dos tipo de variables); por lo tanto, la ubicación de las accesiones pueden variar al tener diferentes coordenadas de ubicación en un plano entre los dos CP.

Los componentes principales solo explican el 18.4% de variabilidad en el CP1 y un 13.8% en el CP2, donde la suma de estos dos componente solo refleja un 32.2% de la variabilidad. Para explicar el 72% de la variabilidad se necesitan por lo menos ocho CP. (Figura 15).

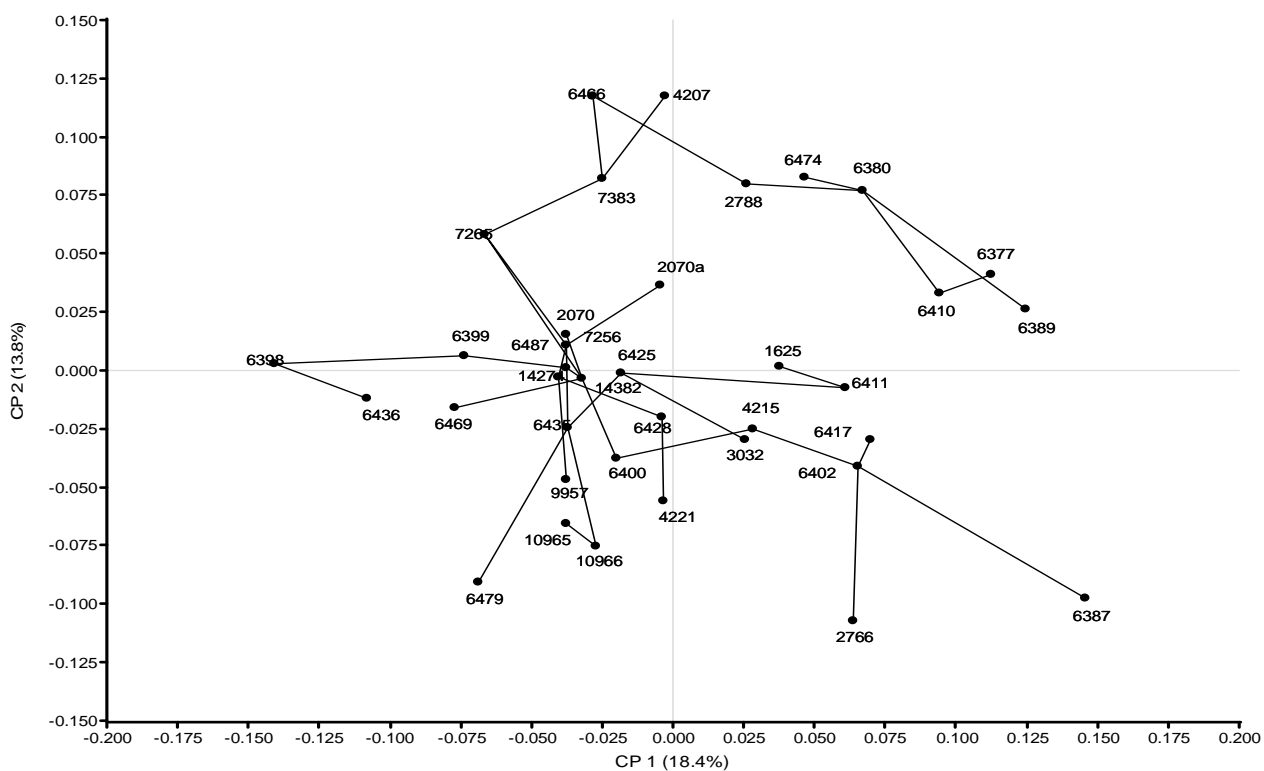


Figura 15. Árbol de recorrido mínimo obtenido mediante análisis de Procrustes generalizado principales usando distancias Euclídeas para el conjunto de descriptores cuantitativos y el índice de similitud de Jaccard para los descriptores cualitativos.

4.2.4 Ordenamiento de las accesiones según características agronómicas

Para ayudar a los administradores de los bancos de germoplasma y seleccionar la mejor accesión entre las 37 accesiones en estudio se analizaron las variables, peso de rendimiento de raíz comercial (PRRC), las cualidades culinarias (CCUI), la facilidad de pelado de la corteza de la raíz (FPCR), el peso medio de la raíz (PMRA), la longitud media de la raíz (LMRA), el diámetro medio de la raíz (DMRA), la posición de la raíz (PORA), el número de raíces comerciales (NRCP) y el deterioro pos-cosecha (DPCO), en función a la mejor producción comercial se obtuvo que la accesión 2766 mostró el mejor comportamiento (Anexo 4).

La accesión 2766 presenta un peso medio de raíces comerciales de 6.88 kg/planta, un número de raíces comerciales por planta de 12, con diámetros medio de la raíz entre 5-8 cm, con una altura promedio de 309 cm. Además posee buenas características culinarias (fibra, sabor y textura) y facilidad de pelado de la corteza de la raíz (Figura 16A).

La accesión que mostró el mejor vigor analizando las variables altura total de la planta (ALTP), el vigor inicial (VINI), el peso de la parte aérea (PPAP), el número de estaca comercial por planta (NECP) y el peso total de la parte aérea de la planta más la raíz (PTPR) fue la accesión 6387 y la que mostró tener menor vigor fue la accesión 6466. La accesión que mostró poseer el mejor comportamiento pos-cosecha con el uso de las variables, facilidad de pelado de la corteza de la raíz (FPCR), el deterioro pos-cosecha (DPCO) y la calidad culinaria (CCUI) fue la accesión 6387 y la que expresó el menor comportamiento fue la accesión 6410 (Anexo 4).

La accesión 6387 presentó alturas promedio de 388 cm, bajo deterioro pos-cosecha en menos del 20 % a los cinco días después de cosechado, con pesos promedio de la parte aérea de 8.3 kg, peso promedio de la raíz en 4.74 kg, una producción promedio de 30 estacas comerciales por planta y 11 raíces comerciales. La posición de la raíz es de forma horizontal, y posee facilidad de pelado de la corteza de la raíz y rendimientos promedio de 4.74 kg/planta. (Figura 16 B)



A



B

Figura 16. A. Altura de la accesión 2766 B. Facilidad de pelado de la corteza de la raíz, característica deseable para el manejo pos cosecha.

5 DISCUSIÓN

Los resultados más sobresalientes de esta investigación, indican que hay diversidad morfológica entre las 37 accesiones estudiadas. Los descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos permitieron discriminar entre genotipos, y establecer grupos de accesiones. Los descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos tienen diferentes capacidades discriminantes; mientras que los grupos formados mediante descriptores cuantitativos son congruentes con los formados por descriptores cualitativos. Por lo tanto, se demostró que se cumplieron las cuatro hipótesis planteadas al inicio de la investigación.

El uso de los 72 descriptores en la presente investigación permitió la caracterización de las accesiones y al contarse con una mayoría de descriptores cualitativos se redujo el efecto de enmascaramiento de información de aquellas características que pudieron ser afectados por el ambiente como es el caso de los descriptores cuantitativos. Otros trabajos similares han diferido en cuanto a cuáles son las características evaluadas que tienen mayor poder al discriminar los grupos y las accesiones. CATIE (1981), indica que con el uso de 45 descriptores se caracterizó su colección completa de 153 accesiones determinando 32 accesiones como posibles duplicados; Beovides et ál. (2002), con 44 descriptores caracterizó clones de yuca obtenidos por cultivo *in vitro*; Demey et ál. (2003), en caracterizaciones moleculares y morfológicas de una colección de yuca, usó 19 descriptores morfológicos, Guido (2005) evaluó de 16 variedades de yuca para el consumo humano donde se evaluaron un total de 18 descriptores morfológicos principales y Acosta et ál. (2006), en la caracterización de 11 clones de yuca utilizó sólo 16 descriptores de la guía morfológica de la planta de yuca (CIAT, 1981).

Estas diferencias entre las características discriminantes en las diferentes investigaciones, pueden deberse al efecto de interacción de la variedad por ambiente, donde la arquitectura típica de una determinada variedad o accesión en un ambiente específico, cambie drásticamente cuando es plantada en otra localidad; por lo tanto, dificulta la descripción morfológica (Ceballos y Cruz 2002). Además, puede corresponder también que las accesiones en estudios anteriormente mencionados no son las mismas al de la presente investigación, debido al uso de diferentes tipos de descriptores y la forma o momento en que fueron tomados los datos.

El análisis de conglomerado jerárquico de las variables cuantitativas, usando el método de Ward y la distancia Euclídea nos muestra la formación de cinco grupos en el Dendograma estadísticamente diferentes (MANOVA; $p < 0.0001$) siendo todos los grupos diferentes entre sí (DGC multivariado, $p < 0.05$), de igual manera, se determinó con el análisis de conglomerado usando el método de Ward a partir del índice de similaridad de Jaccard, la formación de cinco grupos diferentes con el uso de las variables cualitativas

De las 28 características cuantitativas estudiadas, cinco características fueron las que discriminaron a los grupos y produjeron mayor separación, siendo estas: el número de lóbulo (ALOB), el peso de la parte aérea de la planta (PPAP), el número de estacas comerciales por planta (NECP) y el número de raíces podridas por planta (NRPP) y peso rendimiento de raíz no comercial (PRNC). También Biradar et ál. (1978), coincide que el número de raíces podridas por planta como una característica discriminante. Por otro lado, Boides et ál (2002), también concuerda que el número de estacas comerciales por planta es una característica discriminante. Acosta et ál. (2006), señala que el número de lóbulos, la altura de la planta, el diámetro y la longitud de la raíz son las características que presentan mayor variabilidad entre las accesiones. Mientras que Demey et ál. (2003), determinaron que el largo del peciolo es la variable más discriminante para la formación de grupos. Lenis (1988) considera que la altura de la primera ramificación apical es otra característica diferencial. La variación con respecto a algunas características cuantitativas discriminantes se debe a que son características determinadas por muchos genes y tienen gran interacción con el medio ambiente, lo que las hace presentar variaciones (Lobo 2004); mientras, que aquellas que son poco afectadas por el ambiente se deben a características propias de cada accesión; así como poco variables por efecto del ambiente, por ejemplo el número de estacas comerciales por planta.

Lobo (2004), expresa que en la característica ancho del lóbulo (ALOB), los factores como fertilidad de suelo, temperatura, luminosidad, edad de la planta y las estaciones, influyen en la expresión de este descriptor morfológico. Ceballos y Cruz (2002) expresan que cuando el estudio comprende muchas características la expresión que puede brindar es variable, y muchos descriptores son profundamente influenciados por el ambiente.

Con el uso del análisis de correlación de *Pearson*, se determinó que las variables que presentaron la mayor correlación positiva fueron: la longitud del peciolo (LPEC), y el número de lóbulos (NLOB); donde se expresa que entre más largo sean los peciolos la cantidad de

lóbulos que componen las hojas serán mayores. Mientras que con respecto al peso medio de la raíz (PMRA) y al peso total de la parte aérea de la planta más la raíz (PTPR), donde el peso de la parte aérea y la raíz aumente o disminuya, el diámetro de la raíz también disminuirá o aumentará respectivamente. El número de raíces comercial por planta (NRCP) y el peso total de la parte aérea de la planta más la raíz (PTPR); mostraron que la cantidad de raíces comerciales que se presenta en una planta, va aumentar o disminuir según el peso total de la planta. Coincidentemente Biradar et ál. (1978), encontraron que estas mismas variables se correlacionan positivamente.

Por otro lado, las variables que presentaron mayor correlación negativa fue el número de raíces podridas por plantas (NRPP), y peso rendimiento de raíz comercial (PRRC), los daños causados por plagas y enfermedades (DCPE) y el nivel de ramificación (NIRA).

Con el uso de las variables cuantitativas se muestra una reducida distancia entre las accesiones, donde el análisis de distancia mostrado con la técnica de árbol de recorrido mínimo y los resultados del Dendograma se obtuvo que las accesiones 14274 y la 7256; 6377 y la 6389 son accesiones muy afines entre si. También con el uso de descriptores cualitativos se obtuvo que las accesiones 6474 y la 6380; la accesión 10965 y la 10966 son afines entre si. Mientras que cuando se combinaron los dos tipos de variables (cuantitativas y cualitativas), se obtuvo que las accesiones 10965 y la 10966 como las más afines, por lo tanto no se descarta la posibilidad que estos materiales genéticamente sean muy cercanos.

Al estudiar las variables cualitativas, y efectuar el análisis de conglomerados con el método de Ward y el coeficiente de similaridad de Jaccard se muestra la formación de cinco grupos. Con ello se determinó que de las 44 variables en estudio 13 mostraron la mayor relación con la formación de grupos.

Las características cualitativas que presentan discriminación en los grupos y son menos afectadas por factores ambientales son: el color de la nervadura (CNER), siendo el verde el más frecuente, la posición del peciolo (PPEC), siendo la posición horizontal la más frecuente, la longitud de las estípulas (LEST) donde su categoría larga es la más frecuente, el color de las ramas terminales de la planta adulta (CRTP), siendo el verde el más frecuente, color del disco (CDIS) siendo el naranja más frecuente, la presencia del pedúnculo en la raíz (PPRA), siendo la forma pedunculada la más frecuente, el color externo de la raíz (CERA), siendo el marrón

claro las más frecuente, el color de la corteza de raíz (CCRA), siendo el amarillo la más frecuente y la posición de la raíz (PORA), donde la tendencia vertical es la más frecuente. Beovides et ál. (2002) coinciden con este trabajo, que características como la presencia de pedúnculo en la raíz y el color de la corteza de la raíz son características discriminantes, pero difiere, al igual que Acosta et ál. (2006), Sánchez y Parodi (2001) en que el tipo del lóbulo central, el color del peciolo, el color del tallo, los niveles de ramificación, el hábito de ramificación y el tipo de planta, también son características discriminantes con alta penetrancia y expresividad específica. Lenis (1988), señala que características como color del tallo maduro, color de la nervadura, color del peciolo, distribución de la pigmentación en el peciolo, el color y forma de la hoja adulta, la corteza y pulpa de la raíz como las características más diferenciadoras. Las diferencias entre los resultados obtenidos por los diferentes autores y esta investigación se pudo deber los factores edáficos-climáticos, las accesiones, el tipo de descriptor o la forma en que se tomaron los datos.

Las características cualitativas que discriminaron a los grupos y que pueden ser afectadas por el ambiente son: el color de la hoja apical (CHAP), siendo el verde oscura la más frecuente, la forma del lóbulo central (FLCE), siendo la forma oblonga-lacerada las más frecuente, el color del peciolo (CPEC), siendo el verde con rojo la más frecuente y el color de la hoja desarrollada (CHDE), siendo el verde oscuro el más frecuente. Demey et ál. (2003), Beovides et ál. (2002) y Acosta et ál. (2006) coinciden con los resultados obtenidos, y señalan además que el color de la hoja apical y el color del peciolo también son características discriminantes, pero con menor penetrancia que las características que son menos afectadas por el ambiente. Lobo (2004), determinó que estas características están influenciadas por factores como fertilidad del suelo, salinidad, drenaje, plagas y enfermedades, vigor y edad de la planta.

De las 13 características cualitativas discriminantes en este trabajo, las que más separan los grupos mediante el coeficiente *Cramer* fueron el color de la nervadura (CNER), la forma del lóbulo central (FLCE) y el color externo de la raíz (CERA). Mientras, Demey et ál. (2003) señalaron que el color de la rama terminal es la característica que más separa los grupos utilizando también el coeficiente de Cramer.

Las mayores asociaciones entre los grupos y las categorías de cada variable discriminada se encontraron en la característica color de las nervaduras (CNER) en su

categoría toda roja con el Grupo 5, el color del disco (CDIS) en su categoría roja con el Grupo 4, la longitud de las estípulas (LEST) en su categoría largas con el Grupo 1 y el color de las ramas terminal de la planta adulta (CRTP) en su característica verde-púrpura con el Grupo 2.

El análisis de conglomerado jerárquico de las variables cualitativas y cuantitativas, usando el método de Ward y la distancia obtenida a partir del coeficiente de similitud de Gower nos muestra la formación de cinco grupos.

El consenso entre el ordenamiento de las accesiones, dado por las variables cuantitativas y las variables cualitativas fue de 82.4%; encontrando en los grupos formados una correlación no significativa entre estas dos matrices ($r=0,09$ y $p=0,06$). Esto indica que la información contenida por los dos conjuntos de descriptores es complementaria. Por lo tanto; se determinó que las caracterizaciones morfológicas en el cultivo de yuca deben utilizar tanto los descriptores cuantitativos como los cualitativos. Ambos grupos de descriptores, tienen el poder de discriminar de diferentes maneras mediante las expresiones fenotípicas. Lo anterior coincide con lo expresado por Lobo (2004), Ceballos y Cruz (2002), quienes señalan que las características morfológicas cuantitativas son las que tienen mayor acción en la manifestación del carácter; son determinadas por muchos genes y tienen mayor interacción con el ambiente.

Las condiciones edáfico-climáticas y nutricionales donde se efectuó esta investigación son consideradas como adecuadas según las recomendaciones descritas por Jorge (2008); por lo tanto, se puede pensar que el uso de estos descriptores se expresaron en su máximo potencial.

Los resultados de los descriptores cuantitativos y cualitativos ofrecen información que puede ser considerada como complementaria, ya que no se origina un patrón entre la asociación, donde nos corrobora la importancia que tiene el estudio de ambos descriptores para tener una mejor descripción e interpretación de la diversidad de la población.

Mientras que el CATIE (1981) en trabajos de caracterización de las 153 accesiones existente en el banco de germoplasma donde estaban incluidas las 37 accesiones del presente estudio, encontró que las accesión 6400 con la 6399 y la accesión 6479 y 6428 probablemente son duplicados. Sin embargo, este trabajo encontró que éstas accesiones tienen diferencias marcadas tanto mediante la utilización de descriptores cualitativos (número de lóbulos,

longitudes entre nudo, pesos de rendimiento de raíces comerciales, longitud media de la raíz y deterioro pos-cosecha) como cualitativos (color externo de la corteza de la raíz, la posición del peciolo, la longitud de las estípulas y forma del lóbulo central), por lo tanto se considera que estas accesiones no son duplicadas.

Estas diferencias encontradas entre una caracterización y otra se pudo deber a los datos de cosecha en el estudio elaborado por el CATIE en 1981 donde fueron tomados 24 meses después de la siembra, mientras que los datos de cosecha de este estudio se realizó a los 15 meses después de siembra. Por esto, características como rendimiento, diámetro de la raíz, longitud de la raíz, raíces podridas por planta y cualidades culinarias pueden variar significativamente en los resultados.

La accesión 6387 procedente de Turrucare 3 de Costa Rica reflejó las mejores características tanto en vigor y calidad pos-cosecha en el presente estudio; sin embargo, muestra diferencias con respecto a las características diámetro medio de la raíz, color de la corteza, peso medio de la raíz y longitud de la raíz, que ésta misma accesión mostró en la caracterización hecha por el CATIE en 1981. Estas diferencias posiblemente se deban a la diferencias en tiempo entre las cosechas, descriptores utilizados, mezcla de los clones entre cada ciclo de regeneración o el proceso continuo de clonación de las accesiones.

6 CONCLUSIÓN

1. Las 37 accesiones de yuca de la colección del CATIE, mostraron diversidad con el uso de los descriptores cuantitativos y cualitativos. Sin embargo se determino que hay accesiones muy afines con el uso de las características cuantitativas (14274 y la 7256; la accesión 6377 y la 6389); con las características cualitativas (6474 y la 6380; la accesión 10965 y la 10966) y con la combinación de ambas característica se obtuvo que la accesión 10965 y la 10966.
2. Las características morfológicas cuantitativas y cualitativas permitieron formar al menos cinco grupos de accesiones.
3. Las variables cuantitativas que tienen la mayor capacidad discriminante para la separación de los grupos de accesiones son el número de lóbulo (NLOB), el número de estaca comercial por planta (NECP), el peso de rendimiento de raíz no comercial (PRNC), el número de raíces podridas por planta (NRPP) y el peso de la parte aérea de la plata (PPAP).
4. Las variables cualitativas que tienen la mayor capacidad discriminante para separar los grupos de accesiones son: el color de la nervadura (CNER), el color del disco (CDIS), el color externo de la raíz (CERA), el color de la corteza de raíz (CCRA), el color de la hoja apical (CHAP), el color del peciolo (CPEC), el color de la hoja desarrollada (CHDE), el color de las ramas terminales de la planta adulta (CRTP), la posición del peciolo (PPEC), la longitud de las estípulas (LEST), la presencia del pedúnculo en la raíz (PPRA), la posición de la raíz (PORA) y la forma del lóbulo central (FLCE).
5. Existe un alto consenso entre el ordenamiento de las accesiones cuando se usan descriptores cuantitativos y cualitativos.
6. La correlación entre las distancias de las accesiones obtenidas por los descriptores cuantitativos y cualitativos es baja; por lo tanto, se deben contemplar ambos tipos de descriptores para caracterizar.

7. Muchos de los descriptores cuantitativos y cualitativos de flor y frutos no pudieron ser evaluados debidos a la fenología del cultivo y/o factores edáfico-climáticos en la zona de estudio.

7 RECOMENDACIONES

- El uso de los descriptores morfológicos cuantitativos y cualitativos discriminantes obtenidos en este estudio, generan la información necesaria para determinar la variabilidad existente en la población, por lo que se recomienda su uso para futuros trabajos de caracterización.
- Con la caracterización morfológica no se pudo determinar si realmente algunas accesiones son iguales entre sí, por lo que se debe analizar estas accesiones con técnicas más avanzadas, como es el uso de marcadores moleculares.
- La utilización de la base de datos obtenida en la presente investigación, permitirá en futuras investigaciones determinar las accesiones con alto potencial agronómico.
- Realizar caracterizaciones morfológicas de las mismas accesiones en períodos no muy prolongados de tiempo y en ambientes diferentes para determinar si estos factores influyen en las respuestas de las accesiones.
- Distribución de un duplicado del material evaluado a las diferentes instituciones encargadas de la conservación del germoplasma, para evitar pérdidas de las accesiones por factores edáfico-climáticos.

8 LITERATURA CITADA

- Abadie, T; Berretta, A. 2001. Caracterización y Evaluación de Recursos fitogenéticos. Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur (en línea). PROCISUR. Consultado el 01 de dic. 2009. Disponible en http://www.fagro.edu.uy/~fitotecnia/docs/Caracterizacion_y_Evaluacion_de_Recursos_Fitogeneticos.pdf
- Acosta, RA; Tamayo, AC; Palacios, R. 2006. Caracterización morfológica y extracción de ADN de 11 clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la Universidad de EARTH, CR. Tierra Tropical 2 (1). p. 67-75.
- Basil, JGA. 2007. Diversidad genética en poblaciones de *Swietenia microphylla* King (Meliaceae) en Costa Rica y Bolivia. Tesis. M.Sc. Turrialba, CR. p. 23-24.
- Becerra, VV; Paredes, MC. 2000. Uso de Marcadores Bioquímicas y Moleculares en estudio de diversidad Genética (en línea). Chile, Agr. Téc. Vol. 60 no 3. Consultado el 13 de ene. 2010. Disponible en http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072000000300007&script=sci_arttext
- Bellotti, AC; Herrera, CJ; Melo, EL; Arias, B; Guerrero, JM; Hernández, MP. 1982. Control de plaga en el cultivo de la yuca (en línea). CIAT. CO. Consultado el 25 de nov. 2010. Disponible en <http://www.cerat.unesp.br/compendio/palestras/palestra4.pdf>
- Beovides, Y; Medero, V; González, C; Xiqués, X; Román, MR; Milián, M; García1, G; Toledo, H; Guerra, D. 2002. Caracterización morfoagronómica de clones de (*Manihot esculenta* Crantz) obtenidos por cultivo *in vitro*. Biotecnología vegetal Vol. 2, no. 2: p. 83-88.
- Biradar, RS; Rajendra, PY; Hrishi, N. 1978. Genetic variability and correlation studies in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Journal of Root Crops. 4(1):7-10.
- Bueno, A. 1991. Estimación de los Parámetros Genéticos en la Yuca. In Hershey, H. Mejoramiento Genético de la Yuca en América Latina. CIAT. CO. p. 196-215.

- Buitrago A., J.A. 1990. La yuca en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 446 p.
- Campos, HQ; Seguel, IB. 2000. Biotecnología y Recurso genético vegetal (en línea). *Agro sur*. Vol.28, no.1. p. 13-24. Consultado el 27 de ene. 2010. Disponible en <http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-88022000000100002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0304-8802.
- Ceballos, H. 2002. La yuca en Colombia y el Mundo: Nuevas Perspectivas para un Cultivo Milenerario. *In* Ospina, B; Ceballos, H. La Yuca en el Tercer Milenio. Sistema Moderno de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT .CO. Vol. 327 Capitulo I. p. 1-13.
- _____ ; Cruz, G. 2002. Taxonomía y Morfología de la Yuca. *In* Ospina, B; Ceballos, H. La Yuca en el Tercer Milenio. Sistema Moderno de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT .Col. Vol. 327 Capitulo II. p. 17-34.
- _____ ; Morantes, N; Calles, F; Lenis, JI; Jaramillo, Y; Pérez, JC. 2002. Mejoramiento Genético de la Yuca *In* Ospina, B; Ceballos, H. La Yuca en el Tercer Milenio. Sistema Moderno de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT .Col. Vol. 327. p. 271-377.
- Buitrago, AJA. 1990. La yuca en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 446 p.
- CATIE (Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza) 1981. Catalogo de la colección de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del CATIE. Turrialba. CR. no 2. 40 p.
- Chávez, M. 1990. Estado actual del fitomejoramiento de la yuca en Panamá. Ponencia presentada en la Reunión Panamericana de Fitomejoradores de Yuca. *May 21-25*. CNPMF/EMBRAPA. Cruz das Almas. BA. BR. 10 p.
- Demey, JR; Zambrano, AY; Fuenmayor, F; Segovia, V. 2003. Relación entre caracterizaciones molecular y morfológica en una colección de yuca. Venezuela. INCI. Vol. 28. no 12. p. 684-689.

- Díaz, MGCI. 1998. Marcadores moleculares: Qué son, cómo se obtienen y para qué valen (en línea). España, Universidad de Malanga. Consultado el 01 de diciembre del 2009. Disponible en <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=276912>
- Di Rienzo, JA; Balzarini, MG; Casanoves, F; González, LA; Tablada, EM; Robledo, CW. 2008. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina. P.165-173-175
- Domínguez, CE. 1982. Yuca: Investigación, Producción y Utilización. *In* Hershey, CI; Amaya, A. Germoplasma de Yuca: Evolución, Distribución y Colección. p. 77-88.
- Domínguez. C.E. 1981. Morfología de la planta de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CO. 41 p.
- Duputic, A; Massol, F; David, P; Haxaire, C; Mckey, D. 2009. Traditional Amerindian cultivators combine directional and ideotypic selection for sustainable management of cassava genetic diversity. *Journal Evol Biol.* Jun; 22(6):1317-25 p.
- Ebert, AW. 2007. Flujo de germoplasma facilitado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza dentro y fuera de Latinoamérica (en línea). *Recurso Naturales y Ambientales* no. 53. Consultado el 13 de ene. 2010. Disponible en www.biodiversityinternational.org/.../Flujos_de_germoplasma_facilitado_por_CATIE_Ebert_RNA53_2008.pdf –
- Enríquez, G.1966. Selección y estudio de las características de la flor, la hoja y la mazorca, útil para la identificación y descripción de cultivo de cacao. Tesis Mag. Sc. Turrialba. CR, IICA. 97 p.
- Falconer, HA. 1981. Introduction to quantitative genetics. Longman, New York. 340 p.
- FAO/FIDA (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola/Organismo de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación). 2000. La economía mundial de la yuca: hechos, tendencias y perspectivas. Roma, IT. 59 p.
- FAO (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola) 1996. Conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos, para la alimentación y la agricultura: Plan de

acción mundial e informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos en el mundo. IT. 10 p.

FAO (Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola) 2008. Perspectivas alimentarias. Análisis de mercado (en línea). Sesiones extraordinaria no. 35. Consultado el 27 de ene. 2010. Disponible en <http://www.scribd.com/doc/8497493/FAO-Perspectivas-alimentarias-periodo-35>.

Franco, T. 2007. Los bancos de germoplasma en las Américas (en línea). Recurso Naturales y Ambientales no. 53:81-84. Consultado el 13 de ene. 2010. Disponible en http://web.catie.ac.cr/informacion/RFCA/rev53/rna53_p81_84.pdf.

Franco, TL; Hidalgo, R. (eds.). 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) Boletín técnico no. 8. Cali, CO. 89 p.

Fuenmayor, F; Segovia, V; Albarrán, JG; Rodríguez, A; Cabaña, W. 2005. Banco de Germoplasma de yuca del INIA-CENIP Venezuela (en línea). VE. CENIP-INIA. Consultado el 11 de oct. 2010. Disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n7/arti/fuenmayor_f/arti/fuenmayor_f.htm

Fukuda, WMG; Guevara, CL. 1998. Descriptores morfológicos e Agronómicos para a caracterização de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Bahia, BA. 38 p.

Galindo, RGA. 1982. Caracterización morfológica de germoplasma de yuca *Manihot esculenta* Crantz. Tesis. Universidad de Guadalajara, Escuela de Agricultura. Zapopán, MX. 81 p.

González, YCM. 2003. Caracterización morfológica y molecular de genotipos de *Dioscorea alata* y *D. trifida* del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, IDIAP y CATIE. Tesis. M. Sc. Turrialba, CR. p. 10-39.

- Harding, K. 1996. Approaches to assess the genetic stability of plant genetic recovered from *in vitro* culture. In: *In vitro* Conservation of Plant Genetic Resources. M. Normah; M.Narimah y M.Clyde (Eds.) p. 135-168.
- Hershey, CLH. 1991. Mejoramiento Genético de la Yuca en America Latina. CIAT. CO. p. 59-115.
- Howeler, H.1981. Nutrición Mineral y Fertilización de la Yuca (*Manihot esculenta* Crantz).Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. CO. 55 p.
- Huaral, D. 2005. Cultivo de Yuca (*Manihot esculenta* C.) (en línea). Ministerio de Agricultura de Perú. INIA .Consultado el 13 de nov. 2009. Disponible en http://www.inia.gob.pe/boletin/bcit/boletin0002/index.htm#cultivo_donoso.
- InfoAgro 2006. El cultivo de la yuca (en línea). Consultado el 14 de ene. 2010. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>.
- Jemming, J; Martin, FW.1973. The utilization of cassava variability on an international basis. 3a. Reunión Sociedad Mundial de Raíces y Tubérculos. NG. 23 p.
- Jiménez N., A. 1994. Identificación de duplicados del banco de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del CIAT. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Plan de Estudios de Ingeniería Agronómica, Palmira, Valle del Cauca, CO. 115 p.
- Jorge M.A. 2008. Guías para la regeneración de germoplasma: yuca. In Dulloo M.E., Thormann I., Jorge M.A. and Hanson J., editors. Crop specific regeneration guidelines [CDROM]. CGIAR System-wide Genetic Resource Programme (SGRP), Rome, Italy. 10 p.
- Kueneman, E. 2002. Iniciativa Mundial para el mejoramiento de la mandioca, un cultivo tropical que alimenta a más de 600 millones de personas. FAO.
- Landizábal, R. 2002. Manual de producción de yuca Valencia. Fintrac. Centro de Desarrollo de Agronegocios. HO. 22 p.

- Lenis, CJ. 1988. Caracterización morfológica y agrupamiento de 23 cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) utilizando coeficientes de distancia, correlación y componentes principales. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Martín Cárdenas. Cochabamba. 133 p.
- Lobo, R. 2004. Caracterización de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). In Palma, R. Conservación *in situ* de cultivos nativos y parientes silvestres. Choricá, PE. Seminario taller. p 136-169.
- Mafla, G; Debouck, DY. 2007. Alternativa para la conservación de recurso genético en banco de Germoplasma. (en línea). Simposio Colombia, CIAT. Consultado el 07 oct. 2009. Disponible en <http://www.docstoc.com/docs/13434988/Alternativas-para-la-conservaci%C3%B3n-de-recursos-gen%C3%A9ticos-en-bancos-degermoplasma>
- _____; Roa, JC; Flor, NC; Debouck, DG. Conservación *in vitro* y utilización del germoplasma del género *Manihot* (en línea). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), A.A. 6713, Cali, CO. Consultado el 20 dic. 2009. Disponible en http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/cartagenafinal.pdf
- Marín, A; Perdomo, D; Albarrán, JG; Fuenmayor, F; Zambrano, C. 2008. Evaluación Agronómica, Morfológica y Bioquímica de clones de yuca a partir de vitroplantas. Caracas, VE. INCI vol.33 no.5. p 365-371.
- Martínez, IM. Conservación de Recursos Fitogenéticos (en línea). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). Consultado el 27 de ene. 2010. Disponible en http://www.esporus.org/recursos/articles/agrobiodiversitat/conservacion_rec_fitog_isaura_martin.pdf
- _____. 1995. Métodos estadísticos multivariados en biología molecular y su aplicación en investigación agrícola. Agronomía Colombia. Vol. XII. no1. p. 60-71.
- Miranda, AG. 2009. Evaluaciones de dieciséis variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) para el consumo humano en Masatepe. Masaya (en línea) Nicaragua, INTA. Consultado el 10 de oct. 2010. Disponible en <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/protocolos/1ra-2008-pac-sur/aet-pro-evaluacion-16-variedades-yuca.doc>

- Montaldo, A. 1979. La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica. 386 p.
- _____. 1985. La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. CR. p. 5-28-31-32.
- _____. 1989. Los cultivos de raíces y tubérculos. Revista de la Facultad de Agronomía. Raíces y tubérculos. Alcance 38: p. 213-256.
- Padrón, 2006. Documentación, Conservación y Multiplicación de germoplasma (en línea). Habana, Cuba. Curso de capacitación en mejoramiento genético en arroz. Cuba. Consultado el 06 de dic. 2009. Disponible en <http://agr.unne.edu.ar/fao/Cuba-ppt/11DOCUMENTACION,%20CONSERVACION%20Y%20GERMOPLASMA-Padron.pdf>
- Pérez, MZ. 1987. Caracterización Preliminar de 25 materiales de Yuca (*Manihot esculenta* Crantz) Colectado en los Departamento de Chiquimula, El Progreso, Izabal, Jutiapa y Zacapa. Licenciado en Ciencias Agrícolas. Universidad de San Carlos Guatemala Facultad de Agronomía. GT. p. 10-11-14.
- Potter, R y Jones, M. 1991. Molecular analysis of genetic stability. In vitro Methods for Conservation of Plant Genetic Resources (J. H. Dodds, Ed.) Chapman and Hall, London, UK. p.71-91.
- Rogers, D; Appan. C. 1973. *Manihot, Manihotoides (Euphorbiaceae)*. Flora Neotrópica. Monografía. no 13. Nueva York. Pulse Hafner.
- Rogers, D; Fleming, HS. 1973. A Monograph of *Manihot esculenta* with an Explanation of the Taximetric Methods Used. Economic Botany. The University of Colorado. EU. P. 113.
- Sauer, C. 1952. Agricultural origins and dispersals. New York, The American Geographical Society. EU. 110 p.
- SADRB (Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural de Bolivia) BO. Ficha Técnica para el Cultivo de Yuca.

Sánchez, HI; Parodi, JL. 2001. Diversidad de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Jenaro Herrera, Loreto-Perú. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Boletín técnico nº 28. 49 p.

ANEXOS

Anexo 1. Descriptores Morfológicos para cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).

DESCRIPTORES MINIMOS	
CARACTERISTICAS	DESCRIPCIÓN
Color de la hoja apical	Verde claro; 3. Verde oscuro; 5. Verde púrpura; 7. Púrpura; 9.
Pubescencia del brote apical	Ausente; 0. Presente; 1.
Forma del lóbulo central	Ovoide; 1. elíptica-lanceolada; 2. Ovoval-lanceolada; 3. Oblongo-lanceolada; 4. Lanceolada; 5. Recta o lineal; 6. Pendulada; 7. Lineal-piramidal; 8. Lineal-pendulada; 9. Lineal-hostitalobada; 10.
Color del peciolo	Verde amarillento; 1. Verde; 2. Verde con rojo; 3. Verde morado, 5. Rojo; Púrpura; 9.
Color de la corteza joven	Amarillo; 1. Verde claro; 2. Verde oscuro; 3.
Color de la superficie interna de epidermis del tallo	Naranja; 3. Verde amarillado; 4. Dorado-oro; 5. Marrón claro; 6. Plata, 7. Gris; 8. Marrón oscuro; 9
Longitud de entre nudos	Corto (menor que 8 cm); 3. Medio (de 8-15 cm); 5. Largo (mayor que 15 cm); 7.
Presencia de pedúnculo de la raíz	Sésil ó sentado; 1. Pedunculado; 3. Mixto; 5.
Color externo de la raíz	Blanco o crema; 1. Amarillo; 2. Marrón claro; 3. Marrón oscuro; 4.
Color de la corteza de la raíz	Blanco o crema; 1. Amarillo; 2. Rosado; 3. Púrpura; 4.
Color de la pulpa de la raíz	Blanca; 1. Crema; 2. Amarilla; 3. Rosada; 4
Textura de la epidermis de la raíz	Lisa; 3. Rugosa; 7
Floración	Ausente; 0. Presente; 1.
DESCRIPTORES PRINCIPALES	
Color de la hoja desarrollada	Verde claro; 3. Verde oscuro; 5. Verde púrpura; 7. Púrpura; 9.
Número de lóbulos	Tres lóbulos; 1. Cinco lóbulos; 3. Siete lóbulos; 5. Nueve lóbulos; 7. Once lóbulos; 9.
Longitud de lóbulo	Expresado en cm. se mide a partir de punto de inserción del lóbulo central.
Largura del lóbulo	Expresado en cm, se mide a partir del lóbulo central amplio.
Rejas longitud / lóbulo central largo	
Longitud del peciolo	Expresado en cm, se mide en la hoja del tercio medio de la planta.
Color de epidermis del tallo	Crema; 1. Marrón claro; 2. Marrón oscuro; 3. Naranja; 4.
Hábito de crecimiento del tallo	Recto; 1. Zig-zag; 2.
Color de las ramas terminales de la planta adulta	Verde; 3. Verde-púrpura; 5. Púrpura; 7.
Altura de la planta	Expresada en cm. Medida antes de la cosecha.
Altura de primera ramificación	Expresada en cm, Medida antes de la cosecha.
Niveles de ramificación	Número de veces que planta ramifica. Antes de la cosecha
Construcción de la raíz	Poca o ninguna; 1. Mediana; 2. Muchas; 3.
DESCRIPTORES SECUNDARIOS	
Color de la nervaduras	Verde; 3. Verde rojo en menos de la mitad del lóbulo; 5. Verde rojo en más de la mitad del lóbulo; 7. Toda roja; 9.
Posición del peciolo	Inclinado para encima; 1. Horizontal; 3. Inclinado para bajo; 5. Irregular; 7.
Prominencia de las cicatrices de la hoja	Semi prominente; 3. Prominente; 5.
Longitud de las estípulas	Cortas; 3. Largas; 5.
Márgenes de las estípulas	Lacienada; 1. Todo; 2.
Hábito de ramificación	Erecto; 1. Dicotómico; 2. Tricotómico; 3. Tetracotómico; 4.
Angulo de ramificación	A medida que el alza ramificación en primer lugar, las notas que ángulo y A / 2
Época de la primera ramificación	Anotar el número de día después de la siembra.
Campana lóbulo de las hojas	Liso; 1. Sinuoso; 7.

Forma de la raíz	Cónica; 1. Cónica-cilíndrica; 2. Cilíndrica; 3. Irregular; 4.
Tipo de planta	Compacta; 1. Abierta; 2. Paraguas; 3. Cilíndrica; 4.
DESCRIPTORES AGRONOMICOS PRELIMINARES	
Vigor inicial	Poco; 1. Intermedio; 2. Vigoroso; 3.
Peso de la parte aérea de la planta	Expresado en Kg. pesa las hojas y tallos, sin tensiones.
Peso total de la parte aérea de la planta	Expresada en Kg. peso de hojas, tallos y las cepas.
Número de estacas comerciales por plantas	Considérese estacas de 20 cm.
Longitud media de la raíz	Corta- menor de 20 cm; 1. Intermedia-entre 20 a 30 cm.; 2. Larga-mayor que 30 cm; 3.
Diámetro medio de la raíz	Fina- menor de 5 cm; 1. Intermedia-entre 5 a 8 cm; 2. Gruesa- mayor de 8cm; 3.
Aspectos destacados de la corteza de la raíz	Fácil; 3. Difícil; 7.
Posición de la raíz	Tendencia vertical, 1. Tendencia horizontal, 2. Irregular; 3.
Número de raíz por planta	Tomado en la época de cosecha.
Peso medió de la raíz por planta	Expresado en kg.
Rendimiento de raíz comercial	Expresado en kg/ha.
Rendimiento por raíz no comercial	Expresado en kg/ha
Número de raíz podridas por planta	Tomado en la época de cosecha
Índice de colecta	Valor obtenido en la relación de peso de raíces / peso total de la planta.
Porcentaje de materia seca de raíz	Método de la balanza hidrostática.
Contenido de ácido cianhídrico en la raíz	Cuantitativo, está determinado por el método de picrato alcalino-expresada en una escala con valores de 1-9, o por el método cuantitativo, expresada en ppm.
Deterioro pos-cosecha	Sin deterioró; 1. Hasta el 20% de las raíces deterioradas; 2. 20 al 40% de las raíces deterioradas; 3. Del 41 al 60% de las raíces deterioradas; 4. Mas del 60% de las raíces deterioradas
Cualidades culinarias	Buena; 1. Regular; 2. Malo; 3.
Los daños causados por plagas y enfermedades	Usar escala de 1 a 5.
Retención de hojas	Buena; 1. Regular; 2. Poca; 3.
DESCRIPTORES COMPLEMENTARIOS	
Color de sépalos	Blanco o crema; 1. Naranja; 2. Verde; 3. Rojo; 4. Púrpura; 5.
Color del disco	Blanco o crema; 1. Naranja; 2. Verde; 3. Rojo; 4. Púrpura; 5.
Color del estigma	Blanco o crema; 1. Naranja; 2. Verde; 3. Rojo; 4. Púrpura; 5.
Color del ovario	Blanco o crema; 1. Naranja; 2. Verde; 3. Rojo; 4. Púrpura; 5.
Color de las anteras	Crema, 1: Amarillo; 2. Otros; 3
Longitud de los sépalos	Medida tomada en mm
Ancho de los sépalos	Medida tomada en mm.
Flores femeninas sin estambres	Ausente; 0. Presentes; 1.
Polen	Ausente; 0. Presentes; 1.
Frutos	Ausente; 0. Presentes; 1.
Longitud de la capsula del fruta	Medida tomada en mm.
Epicarpio de la fruta	Liso; 3. Rugoso; 7.
Longitud de la semilla	Medida tomada en mm.
Diámetro de la semilla	Medida tomada en mm.
Color principal de la semilla	Marrón; 1. Negro; 2.
Color de la circula de la semilla	Marrón; 1. Negro; 2.
Color de la carúncula de la semántica	Blanco o crema; 1. Rosado o rojo; 2. Púrpura; 3.

Anexo 2. Prueba DGC multivariada de las variables cuantitativas completas

Cuadro de Análisis de la Varianza (Roy)

F.V.	Estadístico	F	gl(num)	gl(den)	p
Grup. cuanti. fin 15	38.14	21.56	23	13	<0.0001

Prueba DGC multivariada Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común gl: 32

Grup. cuanti.	LENU	NLOB	LLOB	ALOB	RELL	LPEC	ALTP	ALPR	NIRA	ARAM	LMRA	DMRA	DPCO	DCPE	PPAP	PTPR	NECP	NRCP	PMRA	PRRC	PRNC	NRPP	ICOL	n	
<u>fin 15</u>																									
4	3	4.5	19.91	3.1	6.46	23.23	251.43	101.65	3.75	43.42	2.5	1.5	3.5	0.5	2.01	3.56	8.53	4.25	1.56	6750	3616.67	1.38	1	7	A
5	3.29	5.29	19.17	5.74	3.41	30.84	282.61	127.1	3.86	42.35	2.71	2.14	3.14	0.71	3.5	6.96	11.82	5.29	3.47	21466.68	1638.1	0.29	1.13	4	B
1	3	3.83	17.73	4.64	3.84	25.32	229.67	92.19	3.25	37	1.67	1.17	2.33	0.67	2.43	4.37	9.48	6.5	2.01	10655.56	2772.22	0.13	1.1	12	C
3	3.29	5.29	19.74	4.64	4.33	30.71	314.09	92.81	3.43	45.89	2.14	1.71	2.57	1.14	7.58	11.99	27.61	9.86	4.41	24276.2	5114.29	0	0.65	7	D
<u>2</u>	<u>3</u>	<u>2.14</u>	<u>12.8</u>	<u>4.4</u>	<u>2.93</u>	<u>14.06</u>	<u>207.24</u>	<u>74.11</u>	<u>4.43</u>	<u>48.73</u>	<u>2.14</u>	<u>2</u>	<u>2.14</u>	<u>0.57</u>	<u>3.39</u>	<u>7.47</u>	<u>10.32</u>	<u>7.29</u>	<u>4.08</u>	<u>25561.92</u>	<u>1647.62</u>	<u>0.07</u>	<u>1.55</u>	<u>7</u>	E

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Anexo 3. Correlación de Pearson: coeficientes \ probabilidades de las variables cuantitativas completas

	LENU	NLOB	LLOB	ALOB	RELL	LPEC	ALTP	ALPR	NIRA	ARAM	LMRA	DMRA	DPCO	DCPE	PPAP	PTPR	NECP	NRCP	PMRA	PRRC	PRNC	NRPP	ICOL
LENU	1.00	0.48	0.40	0.98	0.48	0.06	0.13	0.29	0.80	0.09	0.44	0.35	0.44	0.65	0.09	0.08	0.12	0.38	0.24	0.33	0.42	0.52	0.40
NLOB	0.12	1.00	0.02	0.09	0.44	0.00	0.00	0.37	0.05	0.05	0.08	0.63	0.51	0.13	0.31	0.47	0.03	0.58	0.99	0.90	0.62	0.97	0.26
LLOB	0.14	0.38	1.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.06	0.17	0.75	0.35	0.18	0.05	0.85	0.13	0.40	0.04	0.73	0.67	0.40	0.06	0.40	0.05
ALOB	0.00	0.28	0.29	1.00	0.00	0.00	0.29	0.91	0.93	0.53	0.12	0.22	0.51	0.58	0.78	0.23	0.75	0.78	0.03	0.01	0.22	0.03	0.30
RELL	0.12	0.13	0.59	-0.57	1.00	0.10	0.07	0.18	0.36	0.44	0.95	0.05	0.21	0.71	0.62	0.52	0.33	0.71	0.03	0.00	0.01	0.00	0.04
LPEC	0.31	0.60	0.81	0.46	0.27	1.00	0.00	0.01	0.07	0.94	0.37	0.69	0.19	0.25	0.07	0.17	0.01	0.50	0.79	0.98	0.19	0.72	0.07
ALTP	0.25	0.51	0.56	0.18	0.30	0.62	1.00	0.00	0.02	0.54	0.15	0.83	0.23	0.01	0.00	0.00	0.00	0.15	0.11	0.31	0.01	0.33	0.02
ALPR	0.18	0.15	0.31	0.02	0.23	0.41	0.53	1.00	0.01	0.31	0.82	0.42	0.59	0.42	0.88	1.00	0.87	0.97	0.87	0.94	0.68	0.99	0.88
NIRA	-0.04	-0.33	-0.23	-0.02	-0.16	-0.30	-0.39	-0.42	1.00	0.01	0.26	0.07	0.35	0.01	0.68	0.39	0.87	0.80	0.20	0.12	0.20	0.74	0.55
ARAM	0.28	-0.33	0.05	-0.11	0.13	-0.01	-0.10	-0.17	0.45	1.00	0.60	0.24	0.75	0.43	0.22	0.09	0.55	0.11	0.06	0.06	0.97	0.65	0.90
LMRA	0.13	0.29	0.16	0.26	0.01	0.15	0.24	0.04	0.19	0.09	1.00	0.08	0.69	0.10	0.59	0.16	0.73	0.21	0.03	0.01	0.08	0.75	0.83
DMRA	0.16	0.08	-0.22	0.21	-0.33	-0.07	0.04	0.14	0.30	0.20	0.29	1.00	0.81	0.59	0.74	0.12	0.99	0.48	0.00	0.00	0.01	0.51	0.21
DPCO	-0.13	0.11	0.33	0.11	0.21	0.22	0.20	-0.09	0.16	-0.05	0.07	-0.04	1.00	0.97	0.45	0.61	0.41	0.99	0.94	0.87	0.29	0.07	0.02
DCPE	0.08	0.26	0.03	0.09	-0.06	0.20	0.42	0.14	-0.41	-0.13	-0.28	0.09	0.01	1.00	0.32	0.58	0.22	0.52	0.72	0.58	0.36	0.21	0.35
PPAP	0.28	0.17	0.25	0.05	0.08	0.30	0.49	-0.03	0.07	0.20	0.09	0.06	0.13	0.17	1.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	0.00	0.06	0.01
PTPR	0.29	0.12	0.14	0.20	-0.11	0.23	0.47	0.00	0.14	0.29	0.23	0.26	0.09	0.10	0.91	1.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
NECP	0.26	0.36	0.34	0.05	0.16	0.42	0.63	0.03	-0.03	0.10	0.06	0.00	0.14	0.21	0.91	0.84	1.00	0.01	0.00	0.06	0.00	0.19	0.01
NRCP	0.15	-0.09	0.06	0.05	-0.06	0.11	0.24	-0.01	-0.04	0.27	-0.21	-0.12	0.00	0.11	0.62	0.72	0.62	1.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.22
PMRA	0.20	0.00	-0.07	0.36	-0.37	0.05	0.26	0.03	0.22	0.31	0.35	0.47	0.01	-0.06	0.47	0.79	0.46	0.62	1.00	0.00	0.73	0.02	0.41
PRRC	0.17	-0.02	-0.14	0.40	-0.46	0.00	0.17	0.01	0.26	0.31	0.42	0.56	-0.03	-0.09	0.34	0.68	0.32	0.47	0.97	1.00	0.32	0.01	0.13
PRNC	0.14	0.09	0.32	-0.21	0.41	0.22	0.40	0.07	-0.21	-0.01	-0.29	-0.41	0.18	0.16	0.58	0.43	0.61	0.63	0.06	-0.17	1.00	0.67	0.01
NRPP	0.11	0.01	0.14	-0.37	0.54	-0.06	-0.16	0.00	0.06	0.08	0.06	-0.11	0.30	-0.21	-0.31	-0.40	-0.22	-0.35	-0.39	-0.40	0.07	1.00	0.84
ICOL	-0.14	-0.19	-0.32	0.18	-0.34	-0.30	-0.39	-0.03	0.10	0.02	0.04	0.21	-0.37	-0.16	-0.63	-0.37	-0.56	-0.21	0.14	0.25	-0.50	-0.03	1.00

Anexo 4. Ordenamiento de las accesiones según características agronómicas (características agronómicas general, producción comercial, vigor y pos cosecha)

<i>Característica agronómicas</i>	<i>Producción Comercial</i>	<i>Vigor</i>	<i>Post-cosecha</i>
2766	2766	6387	6387
6387	6387	6389	2070 a
6469	6428	6377	7256
6428	6469	2766	2070
6417	4221	6417	6469
4221	6417	6410	6436
6479	3032	6428	14382
10965	10966	6402	6428
10966	6479	4221	4215
6377	6425	9957	3032
14382	10965	6380	10966
3032	6411	6400	6417
6435	6435	10965	2766
9957	2070 a	6474	6479
6425	6436	3032	6399
6389	6402	10966	6425
6402	7256	14274	6398
6400	6400	4215	6466
6411	14382	6435	10965
2070 a	9957	14382	6411
6436	4215	6399	1625
2070	6399	6479	4207
7256	2070	6469	2788
6487	6377	6425	6435
4215	6389	6487	4221
14274	6487	4207	7265
7383	7383	7383	6377
6399	6398	6411	6402
6398	2788	2070	9957
6410	14274	2788	7383
7265	6466	6436	6474
6474	7265	6398	6400
6380	6410	1625	6389
2788	4207	7265	6380
4207	6380	7256	6487
1625	1625	2070 a	14274
6466	6474	6466	6410