

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



TESIS PARA TITULO PROFESIONAL

**“PROSPECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA *IN SITU*
DE GERMOPLASMA DE *Manihot esculenta* Crantz (YUCA) EN
CUATRO DISTRITOS DE SAN MARTIN y UCAYALI”**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**ELABORADO POR
EDWIN SAMUEL VARA CHÁVEZ**

Tingo María – Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Av. Universitaria Km 1.5 Telf. (062) 562341 (062) 561136 Fax. (062) 561156 E.mail: fagro@unas.edu.pe

“Año del Bicentenario del Perú: 200 Años de Independencia”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 00 -2021-FA-UNAS

BACHILLER : EDWIN SAMUEL, VARA CHÁVEZ

TÍTULO : **PROSPECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA *IN SITU* DE GERMOPLASMA DE *Manihot esculenta* Crantz (YUCA) EN DISTRITOS DE SAN MARTIN Y UCAYALI**

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : Ing° Fausto Silva Cárdenas
VOCAL : Ing° Jorge L. Adriazola Del Aguila
VOCAL : Ing° Giannfranco Egoavil Jump

ASESOR : Ing° Luis F. García Carrión

FECHA DE SUSTENTACIÓN : Jueves 01-07-2021

HORA DE SUSTENTACIÓN : 10:00 am.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : Virtual Plataforma TEAMS. (Sala F.A. sustentación de Tesis)

CALIFICATIVO : BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 01 DE JULIO DE 2021

Ing° Fausto Silva Cárdenas
PRESIDENTE

Ing° Jorge L. Adriazola Del Aguila
VOCAL

Ing° Giannfranco Egoavil Jump
VOCAL

Ing° Luis F. García Carrión
ASESOR



VICERRECTOR DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL TITULO UNIVERSITARIO

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de Tesis	: Prospección y caracterización morfológica <i>in situ</i> de germoplasma de <i>Manihot esculenta</i> Crantz (Yuca) en cuatro distritos de San Martín y Ucayali
Autor	: Bach. Edwin Samuel Vara Chávez
Asesor de tesis	: Ing. M. Sc. Luis Fernando García Carrión
Escuela profesional	: Agronomía
Programa de investigación	: Especies Agrícolas, Ornamentales, Floristas, Medicinales, Nutraceúticos y Afines
Línea(s) de investigación	: Caracterización morfo-fitoquímica de los Recursos Filogenéticos, Propagación, Manejo y Conservación <i>ex-situ</i>
Eje temático de investigación	: Caracterización morfológica-agronómica de germoplasma de yuca
Lugar de Ejecución	: Distritos de San Martín y Ucayali
Duración	: 5 meses
Financiamiento	: S/. 4,500 soles
Propio	: Si

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María y a sus docentes investigadores de la Facultad de Agronomía, por compartir sus valiosos conocimientos y experiencias asimiladas durante mi carrera profesional.
- A Ing. M.Sc. Luis Fernando García Carrión (Asesor), por la idea y la planificación del proyecto de tesis; su acompañamiento en las exploraciones de colecta, y el apoyo permanente.
- A Jurado de tesis: Ing. M. Sc. Fausto Silva Cárdenas (Presidente) y miembros: Ing. M. Sc. Jorge Adriazola Del Águila e Ing. M. Sc. Gianfranco Egoávil Jump, por sus valiosas sugerencias al proyecto, la ejecución y culminación de la tesis.
- A Denys Deisy Sumarán Salas, Bachiller de la Facultad de Agronomía por su participación y valioso apoyo en la toma de fotografías, organización de los datos y supervisión de la siembra de las estacas de yuca en el campo de multiplicación clonal de la facultad de Agronomía.
- A Todas aquellas personas que directa o indirectamente me apoyaron y alentaron para culminar exitosamente esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
2.1 Generalidades de la yuca.....	13
2.2 Diversidad genética y recursos genéticos.....	14
2.3 Prospección y colección de germoplasma.....	15
2.4 Caracterización morfológica.....	15
III. MATERIALES y MÉTODOS.....	19
3.1 Campo del productor.....	19
3.1.1 Ubicación.....	19
3.1.2 Coordenadas UTM.....	19
3.2 Material genético.....	20
3.3 Componentes en estudio.....	20
3.4 Tratamientos en estudio.....	20
3.5 Descriptores morfológicos estándar de yuca.....	21
3.6 Determinación de los caracteres o variables morfológicas.....	21

3.7 Análisis estadístico.....	22
IV. RESULTADOS y DISCUSION.....	24
4.1 De la caracterización morfológica de genotipos de yuca de San Martín.....	24
4.2 De la caracterización morfológica de genotipos de yuca de Ucayali.	34
4.3 De la similaridad fenética de 20 variedades de yuca de San Martín y Ucayali.....	40
V. CONCLUSIONES.....	43
VI. RECOMENDACIONES.....	44
VII. RESUMEN.....	45
ABSTRACT.....	46
VIII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	47
IX. ANEXO.....	55

INDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Identificación de 20 genotipos de yuca, georeferenciación y procedencia geográfica	18
2. Descriptores morfológicos estándar para cultivares de yuca.....	22
3. Matriz básica de datos de 19 caracteres morfológicos (cualitativos y cuantitativos) de 20 genotipos de yuca de San Martín y Ucayali.....	25
4. Descriptores morfológicos cualitativos y moda de 15 genotipos de yuca de la colección San Martín.....	26
5. Estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión de caracteres cuantitativos de 15 genotipos de yuca de la colección San Martín.....	31
6. Descriptores morfológicos cualitativos y moda de cinco genotipos de yuca de Ucayali.....	34
7. Estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión de caracteres cuantitativos de cinco genotipos de yuca de la colección Ucayali.....	36
8. Número de conglomerados y subconglomerados generados por 20 genotipos de San Martín y Ucayali, según su relación fenética.....	41
9. Datos de pasaporte de 20 genotipos de yuca de San Martín y Ucayali.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Mapa de ubicación geográfica de los 20 genotipos de yuca colectados en las provincias de Tocache y Padre Abad.....	19
2. Histograma de frecuencia de cinco caracteres cuantitativos de 15 genotipos de yuca de la colección San Martín.....	32
3. Histograma de frecuencia de cinco caracteres cuantitativos de cinco genotipos de yuca de la colección Ucayali.....	37
4. Dendrograma de similaridad de 20 genotipos de yuca de San Martín y Ucayali, generado por el análisis de conglomerados.....	42
5. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-1 de la colección San Martín.....	56
6. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-2 de la colección San Martín.....	57
7. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-3 de la colección San Martín.....	58
8. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-4 de la colección San Martín.....	59
9. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-5 de la colección San Martín.....	60
10. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-6 de la colección San Martín.....	61

11. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-7 de la colección San Martín.....	62
12. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-8 de la colección San Martín.....	63
13. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-9 de la colección San Martín.....	64
14. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-10 de la colección San Martín.....	65
15. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-11 de la colección San Martín.....	66
16. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-12 de la colección San Martín.....	67
17. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-13 de la colección San Martín.....	68
18. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-14 de la colección San Martín.....	69
19. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-15 de la colección San Martín.....	70
20. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CUC-1 de la colección Ucayali.....	71
21. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CUC-2 de la colección Ucayali.....	72

22. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CUC-3 de la colección Ucayali.....	73
23. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CUC-4 de la colección Ucayali.....	74
24. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CUC-5 de la colección Ucayali.....	75
25. Ing. M.Sc. Gianfranco Egoávil Jump, Jurado de Tesis junto con el Asesor y Tesista, mostrando un genotipo (variedad) de yuca.....	76

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los cinco países de mayor producción de yuca durante el 2017, fueron: Nigeria (22.2%), República Democrática del Congo (10.7%), Tailandia (10.5%), Indonesia (6.5%) y Brasil (6.4%), ostentando la mayor productividad (32.1 t ha⁻¹) la República Democrática del Congo (FAOSTAT, 2017). A nivel nacional, la producción fue 278, 600 t ha⁻¹ con una productividad promedio de 12,400 kg ha⁻¹, siendo Lima de mayor productividad (39.2 t ha⁻¹), siguiendo Ancash (21 t ha⁻¹) y Huánuco con 11.6 t ha⁻¹ (MINAGRI, 2017)

Según el Censo Agropecuario Nacional del 2012, San Martín ostenta una productividad promedio de 16 t ha⁻¹ y Ucayali de 14.5 t ha⁻¹ (B.C.R., 2012), que es mucho menor que Huánuco y con pocas variedades comerciales debido a una mayor erosión genética.

En la provincia de Leoncio Prado si bien el cultivo de yuca se maneja a pequeña escala para el consumo local, los niveles de productividad promedio son variables y pueden oscilar desde 12,000 a 20,000 kg ha⁻¹ aprox., según el nivel de tecnología y uso de variedades con diferente productividad. Por lo tanto, se debe promover el uso de clones con alto potencial productivo, resistentes al transporte y de buena calidad culinaria; así como, incrementar la producción y rentabilidad para que sea más competitiva y sostenible.

Desafortunadamente se desconoce de la existencia de cultivares nativos y/o naturalizados de buena productividad, calidad organoléptica y mayor conservación durante el transporte. Varias décadas atrás, muchas variedades fueron seleccionadas en la Estación de Tulumayo, propagadas y conservadas en mezclas por los pequeños agricultores de las regiones de San Martín y Ucayali; sin embargo, por no conocer los atributos morfológicos y productivos, ha imposibilitado diferenciarlos e identificarlos, razón por la cual resulta pertinente caracterizarlos y documentarlos para multiplicarlos y utilizarlos a escala comercial a corto y/o mediano plazo.

Siendo evidente la existencia de diverso material genético diverso en las parcelas del productor de yuca en la selva central del Perú; así como, el riesgo de una inminente erosión genética, resulta necesario realizar prospecciones para coleccionar, caracterizar y conservar germoplasma de yuca identificando y propagando genotipos valiosos para la alimentación y la agroindustria.

Mediante el uso de descriptores morfológicos estándar se puede estudiar caracteres cualitativos de alta heredabilidad y de fácil percepción sensorial permitiendo, por un lado, diferenciar los cultivares (genotipos) de yuca dentro y entre regiones y, por otro lado, conservar su identidad genética.

Nuestra hipótesis científica fue: “Los genotipos de yuca coleccionados *in situ* en los campos de agricultores, se diferencian por sus caracteres morfológicos y productivos, dentro y entre regiones”.

Objetivo general

Colectar y caracterizar morfológicamente genotipos de yuca *in situ* en los distritos de San Martín y Ucayali con fines de clasificación y conservación para el inicio de un programa de mejoramiento genético.

Objetivos específicos

1. Caracterizar *in situ* los atributos morfológicos cualitativos y cuantitativos de órganos vegetativos de genotipos de yuca en tres distritos de San Martín.
2. Caracterizar *in situ* los atributos morfológicos cualitativos y cuantitativos de órganos vegetativos de genotipos de yuca de un distrito de Ucayali.
3. Analizar la similaridad fenética de los genotipos de yuca de las colecciones San Martín y Ucayali, con fines de clasificación infraespecífica.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de la yuca

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una especie farinácea ancestral nativa de América del sur que fue domesticada hace 4000 a. C. (Allen, 2002; citado por TUMUHIMBISE, 2013). Esta especie se originó en el noreste de Brasil, teniendo tres subespecies: *Manihot esculenta*, *Manihot flabellifolia* y *Manihot peruviana*. Allen (1994), citado por DOMÍNGUEZ *et al.* (2001), sostiene que estas dos últimas subespecies, son formas silvestres de la contraparte cultivada *Manihot esculenta ssp. esculenta*.

Nassar (1978), citado por HERSHEY *et al.* (2010) postuló cuatro centros de diversidad, tres en la región central y nororiental de Brasil, y uno en México. Los estudios sobre la diversidad infraespecífica de las especies silvestres es reciente, principalmente con el uso de marcadores moleculares, aun cuando se tienen algunos estudios con marcadores morfológicos.

Las diversas variedades de yucas comerciales que se cultivan y cuya distribución transpone el continente americano, se han originado durante el proceso de domesticación y sometidos a los factores evolutivos como la selección natural, aislamiento geográfico, mutaciones y el sistema de reproducción sexual ancestralmente alógamo.

Con relación a la sistemática de la yuca, LEÓN (1987) lo clasifica en las siguientes categorías taxonómicas:

Reino : Vegetal
División : Espermatofita
Subdivisión : Angiospermae
Clase : Dicotiledoneae
Subclase : Archichlamydeae

Orden	: Euphorbiales
Familia	: Euphorbiaceae
Tribu	: Manihotae
Género	: Manihot
Especie	: <i>Manihot esculenta</i> Crantz

2.2 Diversidad genética y recursos genéticos

La diversidad genética es el componente básico de la biodiversidad y se define como “las variaciones heredables que ocurren en cada organismo, entre los individuos de una población, y entre las poblaciones dentro de una especie”. Su conocimiento es de vital importancia para la conservación *in situ* y *ex situ*, el avance de la genética evolutiva, la sostenibilidad y la productividad agrícola (PIÑERO, 2008).

La diversidad genética de un cultivo, en términos generales, se refiere al conjunto de poblaciones cultivadas: nativas domesticadas, nativas silvestres y especies afines; con distinto origen genético y grado evolutivo, que ocupan nichos ecológicos específicos, y que por tener características semejantes y distintivas, se muestran variables o diferentes (GARCÍA, 2008; GARCÍA, 2017). Esta diversidad se explica por los procesos evolucionarios que incluye la hibridación, mutaciones, migración y poliploidía (COLOMBO *et al.*, 2000).

Por otra parte, los recursos genéticos vegetales según el Consejo Internacional para los Recursos Fitogenéticos “representan la materia viviente que puede propagarse sexual o asexualmente; tienen un valor actual o potencial para la alimentación, agricultura o forestería; pudiendo ser cultivares primitivos (razas locales), cultivares obsoletos, cultivares modernos; poblaciones en proceso de mejora genética, poblaciones silvestres y especies relacionadas” (IBPGR, 1986)

También comprende los recursos fitogenéticos la variabilidad fenotípica que ostentan las plantas en las poblaciones silvestres o cultivadas. Por eso las muestras

representativas deben ser conservadas como colecciones de germoplasma, siendo su caracterización y evaluación imprescindibles en los estudios de mejoramiento genético (DE CASTRO y BARTLEY, 1983).

Se ha demostrado que las especies silvestres afines pueden constituir un reservorio importante de genes para contrarrestar amenazas bióticas y abióticas emergentes (ESKES y LANAUD, 2001). En Loreto, la comunidad nativa “Boras” reconocen y conservan 22 variedades de yuca dulce y amarga donde el cultivo es parte principal de los componentes de los sistemas agroforestales que ellos manejan (Denevan y Treacy, 1990 citado por INGA y LÓPEZ, 2001).

La yuca como blanco del mejoramiento genético trasciende de la combinación entre la propagación vegetativa (y sus implicancias en la estructura genética de la variedad), con el hábito de floración, con alto grado de heterocigosidad y extensa estación de crecimiento (HERSHEY *et al.*, 2010).

2.3 Prospección y colección de germoplasma de yuca

La prospección es una actividad exploratoria de colecta sistemática de variedades de yuca en lugares geográficos donde existen variedades locales que representan una porción de la diversidad genética.

La amplia diversidad y variabilidad genética de este cultivo en la Amazonía; así como, el riesgo de erosión genética, amerita promover la recolección sistemática de germoplasma con fines de conservación, evaluación y obtención de cultivares más productivos (GARCÍA y GUARDA, 2005)

La diversidad genética de razas locales de yuca colectadas y propagadas por diferentes combinaciones de caracteres agronómicos y otras relacionadas al consumidor, es una razón fundamental para que, en América central y occidente de América del sur, ostenten la más alta diversidad de variedades; mientras que Asia, posee la más baja diversidad.

La colección sistemática de la yuca no empezó sino hasta mediados del siglo XX y solamente sobre una base regional. La primera gran colección fue implementada de forma reciente y está depositada en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Colombia (CIAT, 1985)

En los programas nacionales de yuca las razas locales son generalmente el núcleo de las colecciones de germoplasma. Los agricultores a menudo seleccionan plantas de yuca (clones) por muchos años para adaptación al suelo local, tolerancia a estrés climáticos y biológicos, y por caracteres de calidad organoléptica exigidos por los mercados locales (HERSHEY *et al.*, 2010)

2.4 Caracterización morfológica de la yuca

La caracterización de las especies vegetales a través del uso de descriptores al igual que otros organismos vivos tiene como objetivos: a) la identificación o determinación, b) la sistemática, c) el análisis de la diversidad genética, d) la gestión de los bancos de germoplasma, e) la definición de nuevas variedades, y f) la búsqueda de marcadores agronómicos y moleculares (GONZÁLEZ-ANDRÉS, 2001)

Tradicionalmente, la comunidad científica ha enfatizado el problema de la falta de caracterización y evaluación de las colecciones de germoplasma que no cuentan con suficientes datos para la documentación (Frankel y Brown, 1984, citado por ABADIE y BERRETA (2001)

La caracterización del germoplasma conservado es primordial para la gestión del conocimiento sobre los bancos y sus accesiones. Este conocimiento es de vital importancia en los bancos de germoplasma y programas de mejoramiento genético porque genera suficiente información acerca de los genotipos (SOUZA, 2014).

Por caracterización se entiende a la descripción de la variación que existe en una colección de germoplasma basado en caracteres morfológicos y fenológicos de alta heredabilidad; es decir, características cuya expresión es poco o nada influenciada por el ambiente (van Hinthum, 1995, citado por ABADIE y BERRETA, 2001). La expresión de la variabilidad se logra mediante la descripción morfológica de las plantas y su arquitectura. Estos caracteres se denominan descriptores morfológicos y se pueden agrupar en: a) botánicos-taxonómicos, b) morfo-agronómicos, y c) evaluativos (FRANCO e HIDALGO, 2003).

Para caracterizar germoplasma y/o de cultivares comerciales de yuca con fines de identificación, conservación y documentación, se utilizan descriptores morfológicos estándar. Estos deben ser los más discriminativos y taxonómicamente útiles para evitar la redundancia fenotípica (BEKELE *et al.*, 2006)

La caracterización y diferenciación de plantas de yuca en fincas de los productores se realiza para obtener información de los caracteres morfológicos de alta heredabilidad y producir semilla vegetativa local (estacas) de mejor calidad; así como, evaluar, propagar y mejorar genéticamente las plantaciones. Para establecer y manejar una plataforma de diversidad genética, el Fitomejorador requiere de: a) un sistema de generación o introducción de diversidad genética, b) un sistema de conservación de germoplasma y c) un sistema de manejo de la información o documentación (HERSHEY *et al.*, 2010)

El estudio de genotipos (variedades) a nivel infraespecífico de una especie es muy variable y un desafío casi imposible de realizar pues solo se estudia una porción muy pequeña de toda la diversidad de la especie. Para su clasificación se puede utilizar métodos de taxonomía numérica, agrupando individuos en clases basado en atributos comunes o para la determinación y/o asignación de un individuo no identificado (no ubicado), dentro de una clase o grupo, según un método de clasificación previamente elegido (SEVILLA y HOLLE, 1995)

En Tingo María, GARCÍA y GUARDA (2005) caracterizaron morfo-agronómicamente 21 genotipos de yuca de distinta procedencia geográfica en la que la mayor parte expresaron fenotipos semejantes; mientras que, el número y peso de las raíces frescas mostraron amplias diferencias como resultado de sus ciclos vegetativos y constitución genética. Ellos recomiendan la propagación de los clones: C-16, C-9, C-10 y C-20 por su buena productividad.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Campo del agricultor

3.1.1 Ubicación

La colecta de plantas (genotipos) de yuca se realizó en tres distritos: de la provincia de Tocache: Nuevo Progreso, Tocache y Nuevo Horizonte, de la región San Martín y un distrito de la provincia Padre Abad: Campoverde, de la región Ucayali, cuya identificación varietal de estos genotipos y su procedencia geográfica, se presenta en el cuadro 1, figura 1.

Cuadro 1. Identificación de 20 genotipos de yuca, georeferenciación y procedencia geográfica

N°	CÓDIGO	VARIEDAD	COORDENADAS UTM	DISTRITO DE COLECTA	REGION
1	CSM-1	Pucallpina	N:375870; E:9033193	Nuevo Progreso	San Martín
2	CSM-2	Chaucha	N:375870; E:9033193	Nuevo Progreso	San Martín
3	CSM-3	Señorita	N:375870; E:9033193	Nuevo Progreso	San Martín
4	CSM-4	Amarilla	N:375870; E:9033193	Nuevo Progreso	San Martín
5	CSM-5	Desconocida	N:355886; E:9058974	Nuevo Progreso	San Martín
6	CSM-6	Blanca	N:355886; E:9058974	Nuevo Progreso	San Martín
7	CSM-7	Blanca 0	N:355886; E:9058974	Nuevo Progreso	San Martín
8	CSM-8	Comercial 1	N:322507; E:9102965	Nuevo Horizonte	San Martín
9	CSM-9	Blanca 1	N:322507; E:9102965	Nuevo Horizonte	San Martín
10	CSM-10	Blanca común 1	N:322507; E:9102965	Nuevo Horizonte	San Martín
11	CSM-11	Roja	N:322507; E:9102965	Nuevo Horizonte	San Martín
12	CSM-12	Blanca 2	N:329052; E:9094136	Tocache	San Martín
13	CSM-13	Blanca común 2	N:329052; E:9094136	Tocache	San Martín
14	CSM-14	Blanca común 3	N:329052; E:9094136	Tocache	San Martín
15	CSM-15	Comercial 2	N:329052; E:9094136	Tocache	San Martín
16	CUC-1	Señorita 1	N:516664; E:9059517	Campoverde	Ucayali
17	CUC-2	Señorita 2	N:526752; E:9047357	Campoverde	Ucayali
18	CUC-3	C-58	N:526752; E:9047357	Campoverde	Ucayali
19	CUC-4	Señorita 3	N:510027; E:9065930	Campoverde	Ucayali
20	CUC-5	Amarilla 1	N:510027; E:9065930	Campoverde	Ucayali

No se incluyen datos meteorológicos *in situ* de las fincas de colecta de yuca por obvias razones, y también por no existir estaciones meteorológicas distritales. Además, cualquier explicación de un posible efecto ambiental del suelo o del clima, no sería real, sino una conjetura sin base científica.



Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de 20 genotipos de yuca colectados en 4 distritos de San Martín y Ucayali.

3.2 Material genético

El material genético colectado estuvo constituido por 20 plantas (genotipos o variedades) de yuca; de las cuales, 15 proceden de la provincia de Tocache (región San Martín) y 5 de la provincia de Padre Abad (región Ucayali). Todas las plantas han sido identificadas con códigos alfa-numéricos y registrados en los lugares donde éstas fueron colectadas.

3.3 Componentes en estudio

Comprende solamente un (01) componente: Varietal (V) donde se incluyen las 20 plantas (genotipos) o variedades de yuca.

3.4 Tratamientos en estudio

Lo constituyen las 20 plantas (genotipos) o variedades de yuca:

V1 = Pucallpina

V2 = Chaucha

V3 = Señorita

V4 = Amarilla

V5 = Desconocida

V6 = Blanca

V7 = Blanca 0

V8 = Comercial 1

V9 = Blanca 1

V10 = Blanca común 1

V11 = Roja

V12 = Blanca 2

V13 = Blanca común 2

V14 = Blanca común 3

V15 = Comercial 2

V16 = Señorita 1

V17 = Señorita 2

V18 = C-58 (Blanca)

V19 = Señorita 3

V20 = Amarilla 1

3.5 Descriptores morfológicos estándar de yuca

Para la caracterización varietal se utilizó la lista de descriptores morfológicos de yuca propuesta por FUKUDA et al. (2010) registrando previamente los datos de pasaporte de cada planta (genotipo) utilizando el siguiente formato:

A. DATOS DE PASAPORTE O IDENTIFICACIÓN

1. País de caracterización y evaluación preliminar.....
2. Institución.....
3. Nombre de la persona a cargo de la caracterización:
4. Ubicación del campo (UTM):;
5. Sector..... Distrito.....
6. Provincia..... Región.....
7. Nombre del agricultor:

Complementan estos datos de pasaporte, 19 descriptores morfológicos (14 cualitativos y cinco cuantitativos) que incluyen caracteres vegetativos de planta, hojas, tallos y raíces, los mismos que se detallan en el cuadro 2.

3.6 Determinación de los caracteres o variables morfológicas

La determinación de los caracteres morfológicos cualitativos de la planta y de los órganos vegetativos (tallos, hojas y raíces); así como, la tonalidad del color, se hizo mediante la observación y comparación con las figuras mostradas en la lista de descriptores morfológicos estándar de la yuca; y para los caracteres cuantitativos, se usó el transportador para la medición de ángulos de inclinación del peciolo y ramas, y una romana digital para el peso fresco de las raíces.

Cuadro 2. Descriptores morfológicos estándar para cultivares de yuca.

PLANTA/ ORGANO	DESCRIPTOR	ABREV.	ESTADOS DEL DESCRIPTOR
PLANTA	Forma de la planta	FOP	1=compacta; 2=abierta; 3=aparasolada; 4=cilíndrica; 5=erecta
HOJAS	Color de hojas apicales no extendidas	CHA	3=verde pálido; 5=verde oscuro; 7=verde morado; 9=morado
	Forma del lóbulo central	FLC	1=ovoide; 3=elíptica-lanceolada; 3=abovada-lanceolada; 4=oblongo-lanceola 5=lanceolada; 6=recta; pandurada; 8=lineal.piramidal; 9_lineal-hostatilovada
	Color del peciolo	COP	1=verde-amarillento; 2=verde; verde-rojizo; rojo-verdoso; 7=rojo; 9=morado
	Pubescencia de las hojas jóvenes	PUH	0=ausente; 1=presente
	Número de lóbulos por hoja	NUL	3= tres; 5= cinco; 7= siete; 9= nueve o más
	Color de la nervadura foliar	CON	3= verde; 5= verde-rojizo en menos de la mitad del lóbulo; 5= verde-rojizo en más de la mitad del lóbulo; 9= completamente rojizo
Ángulo de inserción del peciolo	AIP	0= ninguno; 3= 15-30°; 5= 45-60°; 7= 75-90°; 9= > 90°	
TALLOS	Color externo del tallo	CET	3= anaranjado; 4= amarillo-verdoso; 5= dorado; 6= pardo-ligero; 7= plateado; 8= grisáceo; 9= pardo oscuro
	Número de niveles de ramificación	NNR	0= ninguno; 1= uno; 2= dos; 3= tres; 4= cuatro; 5= cinco o más
	Ángulo de las ramas	ANR	1= 30°; 2= 45°; 3= 60°; 4= 75°; 5= 90°; 6= 120°; 7= 180° o más
	Prominencia de las cicatrices	PRC	1= ligera; 2= intermedia; 3= fuerte
RAICES	Color de la superficie de corteza de la raíz	CSC	1= blanco o blanco cremoso; 2= amarillo; 3= rosado; 4= morado
	Color de la pulpa de la raíz abierta	CPR	1= blanco; 2= crema; 3= amarillo; 4= anaranjado; 5= rosado
	Pedúnculo de la raíz reservante	PRR	0= ausentes (sésil); 3= pedunculada; 5= mixta
	Forma de la raíz reservante	FOR	1= cónica; 2= cilindro-cónica; 3= cilíndrica; 4= irregular (fusiforme)
	Constricciones de la raíz reservante	CRR	1= pocas o ninguna (menos de 3); 2= algunas (4-6); muchas (> 6)
	Textura de superficie de la raíz reservante	TSR	3= lisa; 5= intermedia; 7= rugosa
	Peso fresco de las raíces reservantes (kg)	PFR	

Fuente: Fukuda *et al.* (2010)

3.7 Análisis estadístico

Con los datos registrados y codificados numéricamente procedentes de los atributos (variables) cualitativas y/o cuantitativas de los órganos vegetativos de cada planta (genotipo), se elaboró una matriz básica de datos (cuadro 3), la misma que fue estandarizada como parte de procesamiento estadístico en el análisis de conglomerados (AC) o agrupamientos. Esta técnica multivariada muy generalizada

se usa para determinar las relaciones de similitud o disimilitud fenética dentro y entre variedades. Con este propósito en el análisis de conglomerados (AC) se utilizó la distancia Euclidiana como medida de distancia (disimilitud) y el método del Ligamiento promedio como método de encadenamiento de los genotipos o unidades taxonómicas operativas (UTOs).

Las estacas de cada genotipo de yuca caracterizadas morfológicamente *in situ*, fueron trasladadas a la Facultad de Agronomía (F.A) donde se desinfectaron con Benomil al 2‰, y se sembraron en un área de multiplicación clonal detrás del edificio de la F.A, planificándose realizar la cosecha entre Abril-Mayo del 2020, trasladar las estacas identificadas y sembrarlas en la Estación de Tulumayo como germoplasma inicial del futuro Banco de germoplasma de yuca con propósitos de conservación y mejoramiento genético.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 De la caracterización morfológica de variedades (genotipos) de yuca de la colección San Martín.

En el cuadro 3 se presenta la matriz básica de datos (M.B.D) y en los cuadros subsiguientes los resultados de la caracterización morfológica cualitativa y cuantitativa de 15 genotipos de yuca de la colección San Martín.

4.1.1 Caracteres morfológicos cualitativos

En el cuadro 4, se muestra los resultados de la caracterización morfológica cualitativa y moda de 15 genotipos de yuca de la colección San Martín.

Para el descriptor cualitativo, forma de la planta (FOP), un 46.7% de los genotipos presentó la forma aparasolada (3); mientras que el 40%, la forma abierta (2), siendo la moda bimodal.

Con relación a los descriptores cualitativos de hojas, en el color de hojas apicales no extendidas (CHA), se presentó todos los estados reflejando amplia variabilidad, exhibiendo el 46.7% color verde morado (7) y el 25.7% verde oscuro (5), siendo la moda bimodal. En la forma del lóbulo central (FLC), también hubo amplia variabilidad teniendo el 60% forma elíptico-lanceolada (2) y el 26.7% lanceolada (5), siendo la moda bimodal; mientras que en el color del peciolo (COP), el 60% de los genotipos mostraron color rojo (7) y el 26.7% verde amarillento (1), siendo la moda bimodal. Este descriptor también mostró una amplia variabilidad de fenotipos. Con relación a la pubescencia de las hojas jóvenes (PUH), el 93.3% de los genotipos no lo presentó (0), siendo la moda unimodal. Finalmente, en el color de la nervadura foliar (CON), el 60% exhibió el color verde (3) y el 40% verde-rojizo en menos de la mitad del lóbulo (5), siendo la moda bimodal.

Cuadro 3. Matriz básica de datos de 19 caracteres morfológicos (cualitativos y cuantitativos) de 20 genotipos de yuca de San Martín y Ucayali

GENOTIPO	PLANTA	HOJAS							TALLOS				RAICES						
	FOP	CHA	FLC	COP	PUH	CON	NUL	AIP	CET	PRC	NNR	ANR	CSC	CPR	PRR	FOR	COR	TRR	PFR
CSM-1	2	9	2	7	0	3	3	7	3	2	4	4	4	1	0	2	1	7	8.0
CSM-2	3	7	2	7	0	5	5	3	8	1	4	3	3	1	3	2	1	5	5.1
CSM-3	3	7	2	5	0	3	5	3	7	2	4	3	1	1	3	4	1	5	6.4
CSM-4	5	3	3	1	1	3	6	0	7	3	2	1	3	3	3	2	1	3	5.6
CSM-5	2	7	4	1	0	3	3	3	4	2	3	5	3	1	3	2	1	5	3.5
CSM-6	2	9	2	9	0	3	3	3	4	2	3	5	3	1	3	3	1	5	3.6
CSM-7	3	5	2	7	0	5	5	1	4	2	3	5	1	1	0	2	2	3	3.6
CSM-8	2	5	2	7	0	5	3	3	3	1	4	6	3	1	3	2	1	7	2.0
CSM-9	1	3	5	1	0	3	5	3	7	1	3	4	3	1	3	2	1	5	6.5
CSM-10	3	7	5	7	0	5	6	3	9	1	3	5	3	1	5	1	1	5	1.1
CSM-11	3	5	2	7	0	3	3	5	9	2	3	6	3	1	5	1	1	5	2.4
CSM-12	2	7	2	1	0	3	3	1	8	2	4	4	3	1	3	3	2	5	3.6
CSM-13	3	7	5	7	0	5	3	1	8	2	3	4	3	1	0	3	1	5	4.0
CSM-14	3	5	5	7	0	3	5	3	8	3	3	5	3	1	3	3	2	5	8.8
CSM-15	2	7	2	7	0	5	3	3	7	3	3	5	3	1	3	3	1	5	1.7
CUC-1	3	3	3	3	0	3	5	5	1	2	3	3	3	1	0	4	1	7	2.8
CUC-2	3	5	2	1	0	3	5	7	7	2	4	4	3	2	0	2	1	5	3.4
CUC-3	3	9	4	9	0	7	3	9	7	2	5	4	1	2	0	3	1	3	9.2
CUC-4	1	5	2	1	0	3	5	9	7	2	4	4	3	1	0	1	1	3	5.2
CUC-5	3	3	4	3	0	3	5	7	5	2	3	4	4	3	0	3	1	3	5.5

FOP=forma de la planta; CHA=color de hojas apicales no extendidas; FLC= forma del lóbulo central; COP= color del peciolo; PUH= pubescencia de hojas jóvenes; NUL= número de lóbulos foliares; CON= color de nervadura; AIP= ángulo inserción peciolo; ORP= orientación del peciolo; NNR= número de niveles de ramificación; ANR=ángulo de las ramas; PRC= prominencia de las cicatrices; CSC= color de la superficie corteza de la raíz; CPR= color de pulpa de la raíz; PRR= pedúnculo de la raíz reservante; FOR= forma de la raíz reservante; COR= constricción de la raíz reservante; TSR= textura de la raíz reservante.

Cuadro 4. Caracterización morfológica cualitativa y moda de 15 genotipos de yuca de la colección San Martín.

COLECCION	PLANTA	HOJAS					TALLOS				RAICES			
		FOP	CHA	FLC	COP	PUH	CON	CET	PRC	CSC	CPR	PRR	FOR	COR
CSM-1	2	9	2	7	0	3	3	2	4	1	0	2	1	7
CSM-2	3	7	2	7	0	5	8	1	3	1	3	2	1	5
CSM-3	3	7	2	5	0	3	7	2	1	1	3	4	1	5
CSM-4	5	3	3	1	1	3	7	3	3	3	3	2	1	3
CSM-5	2	7	4	1	0	3	4	2	3	1	3	2	1	5
CSM-6	2	9	2	9	0	3	4	2	3	1	3	3	1	5
CSM-7	3	5	2	7	0	5	4	2	1	1	0	2	2	3
CSM-8	2	5	2	7	0	5	3	1	3	1	3	2	1	7
CSM-9	1	3	5	1	0	3	7	1	3	1	3	2	1	5
CSM-10	3	7	5	7	0	5	9	1	3	1	5	1	1	5
CSM-11	3	5	2	7	0	3	9	2	3	1	5	1	1	5
CSM-12	2	7	2	1	0	3	8	2	3	1	3	3	2	5
CSM-13	3	7	5	7	0	5	8	2	3	1	0	3	1	5
CSM-14	3	5	5	7	0	3	8	3	3	1	3	3	2	5
CSM-15	2	7	2	7	0	5	7	3	3	1	3	3	1	5
MODA	3, 2	7, 5	2, 5	7, 1	0	3, 5	7, 8, 4	2, 1	3	1	3	2, 3	1, 2	5

FOP= forma de la planta; CHA= color hoja apical; FLC= forma del lóbulo central; COP= color del peciolo; PUH= pubescencia de la hoja; CON= color de la nervadura; CET= color externo del tallo; PRC= prominencia de las cicatrices; CSC= color de la superficie de la corteza de la raíz; CPR= color pulpa de la raíz; PRR= pedúnculo de la raíz; FOR= forma de la raíz; COR= constricciones de la raíz; TRR= textura de la raíz

En cuanto a los descriptores cualitativos del tallo, para el color exterior del tallo (CET), el 26.7% presentó color grisáceo (8), el 24.7% plateado (7) y el 20% amarillo-verdoso (4), siendo la moda trimodal. Con relación a la prominencia de las cicatrices (PRC), el 53.3% presentó prominencia intermedia (2) y el 26.7% ligera (1), siendo la moda bimodal.

Con respecto a los descriptores cualitativos de las raíces, para el color de la superficie de la corteza de la raíz reservante (CSC), la mayoría (80%) presentó el color rosado (3), y si bien hubo un solo genotipo blanco cremoso (1) y otro de morado (4), la moda fue unimodal; mientras que para el color de la pulpa de la raíz reservante (CPR), casi todos (93.3%) exhibieron pulpa blanca (1) y sólo uno (6.7%) pulpa amarilla (3), siendo la moda unimodal. Con relación al pedúnculo de la raíz reservante (PRR), el 66.7% mostró ser pedunculada (3) y el 20%, no pedunculada

o sésil (0), siendo la moda bimodal; en tanto que para la forma de la raíz reservante (FOR), el 46.7% de los genotipos fueron de forma cilíndrico-cónica (2) y el 33.3% de forma cilíndrica (3), siendo la moda bimodal. Cabe señalar que en este descriptor se presentaron también las formas cónicas (1) e irregular o fusiforme (4), pero en muy baja frecuencia. En cuanto a las constricciones de la raíz reservante (CRR), el 80% presentó pocas o ninguna (1) y el 20% presentó algunas (2), siendo la moda bimodal. Finalmente, para la textura de la superficie de la raíz reservante (TRR), el 73.3% exhibió textura intermedia (5), y si bien algunos genotipos fueron lisas (3) y rugosas (7) en muy baja frecuencia, la moda fue unimodal.

Aun cuando ALVES (2002) reporta dos formas diferentes de la planta de yuca: erecta y abierta; también señala que, por la diversidad de agroecosistemas, la descripción morfológica es insuficientemente precisa, principalmente por la interacción genotipo x ambiente. Nuestros resultados muestran que el 46.7% de los genotipos presentó la forma aparasolada y el 40% abierta, lo cual estaría reflejando contrastantes diferencias fenotípicas.

Mientras que, para el descriptor, color de hojas apicales no extendidas (CHA), un 46.7% presentó el color verde morado y un 25.7% verde oscuro. Estos resultados son muy diferentes a los encontrados en Camerún donde se reporta que más del 90% de las accesiones de yuca tuvieron hojas de color verde, el 48% verde ligero y 44% verde oscuro (TEMEGNE *et al.*, 2016), variación fenotípica atribuible al origen genético y la procedencia geográfica.

TEMEGNE *et al.* (2016) reporta también que un 12% de las accesiones presentaron pubescencia en las hojas, mientras que en este estudio solo fue evidente un 6.7%, pudiéndosele atribuir a un gen mutante recesivo (alelo privado) muy raro en las variedades de yuca. Asimismo, reporta que el 46% de las accesiones los peciolo fueron rojos, siendo cercano al 60% obtenido en los genotipos de yuca estudiados. Por otro lado, si bien reporta 1% de peciolo verde amarillento, este valor contrasta con el 26.7% encontrado aquí y que se explicaría por las diferencias genotípicas y la procedencia geográfica de las variedades. Así

también, el 45% tuvieron nervadura foliar de color verde que es al valor 60% encontrado aquí, y un valor muy bajo (16.1%) para el color verde-rojizo en menos de la mitad del lóbulo, que contrasta con el 40% encontrado en este estudio.

Con relación al color externo del tallo (CET), GARCÍA y GUARDA (2005), concluyen que todos los genotipos exhiben variación en la expresión de los estados del descriptor, predominando el color plateado. En nuestro estudio predominaron los colores: grisáceo, plateado y amarillo-verdoso.

En cuanto a los descriptores cualitativos de raíces, TEGMENE *et al.* (2016), reporta que para el descriptor color de la superficie de la corteza (CSC), predominaron los colores blanco y rojo; mientras que en este estudio la mayoría (80%) presentó color rosado y tan solo el 13.3% color blanco-cremoso. TEGMENE *et al.* (2016), señala además que en dichas accesiones, el 60.9% tuvo raíces de forma cilíndrica, 16.1% cilindro-cónica, 12.6% cónica y 10.3% irregular. Nuestros resultados muestran que el 46.7% de los genotipos tuvieron forma cilindro-cónica y un 33.3% forma cilíndrica; en tanto que GARCÍA y GUARDA (2005) encontraron que la mayoría de los genotipos exhibieron la forma cónica. Estos resultados si bien permiten inferir que las formas cilíndricas y cilindro-cónicas de las raíces son predominantes en la yuca, no se puede subestimar la presencia de accesiones de yuca de forma cónica, asumiéndose que dichas diferencias se pueden atribuir al origen genético y/o procedencia geográfica.

GARCÍA y GUARDA (2005), refieren que para el descriptor: pedúnculo de la raíz reservante (PRR), la mayoría de los genotipos presentaron el fenotipo mixto; mientras que, en nuestro estudio, el 66.7% fue pedunculado y el 20% ausente o sésil, lo cual se puede atribuir a las diferencias genotípicas, procedencia geográfica o a ambos. Agregan también que para el descriptor: constricción de la raíz (COR), la mayoría de los genotipos exhibieron pocas o ninguna y no hubo genotipo alguno que exhibiera muchas constricciones, lo cual coincide parcialmente con nuestros resultados: 80% pocas o ninguna y 20%: muchas constricciones.

De lo anterior se infiere que el fenotipo: muchos, es raro y probablemente controlado por un alelo recesivo. Además, estos investigadores concluyen que tanto el color externo, la corteza y pulpa de las raíces, su expresión fenotípica fue variable exhibiéndose todos los estados del descriptor.

De acuerdo al análisis de los caracteres cualitativos, los genotipos de yuca mostraron alta variabilidad en el color de la hoja apical, color del peciolo, forma del lóbulo central, color exterior del tallo y forma de la raíz. La variabilidad de los genotipos de yuca para estos caracteres es muy importante para poder diferenciarlos e identificarlos.

Vieira *et al.*, citado por DERSO y MAHAMUD (2018), en su germoplasma de yuca también encontraron diferencias en el color externo del tallo, peciolo y hoja apical; así como, en la forma del lóbulo central. A través del análisis de componentes principales discriminaron las accesiones de yuca por el: color del peciolo, color externo del tallo, presencia de pedúnculo en las raíces, color externo de la raíz, color de corteza de la raíz; niveles de ramificación, hábito de ramificación, tipo de planta, forma de raíces, entre otros, que fueron determinantes en la diferenciación entre genotipos (CARVALHO *et al*, 2000; ALVES, 2002)

En general, se hace evidente la variabilidad fenotípica, en menor o mayor grado, del germoplasma colectado en San Martín que se puede atribuir principalmente a las diferencias genotípicas y la interacción con el ambiente (condiciones agroecológicas *in situ*), donde se han adaptado. Estos caracteres de alta heredabilidad y fácilmente distinguibles, son muy útiles para caracterizar botánicamente un cultivar, identificar o diferenciar accesiones de una especie; verificar su identidad genética y detectar duplicados (ENGELS, 1983; QUEROL, 1988; AGRE *et al*, 2015); así como, en la certificación de semilla vegetativa de cualquier cultivar cuya pureza solo se perpetúa de modo asexual.

Las variedades de yuca no solo se clasifican por sus caracteres morfológicos vegetativos cualitativos; sino también por sus homólogos reproductivos, como: tipo de inflorescencia, color de verticilos florales (masculinos y femeninos); color y forma del fruto y de la semilla, contenido de glucósidos y precocidad (NASSAR y ORTIZ, 2006)

4.1.2 Caracteres morfológicos cuantitativos

El cuadro 5, fig. 2, presenta los resultados y los valores estadísticos de tendencia central (promedio) y dispersión (rango, desviación estándar y coeficiente de variación) de 15 genotipos de yuca de la colección San Martín.

Con relación a los descriptores de hojas, para el número de lóbulos por hoja (NUL), los valores oscilaron de 3 hasta 6, con un promedio de 4.1 y un coeficiente de variación (C.V = 29.9%) que se considera regular. Sin embargo, TEMEGNE *et al.* (2016), reporta un C.V = 11.8% que es bajo, probablemente porque las accesiones estudiadas tienen mucho parentesco o alta similaridad; sin embargo, AGRE *et al.* (2015) reportaron un C.V= 8.1% un poco más bajo. Con relación al ángulo de inserción del peciolo (AIP), los valores oscilaron de 0 hasta 7 con un promedio de 2.8 y un C.V= 60.7% que se considera muy alto y que probablemente se atribuya a la alta variabilidad de la expresión de este carácter en esta colección de germoplasma.

Con respecto a los descriptores de tallos, para el carácter: número de niveles de ramificación (NNR), los valores oscilaron de 2 hasta 4, con un promedio de 3.3 y un C.V= 18%; valor considerado como relativamente bajo; en tanto que el carácter: ángulo de las ramas (ANR), los valores oscilaron de 1 hasta 6, con un promedio de 4.3 (75°) y un C.V= 29.8%, que es un valor regular. Y en cuanto al peso fresco de raíces (PFR), los valores oscilaron de 1.1 hasta 8.8 tnkg ha⁻¹ con un promedio de 4.4 y un C. V = 52.2%, que se considera muy alto, lo cual estaría reflejando alta variabilidad genética de este carácter en esta colección que puede ser explotado por los programas de mejoramiento genético.

Cuadro 5. Estadísticos de tendencia central y dispersión de cinco caracteres cuantitativos de 15 genotipos de yuca de la colección San Martín.

COLECCIÓN	HOJAS		TALLOS		RAICES
	NUL	AIP	NNR	ANR	PFR
SAN MARTIN					
CSM-1	3	7	4	4	8.0
CSM-2	5	3	4	3	5.1
CSM-3	5	3	4	3	6.4
CSM-4	6	0	2	1	5.6
CSM-5	3	3	3	5	3.5
CSM-6	3	3	3	5	3.6
CSM-7	5	1	3	5	3.6
CSM-8	3	3	4	6	2.0
CSM-9	5	3	3	4	6.5
CSM-10	6	3	3	5	1.1
CSM-11	3	5	3	6	2.4
CSM-12	3	1	4	4	3.6
CSM-13	3	1	3	4	4.0
CSM-14	5	3	3	5	8.8
CSM-15	3	3	3	5	1.7
Valor mínimo	3	0	2	1	1.1
Valor máximo	6	7	4	6	8.8
Promedio	4.07	2.80	3.27	4.33	4.39
Desviación estándar	1.22	1.70	0.59	1.29	2.29
C.V (%)	29.9	60.7	18	29.8	52.2

NUL= número de lóbulos por hoja; AIP= ángulo de inserción del peciolo;
NNR= número niveles de ramificación; ANR= ángulo de ramas; PFR= peso fresco de raíces

Aun cuando no fue evaluado el número de raíces por planta, GARCIA y GUARDA (2005), reportan una alta correlación positiva entre el mayor número de raíces (NNR) y el mayor peso fresco de las raíces (PFR).

Los coeficientes de variación altos o muy altos estarían explicando la amplia variación de estos caracteres en el germoplasma de yuca de San Martín, y además, una apreciable diversidad genética. Se puede postular que una proporción de la variación fenotípica sea inherente a los caracteres *per se*, otra a la variación genotípica y otra a la interacción genotipo (variedad) x ambiente que ocurre en los diferentes lugares geográficos de donde provienen.

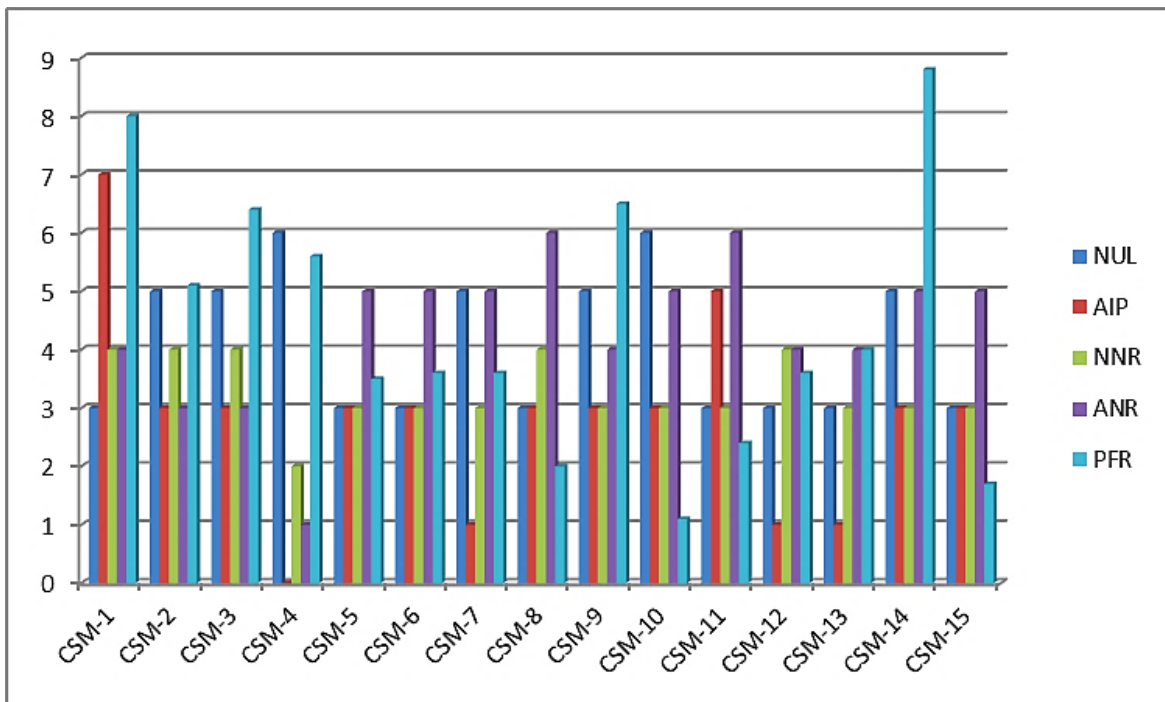


Figura 2. Histogramas de frecuencia de cinco caracteres cuantitativos de 15 genotipos de yuca de la colección San Martín

A diferencia de otros caracteres morfológicos que no varían o que varían muy poco en las accesiones de los Bancos de germoplasma, aquellos que muestran una amplia variabilidad y poder discriminante, serían de mucha importancia taxonómicas, tal como lo señalan CRISCI y LÓPEZ (1983). De allí que se puede inferir que los caracteres: ángulo de inserción del peciolo (AIP), peso fresco de las raíces (PFR) y número de lóbulos foliares (NUL) que tuvieron alta e intermedia variabilidad fenotípica respectivamente, serían caracteres discriminantes con alto valor taxonómico.

De los tres caracteres cuantitativos ya mencionados, merece una atención especial el carácter: peso fresco de raíces (PFR), el cual representa el producto cosechable o rendimiento real de cualquier genotipo de yuca que haya crecido y estado sometido a los factores abióticos (suelo, clima) y bióticos (plagas y enfermedades) en un agroecosistema particular.

Investigaciones fisiológicas realizadas en yuca han señalado que la alta densidad estomatal de las hojas, la alta tasa fotosintética, la baja fotorespiración y la elevada actividad de la enzima fosfo-enol-piruvato-carboxilasa, permiten postular que esta especie y sus parientes silvestres del género *Manihot* presentarían fotosíntesis intermedia entre las especies C3 y C4 (El-Sharkawy y Cock, 1987, citado por HERSHEY *et al*, 2010).

Asimismo, se señala que la tasa de crecimiento de los cultivos (TCC) tiene una relación parabólica con el índice de área foliar (IAF). Las variedades de yuca de bajo rendimiento pueden mantener un IAF subóptimo (<2) o supraóptimo (> 4) durante la mayor parte del período de crecimiento, siendo de 2.3 - 3.5 el IAF óptimo para la intercepción y utilización de la luz (Hershey, 2005 citado por HERSHEY *et al*, 2010). Las plantas con inicio de ramificación temprana pueden desarrollar rápidamente un IAF excesivo, de modo tal que las reservas de carbohidratos son utilizadas para la producción de nuevas hojas en lugar de la acumulación en las raíces (HERSHEY *et al*, 2018).

Las variedades de yuca con ramificación profusa tienden a acumular más materia seca en las partes superiores que en las raíces, i.e., por debajo del índice de cosecha óptimo (Ramanujam, 1985 citado por HERSHEY, *et al*, 2010). Ello supone que un clon fuertemente ramificado con crecimiento superior abundante, tendría proporcionalmente menos materia seca sobrante para el almacenamiento de las raíces si se compara con otro clon menos ramificado. Esta situación se podría haber dado con los genotipos CSM-8 (“Comercial 1”), CM-11 (“Roja”) y CUC-1 (“Señorita 1”) que tuvieron bajos rendimientos de 2.0, 2.4 y 2.8 t ha⁻¹, respectivamente, de no mediar algún estrés ambiental.

Una planta ideal de yuca según Cock *et al.* (1979), citado por HERSHEY (2010) debe tener un índice de cosecha (IC= 0.6) aprox., para ser más eficiente. Un rango de 0.5 - 0.7 se considera razonable, dependiendo de las condiciones ambientales específicas. Como esta variable no fue considerada en esta evaluación por ser una bioprospección, un futuro ensayo con cuatro réplicas

por genotipo (clon) de yuca debería ser considerado y evaluado; así como, el contenido de la materia seca y almidón, y otras variables asociadas con el rendimiento potencial.

4.2 De la caracterización morfológica de cinco genotipos de yuca de la colección Ucayali

4.2.1 Caracteres morfológicos cualitativos.

Los resultados de la caracterización morfológica cualitativa y la moda de cinco genotipos de yuca de la colección Ucayali, se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Caracterización morfológica cualitativa y moda de cinco genotipos de yuca de la colección Ucayali.

COLECCIÓN UCAYALI	PLANTA		HOJAS				TALLOS				RAICES			
	FOP	CHA	FLC	COP	PUH	CON	CET	PRC	CSC	CPR	PRR	FOR	COR	TRR
CUC-1	3	3	3	3	0	3	1	2	3	1	0	4	1	7
CUC-2	3	5	2	1	0	3	7	2	3	2	0	2	1	5
CUC-3	3	9	4	9	0	7	7	2	1	2	0	3	1	3
CUC-4	1	5	2	1	0	3	7	2	3	1	0	1	1	3
CUC-5	3	3	4	3	0	3	5	2	4	3	0	3	1	3
MODA	3	3,5	2,4	1,3	0	3	7	2	3	1,2	0	3	1	3

FOP= forma de la planta; CHA= color hoja apical; FLC= forma del lóbulo central; COP= color del peciolo; PUH= pubescencia de la hoja; CON= color de la nervadura; CET= color externo del tallo; PRC= prominencia de las cicatrices; CSC= color de superficie de la corteza de la raíz; CPR= color pulpa; PRR= pedúnculo de la raíz; FOR= forma de la raíz; COR= constricciones de la raíz; TRR= textura de la raíz..

Del cuadro 6 se deduce que, para el descriptor cualitativo: forma de la planta (FOP), el 80% de los genotipos presentó forma aparasolada (3), y el 20%, forma abierta (2), siendo la moda bimodal.

Con relación a los descriptores cualitativos de hojas, para el color de hojas apicales no extendidas (CHA), el 40% exhibió el color verde pálido (3), y otro

40%, verde oscuro (5), siendo la moda bimodal. Con respecto a la forma del lóbulo central (FLC), si bien no hubo amplia variación, el 40% tuvo la forma elíptico-lanceolada (2) y el 40% oblongo-lanceolada (4), siendo la moda bimodal; mientras que para el color del peciolo (COP), el 40% de los genotipos exhibieron color verde-amarillento (1) y el 40% verde-rojizo (3), siendo la moda bimodal. En cuanto a la pubescencia de las hojas jóvenes (PUH), hubo ausencia (0) en el 100% de los genotipos, siendo la moda unimodal. Finalmente, en el color de la nervadura foliar (CON), el 80% mostró color verde (3), siendo la moda unimodal.

Con respecto a los descriptores cualitativos del tallo, para el descriptor color externo del tallo (CET), el 60% presentó color plateado (7), le siguió el anaranjado (3) y dorado (5) pero en muy baja frecuencia, siendo la moda unimodal. En cuanto a la prominencia de las cicatrices (PRC), el 100% mostró prominencia intermedia (2), siendo la moda unimodal.

Con relación a los descriptores cualitativos de raíces, para el color de la superficie de la corteza de la raíz reservante (CSC), el 60% presentó color rosado (3) y en muy baja frecuencia, morado (4) y blanco cremoso (1), siendo la moda unimodal; mientras que para el color de la pulpa de la raíz reservante (CPR), el 40% exhibió pulpa blanca (1) y otro 40% crema (2), siendo la moda bimodal. Con respecto al pedúnculo en la raíz reservante (PRR), el 100% mostró la forma pedunculada, siendo la moda unimodal; mientras que para la forma de la raíz reservante (FOR), el 40% de los genotipos fueron de forma cilíndrica (3) y aunque se evidenció la forma cónica, cilíndrico-cónica e irregular (fusiforme), por su muy baja frecuencia, la moda fue unimodal. En cuanto a las constricciones de la raíz reservante (CRR), el 100% presentó el estado pocas o ninguna (1), siendo la moda unimodal, mientras que la textura de la superficie de la raíz reservante (TRR), el 60% exhibió textura lisa (3), y aunque hubo intermedia (5) y rugosa (7), la moda fue unimodal.

Aunque se reporta el efecto ambiental ecológico en la morfología de la yuca, la clasificación basada en sus caracteres es compleja. El color de hojas

apicales no extendidas, color de la hoja madura, color del peciolo, forma del lóbulo central, color de corteza y color de pulpa de las raíces, son algunos caracteres cualitativos importantes (NASSAR, 2006; AMENORPE *et al.*, 2006).

4.2.2 Caracteres morfológicos cuantitativos

En el cuadro 7, fig. 3, se presenta los resultados y estadísticos descriptivos de tendencia central (promedio) y de dispersión (rango, desviación estándar y coeficiente de variación) obtenidos de la caracterización morfológica cuantitativa de cinco genotipos de yuca de la colección Ucayali.

Cuadro 7. Estadísticos descriptivos de tendencia central y dispersión de caracteres cuantitativos de cinco genotipos de yuca de la colección Ucayali

COLECCIÓN	HOJAS		TALLOS		RAICES
	NUL	AIP	NNR	ANR	PFR
UCAYALI					
CUC-1	5	5	3	3	2.8
CUC-2	5	7	4	4	3.4
CUC-3	3	9	5	4	9.2
CUC-4	5	9	4	4	5.2
CUC-5	5	7	3	4	5.5
Valor mínimo	3	5	3	3	2.8
Valor máximo	5	9	5	4	9.2
Promedio	4.60	7.40	3.80	3.80	5.22
Desviación estándar	0.89	1.67	0.84	0.45	2.50
C.V (%)	19.3	22.6	22.1	11.8	47.9

NUL= número de lóbulos foliares; AIP= ángulo de inserción del peciolo;
NNR= número niveles de ramificación; ANR= ángulo de las ramas; PFR= peso fresco de raíces

Con relación a los descriptores de hojas, para el número de lóbulos por hoja (NUL), los valores oscilaron de 3 hasta 5, con un promedio de 4.6 y un coeficiente de variación (C. V= 19.3%), que es considerado relativamente bajo. Altos valores de C.V., se interpretan como que las accesiones tendrían baja similaridad (bajo parentesco), mientras que menores C.V., tendrían alta similaridad (alto parentesco). Con relación al ángulo de inserción del peciolo (AIP), los valores oscilaron de 5 hasta 9 con un promedio de 7.4 y un C. V= 22.6% considerado como

regular y que se puede atribuir a una moderada variación de la expresión de este carácter en esta colección de germoplasma.

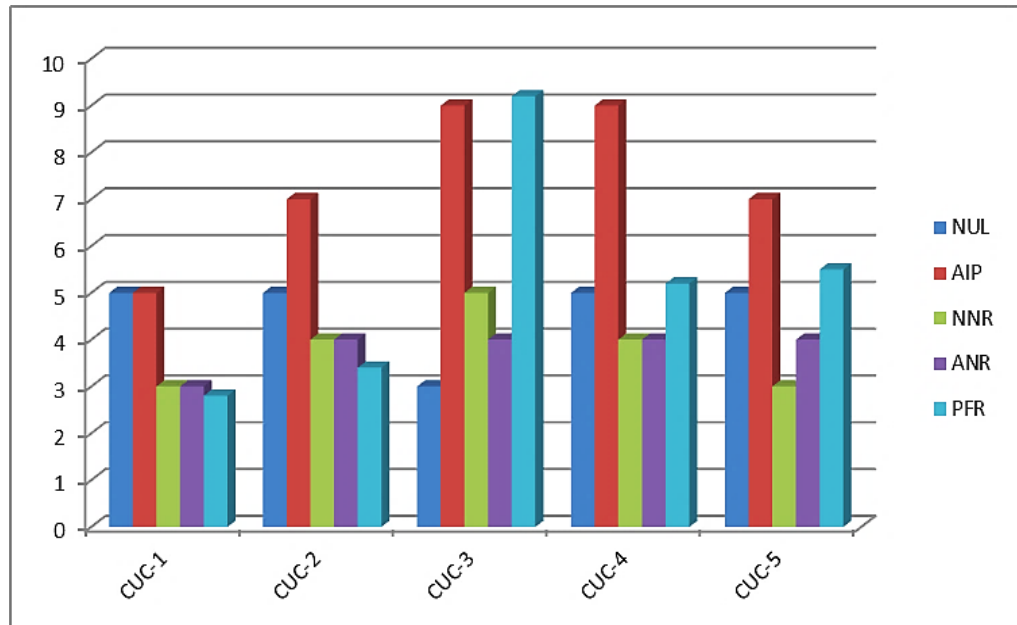


Figura 3. Histogramas de frecuencia de cinco caracteres cuantitativos de cinco genotipos de yuca de la colección Ucayali

Con respecto a los descriptores de tallos, para el número de niveles de ramificación (NNR), los valores oscilaron de 3 hasta 5, con un promedio de 3.8 y un C.V= 22.1%; valor que considerado como regular; en tanto que el ángulo de las ramas (ANR), los valores oscilaron de 3 hasta 4, con un promedio de 3.8 (60°) y un C.V= 11.8%, valor considerado como bajo. Y, en cuanto al peso fresco de raíces (PFR), los valores oscilaron de 2.8 hasta 9.2 kg ha⁻¹ con un promedio de 5.2 kg ha⁻¹ y un C.V = 47.9%, que es considerado muy alto, lo cual reflejaría una alta variabilidad genética de este carácter en esta colección. Un alto coeficiente de variación indicaría pues, la presencia de una alta heterogeneidad dentro de la colección Ucayali que puede ser explotado por el mejoramiento genético.

A diferencia del descriptor AIP que resultó muy alto en la colección San Martín, pero intermedio en la colección Ucayali; el carácter PFR resultó ser

alto, lo que se interpretaría que este carácter tendría buen poder discriminante y consecuentemente, ser de alto valor taxonómico.

En el aspecto fisiológico, si bien las hojas de las variedades de yuca pueden permanecer fotosintéticamente activas bajo cortos periodos de estrés hídrico muy común en la provincia de Padre Abad (Ucayali), esto contrasta con la provincia de Tocache (San Martín), donde las plantas pueden recuperarse una vez que el agua vuelve a estar disponible. Ensayos de yuca en lugares con escasez de agua de Colombia, mostraron buenas correlaciones entre la tasa fotosintética en varios períodos de crecimiento y el rendimiento final. Además, la longevidad de las hojas representaría un ahorro significativo de la biomasa invertida en su formación y retención (El-Sharkawy, 2004, citado por HERSHEY *et al*, 2010)

Bajo condiciones de crecimiento favorable, donde ni el agua ni los nutrientes son limitantes, es probable que la luz sea el factor principal de competencia de las plantas. Este factor es el único componente ambiental para el cual es prácticamente imposible aumentar su oferta en los campos comerciales. En ambientes menos favorables (marginales) típicos de muchas áreas cultivadas de yuca, los nutrientes y el agua, son frecuentemente limitantes que exacerba los efectos de la competencia.

Cuando se evalúa una gran cantidad de genotipos en diferentes zonas ecológicas se dificulta la evaluación precisa de los caracteres cuantitativos de baja heredabilidad por causa de las influencias ambientales muy peculiares en cada zona (DOMÍNGUEZ *et al.*, 1981). De esto se infiere que para valorar consistentemente el comportamiento de un conjunto de genotipos se tiene que hacer en similares condiciones ambientales y en varios años para determinar la interacción genotipo x ambiente y la estabilidad de los rendimientos (GARCÍA y GUARDA, 2005)

Con excepción de algunas comunidades nativas de la región Ucayali que conservan una rica diversidad de ecotipos locales, en los productores de yuca

que producen para el mercado existen una baja diversidad varietal, siendo escaso el intercambio de materiales de plantación entre ellos y también la selección por caracteres agronómicos deseables o ventajosos.

Validar el conocimiento del agricultor por los caracteres agromorfológicos utilizados para poder reconocer y distinguir entre variedades de un cultivo (JARVIS *et al*, 2001), es necesario comprender cómo ellos seleccionan y conservan los atributos individuales y los grupos de atributos que utilizan para identificar las variedades locales de yuca.

Finalmente, como el objetivo del estudio no fue evaluar y discutir la consistencia de los nombres varietales de la yuca usadas por los agricultores como unidades de diversidad genética, JARVIS *et al.* (2001) planteó algunas importantes interrogantes como: ¿son únicos los nombres varietales?, ¿los agricultores son consistentes para nombrar las variedades dentro y entre comunidades?, ¿todos los agricultores reconocen la misma variedad local con el mismo nombre basado en los mismos atributos?

Estas y otras preguntas nos parecen fundamentales para comprender y saber reconocer la variedad nombrada; así como, la cantidad de diversidad genética que puede haber dentro del agroecosistema donde se conserva y que es utilizado dentro de la comunidad.

4.3 De la similaridad fenética de 20 genotipos de yuca de las colecciones de San Martín y Ucayali

El análisis de conglomerados usando el método del ligamiento promedio y la distancia Euclidiana a un nivel de similaridad de -2.12 aprox., mostró dos conglomerados grandes, el primero conformado por 7 genotipos; de los cuales 4 fueron de San Martín y 3 de Ucayali, habiendo 1 unidad independiente de Ucayali (CUC-1), y el segundo conformado por 12 genotipos; de los cuales 11 fueron de San Martín y sólo 1 de Ucayali (CUC-3).

Sin embargo, a un nivel de similaridad de -1,38 aprox., se generaron 4 conglomerados: A, B, C y D (cuadro 7, fig. 3). El conglomerado A, agrupa a 4 genotipos de yuca: CSM-5; CSM-12; CUC-2 y CUC-4, siendo los dos últimos más parecidos fenéticamente por sus genotipos y procedencia geográfica (Ucayali). El conglomerado B, agrupó lejanamente a dos genotipos: CMS-4 de San Martín y CUC-5 de Ucayali; mientras que los conglomerados C y D, agruparon la mayor parte de los genotipos de San Martín, siendo el conglomerado D, el más grande con 7 genotipos: CSM-10; CSM-11; CSM-13; CSM-14. CMS-3; CSM-2 y CSM-15.

Como unidades independientes no agrupadas a este nivel de similaridad, están los genotipos: CUC-1 (con vínculo más distante al grupo A y grupo B); CSM-9 (con vínculo menos distante al grupo A); CSM-8 (con vínculo al grupo C); CSM-7 y CUC-3; estos últimos vinculados a menor nivel de similaridad, pero asemejándose en ciertos caracteres morfológicos como: forma aparasolada de la planta, ausencia de pubescencia, moderada prominencia de las cicatrices, color blanco de la superficie de la corteza de la raíz, ausencia de pedúnculo de la raíz y textura intermedia de la raíz, a pesar de que CSM-7 (Blanca 01) fue colectada en Nuevo Progreso (San Martín) y CUC-3 (C-58), en Ucayali, ambas denominadas “blancas”. Cabe señalar que el genotipo CSM-2 conocido como “Chaucha” de Nuevo Progreso (fig. 8), se asemeja mucho al genotipo CSM-15 (fig. 19), denominado “Comercial 2” de Tocache.

Cuadro 8. Número de conglomerados que incluyen 20 genotipos de yuca de las colecciones San Martín y Ucayali, según su similaridad fenética.

CONGLOMERADO	Nº	GENOTIPOS DE YUCA
A	4	CSM-5; CSM-12; CUC-2; CUC-4
B	2	CSM-4; CUC-5
C	2	CSM-6; CSM-1
D	7	CSM-10; CSM-11; CSM-13; CSM-14 CMS-3; CSM-2; CSM-15
Unidades independientes	5	CUC-1; CSM-9; CSM-8; CSM-7; CUC-3

Estos nombres distintos, aunque se refieran a su precocidad y/o sabor (preferencia), o a la forma de la raíz u otro carácter morfológico; por ostentar una similitud relativamente alta, significaría que están compartiendo genes similares por descendencia y que son expresadas en sus fenotipos.

Cuando se tiene una vasta información de caracteres morfoagronómicos en un banco de germoplasma es necesario conocer los niveles de similitud o disimilitud para realizar la discriminación de las accesiones usando métodos de análisis multivariado. Entre los caracteres morfológicos de yuca, se ha reportado que los caracteres discriminativos más importantes fueron aquellos de naturaleza cualitativa (LENNIS *et al.*, 1999).

El coeficiente de correlación cofenético (C.C.C = 0.79) está reflejando una correlación relativamente alta con poca distorsión del dendrograma, siendo clasificado como bueno, de acuerdo a Sneath y Sokal (1973), citado por CRISCI y LÓPEZ, (1983). Además, señalaron que un alto o bajo C.C.C., no necesariamente determina una buena o mala clasificación del germoplasma. El uso de un alto número de caracteres morfológicos con gran poder discriminatorio reduce la distorsión del dendrograma y se obtendría una clasificación muy consistente.

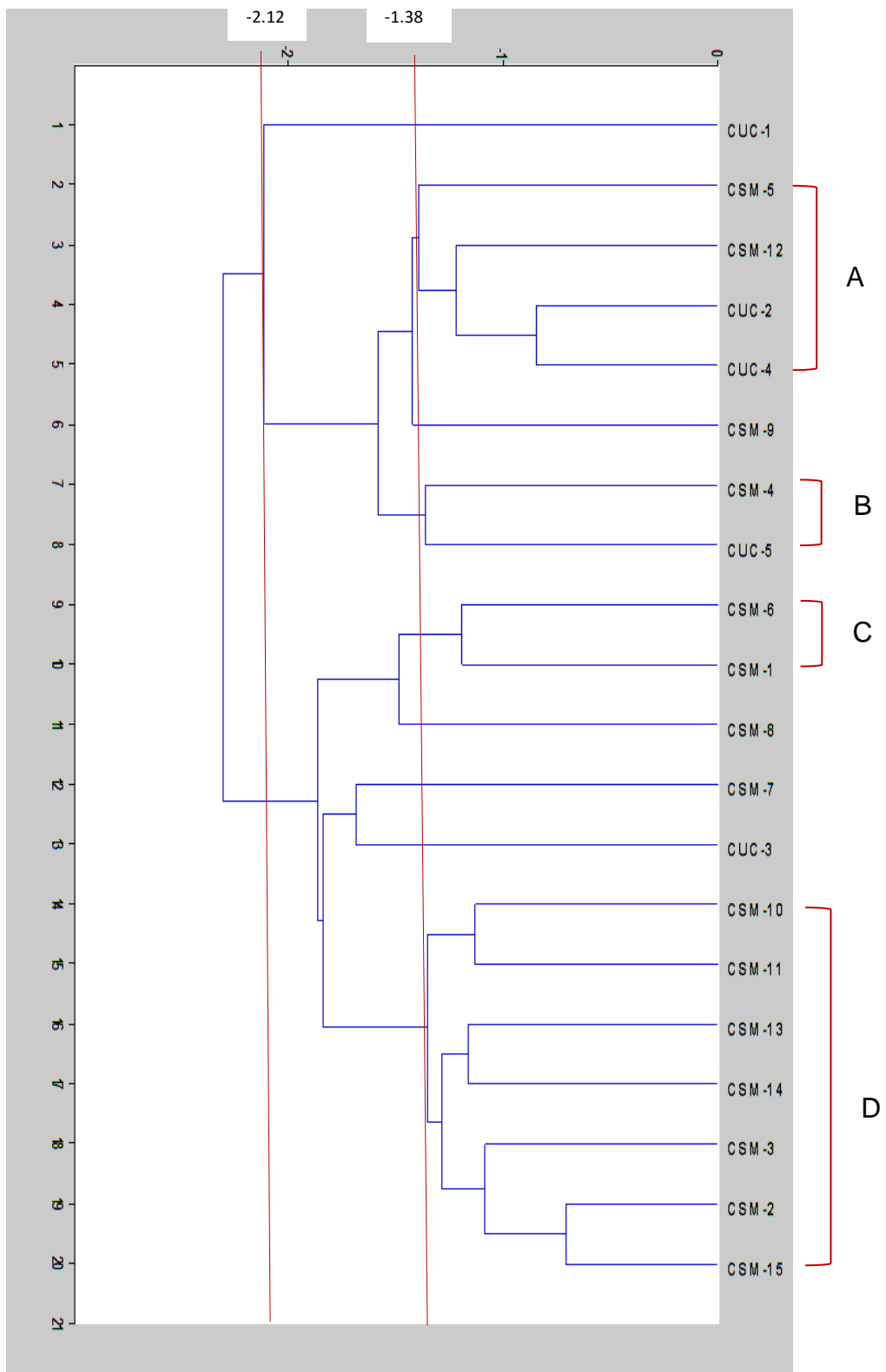


Figura 4. Dendrograma de similitud de 20 genotipos de yuca de San Martín y Ucayali generado por el análisis de conglomerados.

V. CONCLUSIONES

1. Los caracteres morfológicos cualitativos de los genotipos de yuca de San Martín, que mostraron mayor variación fenotípica fueron: el color de hoja apical (CHA) en un rango de 3 hasta 9; color del peciolo (COP) en un rango de 1 hasta 9; y el color externo del tallo (CET) en un rango de 1 hasta 9.
2. Los caracteres morfológicos cuantitativos que exhibieron un amplio rango de variación, que osciló desde bajo para número de niveles de ramificación (NNR) en un rango de 2 hasta 4; a alto para ángulo de las ramas (ANR) en un rango de 1 hasta 6; ángulo de inserción del peciolo (AIP) en un rango de 0 hasta 7; y muy alto para peso fresco de raíces (PFR) en un rango de 1.1 hasta 8.8 tn ha⁻¹ en la colección San Martín.
3. El dendrograma generado a través del análisis de agrupamientos para los 20 genotipos de yuca de San Martín y Ucayal, a un nivel de similaridad de -1.38, y con un C.C.C = 0.79, mostró cuatro conglomerados: A (CSM-5, CSM.12, CUC-2 y CUC-4), B (CSM-4 y CUC-5), C (CSM-6 y CSM-1) y D (CSM.10, CSM-11, CSM-13, CSM-14 CSM-3, CSM-2 y CSM-15), y cinco unidades independientes, visualizando mayor diversidad genética en la colección San Martín.
4. Los genotipos de yuca se pueden diferenciar preliminarmente por sus caracteres cualitativos: color de hoja apical (CHA), color del peciolo (COP) y color externo del tallo (CET), y por sus caracteres cuantitativos: ángulo de inserción del peciolo (AIP), ángulo de las ramas (ANR) y el peso fresco de las raíces (PFR).

VI. RECOMENDACIONES

1. Planificar y realizar nuevas prospecciones de yuca en otros distritos de las provincias de San Martín y Ucayali para ampliar la base genética del germoplasma colectado.
2. Con fines de selección, se debe planificar un ensayo donde además de la evaluación del rendimiento, se pueda incluir evaluaciones de caracteres agroindustriales (materia seca y almidón), muy útiles para el biocomercio.
3. Establecer y fortalecer un banco de germoplasma de yuca en la Estación Tulumayo, como una colección activa para uso y conservación permanente.
4. Caracterizar molecularmente el germoplasma de yuca (variedades) de los distritos de San Martín y Ucayali, usando marcadores moleculares microsatélites (SSR) y/o polimorfismos de nucleótidos únicos (SNPs).

VII. RESUMEN

El estudio de caracterización morfológica *in situ* se realizó en fincas de agricultores de cuatro distritos de San Martín y Ucayali en el año 2019, con el objetivo de caracterizar los atributos morfológicos de 20 genotipos de yuca y determinar su nivel de similaridad fenética. Para la caracterización morfológica se utilizó una lista de caracteres morfológicos estándar para yuca con 19 caracteres (14 cualitativos y 5 cuantitativos) que sirvió para describir los caracteres de la planta, hojas, tallos y raíces. En el análisis univariado se utilizaron estadísticos de tendencia central y dispersión, y en el análisis multivariado, el análisis de conglomerados usando como medida de disimilaridad, la distancia Euclidiana y como método de encadenamiento, el ligamiento promedio. Los resultados obtenidos para los caracteres morfológicos cualitativos de los genotipos de yuca de San Martín y Ucayali, muestran diferente variación en su expresión fenotípica según el descriptor utilizado; mientras que sus contrapartes cuantitativas, exhibieron un rango amplio de variación oscilando desde bajo hasta muy alto. El dendrograma generado por el análisis de agrupamientos a un nivel de similaridad de -1.38 y con un C.C.C = 0.79 mostró cuatro conglomerados: A (CSM-5, CSM.12, CUC-2 y CUC-4), B (CSM-4 y CUC-5), C (CSM-6 y CSM-1) y D (CSM.10, CSM-11, CSM-13, CSM-14 CSM-3, CSM-2 y CSM-15), y cinco unidades independientes, siendo la colección San Martín de mayor diversidad genética. Una posterior caracterización y evaluación del germoplasma de yuca colectada se debe usar mayor número de descriptores morfológicos discriminantes y el uso de marcadores moleculares microsatélites (SSR) o polimorfismos de nucleótidos únicos (SNPs).

ABSTRACT

The *in situ* morphological characterization study was carried out on farms of farmers from four districts of the San Martín and Ucayali in the year 2019, with aim to characterize the morphological attributes of 20 cassava genotypes, and determine their level of phenetic similarity. For the morphological characterization a list of standard morphological traits for cassava was used, with 19 traits (14 qualitative and 5 quantitative) that served to describe the characters of the plant, leaves, stems and roots. In the univariate analysis, central tendency and dispersion statistics were used, and in the multivariate analysis, the cluster analysis using the Euclidean distance as a measure of dissimilarity and the average linkage as a chain method. The results obtained from the qualitative morphological characters of the cassava genotypes of San Martín and Ucayali, show a different variation in their phenotypic expression, according to the descriptor used; while their quantitative counterparts exhibited a wide range of variation ranging from low to very high. The dendrogram generated by the cluster analysis at a similarity level of -1.38 and with a CCC = 0.79 showed four clusters: A (CSM-5, CSM.12, CUC-2 y CUC-4), B (CSM-4 y CUC-5), C (CSM-6 y CSM-1) and D (CSM.10, CSM-11, CSM-13, CSM-14 CSM-3, CSM-2 y CSM-15), and five independent units being the San Martín collection of greater genetic diversity. A further characterization and complementary assessment of collected cassava germplasm should be use greater number of discriminant morphological descriptors and the use of SSR (microsatellites) or SNPs (single nucleotide polymorphism) molecular markers.

VIII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. ABADIE, T y BERRETA, A. 2001. Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. En: "Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur". PROCISUR, 2001. 8 p.
2. AFONSO, S.D.J; LEDO, C.A.D, MOREIRA, R.F.C; SILVA, S.D, VD VON DANIKEN DE JESUS LEAL y CONCEICAO A.L.D. 2014. Selection of descriptors in a morphological characteristics considered in cassava accessions by means of multivariate techniques. IOSR J. Agri. and Vet. Sci., 7(1):13-20.
3. AGRE, A.P; BADARA, G; ADJATIN, A; DANSI, A; BATHACHARJEE, R; RABBI, I.Y; DANSI, M; GEDIL, M y FOLK, M. 2016. Taxonomy and traditional management of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) diversity in southern and central Benin. International Journal of Innovation and Scientific Research., 20:500-515.
4. ALLEN, A.C. 2002. The origins and taxonomy of cassava. In Cassava: Biology, Production and Utilization (Eds.) Hillocks, R.J., Thresh, J.M. and Bellotti, A.C., CAB International, Pp: 1-16.
5. ALVES, A.A.C. 2002. Cassava Botany and Physiology. In: R.J. Hillocks, J.M. Thresh and A.C. Bellotti (Eds.). Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publishing, Pp: 67- 89
6. AMENORPE, G; CARSON, G. y TETTEH, J.P. 2006. Ethnobotanical characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Western Region of Ghana. J. Agricult. Sci. 39(2), 123-130
7. ASARE, P.A; GALYUON, I.K; SARFO, J.K y TETTEH, y J.P. 2011. Morphological and molecular based diversity studies of some cassava (*Manihot*

esculenta Crantz) germplasm in Ghana. African Journal of Biotechnology, 10(63): 13900-13908

8. BAENA, M; JARAMILLO, S. y MONTOYA, J.E. 2003. Material de apoyo a la capacitación en conservación in situ de la diversidad vegetal en áreas protegidas y en fincas. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. 129 p.
9. BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERU, 2012. Cap. 3. Potencialidad productiva. IES, Lima. Pp: 67-133
10. BEKELE, F.L; BEKELE, I; BUTLER, D.R; y BIDAISE, G. 2006. Patterns of morphological variation in a sample of cacao (*Theobroma cacao* L.) germplasm from the International Cacao Genebank, Trinidad. *Gen. Res. Crop. Evol.* 53: 933-948
11. BENESI, I.R.M; LABUSCHAGNE, M.T; DIXON, A.G.G; VILJOEN, C.D. y MAHUNGU, N.M. 2006. Genetic distance analysis of elite cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes in Malawi using morphological and AFLP marker techniques. *Afr. Tydskr. Plant Grond*, 23(1): 58-61
12. BEOVIDES, Y; MEDERO, V; GONZÁLEZ, C.; XIKUÉS, X; ROMÁN, M.I; MILIÁN, M; GARCÍA, S; TOLEDO, H. y GUERRA, D. 2002. Caracterización morfoagronómica de clones de (*Manihot esculenta* Crantz) obtenidos por cultivo in vitro. *Biología vegetal*, 2 (2): 83-88
13. BOAMPONG, E.Y; GYAN, D y DORGBETOR, W.H.K. 2016. Morphological characterization of local and exotic cassava germplasm. *J. Ghana Sci. Association.*, 17(1):45-52.
14. CARVALHO, L.J.C.B; SCHAAL, B.A y FUKUDA, W.M.G. 2000. Morphological descriptors and Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) marker

used to assess the genetic diversity of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) landraces revealed by PCR-based markers. In: L.J.C.B Carvalho, A.M Thro y A.D Vilariños (eds.). IV International Scientific Meeting Cassava Biotechnology Network, EMBRAPA, Recursos Genéticos e Biotecnología/CBN, Brasilia, 626 p.

15. CEBALLOS, H; IGLESIAS, C.A; PÉREZ, J.C y DIXON, A.G.O. 2004. Cassava breeding: opportunities and challenges. *Plant Molecular Biology* 56: 503-516.
16. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). 1985. Cassava Program. In: Annual report for 1984. Cali, Colombia.
17. COLOMBO, C; SECOND, G. y CHARRIER, A. 2000. Diversity within American cassava germplasm based on RAPD markers. *Genetics and Molecular Biology*, 31:189-199.
18. CRISCI, JV. y LÓPEZ, MF. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaria general de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Monografía No 26. Serie Biología. Washington, D.C. 132 p.
19. DE CASTRO, G.T.C. y BARTLEY, B.G.D. 1983. Caracterizado dos recursos genéticos de cacauero. Folha, fruto e semente das selecoes do Bahía dos series SIC e SIAL. *Theobroma (B)*. Pp: 263 - 273.
20. DERSO, C. y MAHAMUD, A. 2018. Study on Morphological characters of four cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties as cultivated in Fafen District, Ethiopian Somali Regional State. *Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology* 4(1): 1-13

21. DIXON, A.G.O; NGEVE, J.M y NUKENINE, E.N. 2002. Response of cassava genotypes to four biotic constraints in three agro-ecologies of Nigeria. *Afr. Crop Sci. J.* 10(1), 11-21.
22. DOMÍNGUEZ, C; CEVALLOS, F y FUENTES, C. 1981. Morfología de la planta de Yuca. En: *Yuca: investigación, producción y utilización*. PNUD/CIAT. Cali, Colombia. Pp: 29-49
23. ELIZABETH, Y.P. 2011. Assessment of genetic diversity, combining ability, stability and farmer preference of cassava germplasm in Ghana. Ph.D., Thesis in Plant Breeding, Faculty of Natural and Agricultural Sciences at the University of the Free State. 204p.
24. EL-SHARKAWY, M.A. 2012. Stress-tolerant cassava: the role of integrative ecophysiology-breeding research in crop improvement. *Open Journal of Soil Science* 2:162-186
25. ENGELS, J.M.M. 1986. The systematic description of cacao clones and its significance for taxonomy and plant breeding. Doctoral Thesis. Wageningen, Agricultural University. 125 p.
26. ESKES, B. y LANAUD, C. 2001. Cocoa. In: *Tropical plant breeding*. Charrier, A., M. Jacquot; S. Hamon and D. Nicolas (Eds.). Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement (CIRAD), France. Science Publishers, Inc. UK. Pp: 78-105
27. FAOSTAT. 2017. Estadísticas agropecuarias mundial. FAO, Génova, Italia.
28. FRANCO, T.I. e HIDALGO, R (Eds.) 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico, n° 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia, 86p.

29. FREGENE, M.; SUAREZ, M; MKUMBIRA, J; KULEMBEKA, H; NDEDYA, E; KULAYA, A; MITCHEL, S; GULLBERG, U; ROSLING, H; DIXON, A.G.O; DEAN, R y KRESOVICH, S. 2007. Simple sequence repeat marker diversity in cassava landraces: genetic diversity and differentiation in an asexually propagated crop. *Theor. Appl. Genet.* 107, 1083-1093.
30. FUKUDA, W.M.G; GUEVARA, C.L; KAWUIKE, R y FERGUSON, M.E. 2010. Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadán, Nigeria. 19 p.
31. GANESHARAM, S; PREM JOSHUA, J y JOEL, J. 2014. Exploration, collection and characterization of cassava landraces (*Manihot esculenta* Crantz.) grown in western ghats region Kanagarasu. *Electronic Journal of Plant Breeding*, 5(2): 310-316
32. GARCÍA, L.F 2017. Recursos genéticos, genética y mejoramiento del cacao. UNAS-Tingo María.
33. GARCÍA, L.F y GUARDA, D. 2005. Caracterización botánica y evaluación agronómica de una colección varietal de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Tingo María. Artículo de investigación. CIUNAS, Tingo María, 6 p.
34. GONZÁLEZ-ANDRÉS, F. 2001. La caracterización vegetal: objetivos y enfoques. En: *Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos*. González-Andrés y Pita (Eds.), Pp: 189-198
35. HERSHEY, C.; CEBALLOS, H; FREGENE, M. y MBA, C. 2018. Cassava genetic improvement: Theory and practice. Flinton, PA, USA, 461 p.

36. HERSHEY, C; CEBALLOS, H; FREGENE, M. y MBA, C. 2010. Cassava genetic improvement: Theory and practice. CIAT, Cali, Colombia, 461p.
37. INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES. IBPGR. 1986. Genetic Resources of Cocoa Report, Rome, Italy. 25 p.
38. INGA, H. y LÓPEZ, J. 2001. Diversidad de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Jenaro Herrera, Loreto-Perú. IIAP, Iquitos, 49 p.
39. JARVIS, D.I; ARIAS, L; COB, V. *et al.* 2001. Agrobiodiversity as a natural resource for sustainable production in agroecosystems: Examples from IPGRI's Global In situ Conservation On-Farm Programme. FAO, Rome, Italy, 12 p.
40. JENNINGS, D.L. y IGLESIAS, C. 2002. Breeding for crop improvement. In: R.J. Hillocks *et al.* (eds.), Cassava: Biology, production and utilization. CABI, Wallingford, UK. Pp: 149-166.
41. KAWANO, K. 1981. Mejoramiento genético de la yuca para productividad. En: Yuca: investigación, producción y utilización. PNUD/CIAT. Cali, Colombia. Pp: 29-49
42. LENNIS, J; ALVARADO, A. y VERA, R. 1991. Clasificación morfológica de 23 cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del subtrópico húmedo boliviano. Turrialba, vol 41, N° 2. Pp: 258-265
43. LEÓN, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. 2 ed. IICA, San José, Costa Rica. 445 p.
44. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. 2017. Boletín estadístico de la producción agrícola y ganadera. SIEA, III Trimestre, Lima, 2017.

45. NADJAM, D; SARR, P.S: NAITORMBAIDE, M; MBAIGUINAM, M.M y GUI SSE, A. 2016. Agromorphological characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars from Chad. *Agri. Sci.*, 7: 479-492.
46. NAKABONGE, G; SAMUKOYA, C. y BAGUMA, Y. 2016. Collection and morphological characterization of cassava landraces in Uganda. Fifth RUFORUM Biennial Regional Conference 17 - 21 October 2016, Cape Town, South Africa No. 14 (1): 587-591
47. NASSAR, N.M.A. 2006. Cassava: Some ecological and physiological aspects related to plant breeding. An article published online with Gene Conserve. URL: www.geneconserve.pro.br.
48. NASSAR, N.M.A. y ORTIZ, R. 2008. Cassava genetic resources: manipulation for crop improvement. *Plant Breeding Reviews* 31:247–275
49. NOERWIJATI K, NASRULLAH T. y DJOKO, P. 2013. Breeding value estimation of fifteen related cassava genotypes using blup. *J. Agricult. Biol. Sci.* 8(4): 317-321
50. OCHIENG' OREK, C. 2014. Morphological, physiological and molecular characterization of drought tolerance in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Doctoral Thesis. ETH, Zurich, Swisterland. 221 p.
51. PIÑERO, D. 2008. La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. México, Pp: 437- 494.
52. PNUD/CIAT.1980. Yuca: Investigación, producción y utilización. Domínguez, C. (comp.). Programa de Yuca. CIAT, Cali, Colombia, 660 p.

53. RAO, B.B; SWAMI, D.V. 2017. Morphological and molecular characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes. M.Sc., Dissertation, Venkataramannagudem, West Godavari. s/p.
54. SEVILLA, R. y HOLLE, M. 1995. Recursos Genéticos Vegetales. Editorial UNA-La Molina, Lima, s/p.
55. SOUZA, C.C.F. 2014. *Anthurium affine*: similaridade e caracterização para uso na Floricultura. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil.
56. TEMEGNE, N.C; MOUAFOR, B.I. y NGOME, A.F. 2016. Agro-morphological characterization of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) collected in the humid forest and Guinea savannah agro-ecological zones of Cameroon. Greener Journal of Agricultural Sciences, 6(7): 209-225
57. TUMUHIMBISE. R. 2013. Breeding and evaluation of cassava for high storage root yield and early bulking in Uganda. Thesis Ph.D. University of KwaZulu-Natal. Pietermaritzburg. Republic of South Africa. 194 p.
58. VIEIRA, E.A; FIALHO, J.F; SILVA, M.S. y FALEIRO, F.G. 2007. Genetic variability of the active cassava germplasm bank of the Cerrado accessed by morphological descriptors. Bulletin of Research and Development, 129. Planaltina: EMBRAPA Cerrado. Brasil.

IX. ANEXOS



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 5. Planta, hojas, tallo y raíces del genotipo CSM-1 (Pucallpina) de la colección San Martín



Planta

Hojas

Tallo



Raíces adheridas al tallo

Forma y color de raíces

Figura 6. Planta, hojas, tallos y raíces de genotipo CSM-2 (Chaucha) de la colección San Martín



Planta

Hojas

Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 7. Planta, hojas, tallos y raíces de genotipo CSM-3 (Señorita) de la colección San Martín



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 8. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-4 (Amarilla) de la colección San Martín



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 9. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-5 (Desconocida) de la colección San Martín



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 10. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-6 (Blanca) de la colección San Martín



Hojas



Planta



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de

Figura 11. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-7 (Blanca 0) de la colección San Martín



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 12. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-8 (Comercial 1) de la colección San Martín



Hojas

Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 13. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-9 (Blanca 1) de la colección San Martín



Hojas

Tallo



Raíces adheridas al tallo

Forma y color de raíces

Figura 14. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-10 (Blanca común 1) de la colección San Martín



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 15. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-11 (Roja) de la colección San Martín



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 16. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-12 (Blanca 2) de la colección San Martín



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 17. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-13 (Blanca común 2) de la colección San Martín



Planta

Hojas

Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 18. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-14 (Blanca común 3) de la colección San Martín



Planta

Hojas

Tallo



Raíces adheridas al tallo

Forma y color de raíces

Figura 19. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CSM-15 (Comercial 2) de la colección San Martín



Planta



Hojas



Tallo



Forma y color de raíces

Figura 20. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CUC-1 (Señorita 1) de la colección Ucayali



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 21. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CUC-2 (Señorita 2) de la colección Ucayali



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 22. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CUC-3 (C-58) de la colección Ucayali



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 23. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CUC-4 (Señorita 3) de la colección Ucayali



Planta



Hojas



Tallo



Raíces adheridas al tallo



Forma y color de raíces

Figura 24. Planta, hojas, tallos y raíces del genotipo CUC-5 (Amarilla 1) de la colección Ucayali



Figura 25. Ing. M. Sc. Gianfranco Egoávil Jump, miembro del Jurado de tesis junto con el Asesor y Tesista mostrando un genotipo (variedad) de yuca

Cuadro 9. Datos de pasaporte de 20 genotipos de la colección San Martín y de la colección Ucayali

N°	CÓDIGO	VARIEDAD	CASERIO	FUNDO	PRODUCTOR
1	CSM-1	Pucallpina	Caimito	Paraíso Cacao	Raydol Rodríguez Pérez
2	CSM-2	Chaucha	Caimito	Paraíso Cacao	Raydol Rodríguez Pérez
3	CSM-3	Señorita	Caimito	Paraíso Cacao	Raydol Rodríguez Pérez
4	CSM-4	Amarilla	Caimito	Paraíso Cacao	Raydol Rodríguez Pérez
5	CSM-5	Desconocida	Tipishca	Sin nombre	Giovanna Misa González.
6	CSM-6	Blanca	Tipishca	Sin nombre	Giovanna Misa González
7	CSM-7	Blanca 0	Tipishca	Sin nombre	Giovanna Misa González.
8	CSM-8	Comercial 1	Nuevo Horizonte	La Fortaleza	Martha Ponce Luna.
9	CSM-9	Blanca 1	Nuevo Horizonte	La Fortaleza	Martha Ponce Luna.
10	CSM-10	Blanca común 1	Nuevo Horizonte	La Fortaleza	Martha Ponce Luna.
11	CSM-11	Roja	Nuevo Horizonte	La Fortaleza	Martha Ponce Luna.
12	CSM-12	Blanca 2	Pucayacu	Ronda Campesina	Samuel Mansilla Bravo
13	CSM-13	Blanca común 2	Pucayacu	Ronda Campesina	Samuel Mansilla Bravo
14	CSM-14	Blanca común 3	Pucayacu	Ronda Campesina	Samuel Mansilla Bravo
15	CSM-15	Comercial 2	Pucayacu	Ronda Campesina	Samuel Mansilla Bravo
16	CUC-1	Señorita 1	Los Pinos	Fatama	Mila Fatama Tuanama.
17	CUC-2	Señorita 2	Nuevo Amanecer	Taman	Marco Rioja Salas
18	CUC-3	C-58 (Blanca)	Nuevo Amanecer	Taman	Marco Rioja Salas
19	CUC-4	Señorita 3	23 de Octubre	Sin nombre	Abner Torres Amasifuen.
20	CUC-5	Amarilla 1	24 de Octubre	Sin nombre	Abner Torres Amasifuen.