

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**COLECCIÓN Y CARACTERIZACION MORFOLÓGICA *IN SITU* DE
CULTIVARES DE *Manihot esculenta* Crantz (YUCA) EN LA
PROVINCIA DE LEONCIO PRADO**

**Tesis
Para optar el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

DENYS DEYSI SUMARAN SALAS

ASESOR:

ING. M. SC. LUIS FERNANDO GARCÍA CARRIÓN

Tingo María – Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Nº 020-2022-FA-UNAS

BACHILLER : DENYS DEYSI SUMARAN SALAS

TÍTULO : "COLECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN MORFOLOGICA IN SITU DE CULTIVARES DE *Manihot esculenta* Crantz (YUCA) EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
VOCAL : M.Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP
VOCAL : M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
ASESOR : M.Sc. LUIS FERNANDO GARCIA CARRION

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 15 de diciembre, 2022

HORA DE SUSTENTACIÓN : 04:00 P.M.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIOVISUAL- FACULTAD DE AGRONOMÍA

CALIFICATIVO : MUY BUENO

RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES A LA TESIS : Las observaciones dadas en la sustentación.

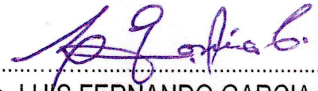
TINGO MARÍA, 15 DE DICIEMBRE DE 2022


M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
PRESIDENTE


M.Sc. GIANNFRANCO EGOAVIL JUMP
VOCAL

INASISTENCIA JUSTIFICADA

M.Sc. JORGE ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL


M.Sc. LUIS FERNANDO GARCIA CARRION
ASESOR



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 183 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

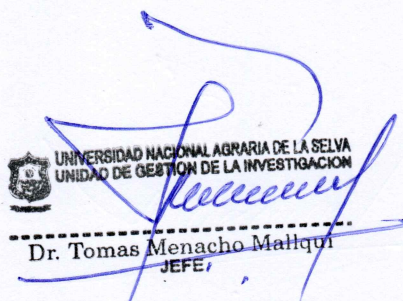
Agronomía

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional
-------	---	------------------------------------

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
COLECCIÓN Y CARACTERIZACION MORFOLÓGICA IN SITU DE CULTIVARES DE Manihot esculenta Crantz (YUCA) EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO	DENYS DEYSI SUMARAN SALAS	22 % Veintidós

Tingo María, 13 de junio de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

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



**COLECCIÓN Y CARACTERIZACION MORFOLÓGICA *IN SITU* DE
CULTIVARES DE *Manihot esculenta* Crantz (YUCA) EN LA PROVINCIA DE
LEONCIO PRADO**

Autor	: Bach. Denys Deysi Sumaran Salas
Asesor (es)	: Ing. M. Sc. Luis Fernando García Carrión
Programa de investigación	: Especies Agrícolas, Ornamentales, Floristas, Medicinales, Nutraceuticos y Afines
Línea(s) de investigación	: Caracterización morfo-fitoquímica de los Recursos Fitogenéticos, Propagación, Manejo y Conservación <i>ex-situ</i>
Eje temático	: Caracterización morfológica y agronómica de germoplasma de yuca
Lugar de ejecución	: Distritos de la provincia de Leoncio Prado
Duración	: 6 meses
Financiamiento	: S/. 2,260 soles

Tingo María – Perú, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL TITULO

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Agronomía
Título de Tesis	: Colección y caracterización morfológica <i>in situ</i> de cultivares de <i>Manihot esculenta</i> Crantz (Yuca) en la provincia de Leoncio Prado.
Autor	: Bach. Denys Deysi Sumaran Salas
Asesor (es)	: Ing. M. Sc. Luis Fernando García Carrión
Programa de investigación	: Especies agrícolas, ornamentales, floristas, medicinales, nutraceuticos y afines.
Línea(s) de investigación	: Caracterización morfo-fitoquímica de los recursos fitogenéticos, propagación, manejo y conservación <i>ex situ</i>
Eje temático de investigación	: Caracterización morfológica y agronómica de germoplasma de yuca
Lugar de ejecución	: Distritos de la provincia de Leoncio Prado.
Duración	: Seis meses
Financiamiento	: S/. 2 260 soles
FEDU	: NO
Propio	: SI
Otros	: NO

DEDICATORIA

A Dios,

Por estar siempre en mi camino,
dándome fuerzas que me permite seguir
adelante y realizarme como profesional.

A mis queridos padres: Frida Salas Vásquez y Unofrio León Sumarán Rivera,
Que con su esfuerzo y dedicación me apoyaron en mi formación académica;
así como, su constante estímulo y deseo de verme realizada profesionalmente.

A mis hermanos: Giovana, Isaac, Delcy, Erika,
Que me apoyaron con sus sabios consejos estimulándome día tras día para continuar y lograr
mis ansiadas metas.

AGRADECIMIENTOS

- A La Universidad Nacional Agraria de la Selva de Tingo María y a los docentes de la Facultad de Agronomía, por compartir sus valiosos conocimientos y experiencias durante mi formación profesional.
- A Ing. M. Sc. Luis Fernando García Carrión (Asesor), por la motivación y planificación del proyecto de tesis; así como, por su acompañamiento en el campo, orientación y pleno apoyo en la revisión del Informe final de mi tesis.
- A Jurado de tesis: Ing. M. Sc. Fausto Silva Cárdenas (Presidente), Ing. M. Sc. Jorge Adriazola Del Águila e Ing. M. Sc. Gianfranco Egoávil Jump (miembros), por su revisión y valiosas sugerencias realizadas al Proyecto e Informe final de mi tesis.
- A Ing. Edwin S. Vara Chávez, por el apoyo y colaboración en las visitas de campo y su constante aliento para ejecutar la tesis.
- A Todas aquellas personas que, de modo directo o indirecto, me incentivaron y apoyaron para el inicio, ejecución y culminación exitosa de esta tesis.

RESUMEN

Con el objetivo de caracterizar morfo-agronómicamente *in situ* cultivares de yuca colectadas en ocho sectores de la provincia de Leoncio Prado con el fin de determinar el grado de similitud fenética y la clasificación intraespecífica, se ejecutó este estudio durante el año 2019. Este germoplasma de yuca estuvo constituido por 19 cultivares (genotipos) a los cuales se caracterizaron los atributos de la planta, hojas, tallos y raíces, usando una lista de descriptores morfológicos estándar con 21 descriptores morfo-agronómicos (17 cualitativos y 4 cuantitativos). Para tal propósito se utilizaron estadísticos univariados y multivariados (análisis de agrupamientos). Los resultados obtenidos mostraron variación diferencial en la expresión fenotípica según el descriptor del órgano vegetativo estudiado; mientras que sus contrapartes cuantitativas, exhibieron mayor variabilidad reflejada en los altos coeficientes de variación. El análisis de agrupamientos mostró dos grandes agrupamientos al nivel 9,0 de distancia euclidiana; mientras que, a 7,0 de distancia euclidiana mostró cinco agrupamientos: A (AL2 y ML1), B (SL3, ML3, BA1 y SU1), C (AL1 y SR1), D (SU4, ML2 y RO1) y E (ML2 y RO1), y seis unidades independientes (AL3, SL1, SA1, SU2, SL2 y SL4), con un coeficiente de correlación cofenética (C.C.C = 0,82), exhibiendo este germoplasma una amplia diversidad genética muy útil para los programas de mejoramiento genético. Estudios futuros de caracterización agromorfológica de esta colección de yuca deberán usar descriptores morfológicos con alto grado de discriminación taxonómica y alto número de descriptores agronómicos; así como, el uso de marcadores moleculares Microsatélites o polimorfismos de nucleótidos únicos (SNPs).

Palabras claves: Análisis de agrupamientos, colección, cultivares, descriptores morfológicos, yuca.

ABSTRACT

With the objective of morpho-agronomically characterizing *in situ* cassava cultivars collected in eight sectors of the province of Leoncio Prado to determine the degree of phenetic similarity and infraspecific classification, this study was carried during the year 2019. This germplasm of cassava was constituted by 19 cultivars (genotypes) to which the attributes of the plant, leaves, stems and roots were characterized, using a list of standard morphological descriptors with 21 morpho-agronomic descriptors (17 qualitative and 4 quantitative). For this purpose, univariate, and multivariate statistics (cluster analysis) were used. The results obtained showed differential phenotypic variation according to descriptor of vegetative organ; while their quantitative counterparts exhibited greater variability reflected in the high coefficients of variation. The dendrogram generated by cluster analysis at the 9,0 Euclidean distance level showed two large clusters; while, at the distance level of 7,6 it showed five groupings: A (AL2 and ML1), B (SL3, ML3, BA1 and SU1), C (AL1 and SR1), D (SU4, ML2 and RO1) and E (ML2 and RO1), and six independent units (AL3, SL1, SA1, SU2, SL2 and SL4), with a cophenetic correlation coefficient ($CCC = 0,82$), exhibiting this germplasm a wide genetic diversity for use it in programs of genetic improvement. Future studies of morphological characterization and agronomic evaluation of this cassava collection should use morphological descriptors with a high degree of taxonomic discrimination and a greater number of agronomic descriptors; as well as the use of molecular markers as microsatellites or single nucleotide polymorphisms (SNPs).

Keywords: Cassava, cluster analysis, collection, cultivars, morphological descriptors.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Antecedentes de la yuca	2
2.1.1 Origen y diversidad genética	2
2.1.2 Sistemática	2
2.1.3 Descripción botánica	4
2.2 Recursos genéticos de la yuca	6
2.3 Caracterización morfo-agronómica de la yuca.....	7
2.3.1 Descriptores morfológicos.....	7
2.4 Ensayos de caracterización morfo-agronómica de la yuca.....	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
3.1 Lugares de colecta de yuca	9
3.1.1 Ubicación.....	9
3.1.2 Colecta del material genético	9
3.2 Registros meteorológicos	10
3.3 Material genético	11
3.4 Componentes en estudio	11
3.5 Tratamientos en estudio.....	11
3.6 Selección de caracteres morfo-agronómicos de la yuca.....	11
3.6.1 Datos de pasaporte o de identificación	12
3.6.2 Descriptores morfo-agronómicos	12
3.7 Determinación de los caracteres morfo-agronómicos	12
3.8 Análisis estadístico	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	15

4.1	Caracterización morfo-agronómica de 19 cultivares de yuca.....	15
4.1.1	Caracteres morfológicos cualitativos	15
4.1.2	Caracteres agronómicos cuantitativos	20
V.	CONCLUSIONES	28
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	29
VII.	REFERENCIAS	30
	ANEXOS	35

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Identificación y georreferenciación de 19 cultivares de yuca colectados en la provincia de Leoncio Prado	4
2. Descriptores morfo-agronómicos usados para caracterizar cultivares de yuca	13
3. Matriz básica de datos con 21 caracteres morfológicos (cualitativos y cuantitativos) de 19 cultivares de yuca colectados en Leoncio Prado	15
4. Caracterización morfológica cualitativa y moda de 19 cultivares de yuca colectados en Leoncio Prado	16
5. Estadísticos de tendencia central y dispersión de cuatro caracteres cuantitativos de 19 cultivares de yuca colectados en Leoncio Prado	21
6. Agrupamientos según el nivel de disimilitud fenética y frecuencia de 19 cultivares de yuca colectados en Leoncio Prado	24
7. Datos de identificación de 19 cultivares de yuca, coordenadas UTM, productores y sectores de la provincia de Leoncio Prado	36
8. Fisiografía de los lugares de colecta y resultados del análisis físico (textura) y químico (pH) del suelo	37

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Mapa de la ubicación geográfica de 19 cultivares de yuca colectados en ocho sectores de la provincia de Leoncio Prado	10
2. Histograma de frecuencias de cuatro caracteres cuantitativos de 19 cultivares de yuca colectados en Leoncio Prado	22
3. Dendrograma de similitud de 19 cultivares de yuca según la distancia Euclidiana y el método de encadenamiento del Ligamiento promedio	25
4. Muestras de suelos para: (a) análisis físico (textura) y (b) químico (pH)	38
5. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SU1(CLP-1)	39
6. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SU2(CLP-2)	40
7. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SU3(CLP-3)	41
8. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SU4(CLP-4).....	42
9. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SL1(CLP-5)	43
10. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SL2(CLP-6)	44
11. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SL3(CLP-7)	45
12. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca AL1(CLP-8)	46
13. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca AL2(CLP-9)	47

14. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca AL3(CLP-10)	47
15. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca ML1(CLP-11).....	49
16. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca ML2(CLP-12).....	50
17. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca ML3(CLP-13)	52
18. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca RO1(CLP-14)	52
19. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca RO2(CLP-15)	53
20. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar yuca SL4(CLP-16)	54
21. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SR1(CLP-17)	55
22. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca BA1(CLP-18)	56
23. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SA1(CLP-19)	57
24. Visita del M. Sc. Giannfranco Egoávil J., miembro del Jurado con el M.Sc. Luis García C. (Asesor), la Bach. Deysi Sumarán S., y un productor de yuca	58

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, el número de personas afectadas por el hambre siguió aumentando debido a la pandemia COVID-19 estimándose entre 720 y 811 millones de personas al 2020. En África, aproximadamente una de cada cinco personas (21 por ciento) de la población lo padeció; más del doble en América Latina y el Caribe (9,1 por ciento) y Asia (9,0 por ciento) (FAO, et al., 2021). A esto se sumaron los problemas de desnutrición y anemia infantil.

La yuca *Manihot esculenta* Crantz, es una planta alimenticia que se cultiva en la selva y costa del Perú. Por su alto contenido de carbohidratos en las raíces y proteínas en las hojas, es un alimento energético muy utilizado en la alimentación humana, animal y la industria de alcoholes y gomas (Denevan y Treacy, 1990). El consumo de las raíces de yuca en las zonas rurales y marginales junto con el plátano y otros cultivos contribuye a satisfacer las necesidades calóricas de la población.

En la provincia de Leoncio Prado, si bien el cultivo de yuca se maneja a pequeña escala para consumo local, su productividad es variable pudiendo fluctuar de 12 000 a 18 000 kg ha⁻¹, según el nivel tecnológico y el uso de cultivares con diferente potencial productivo, durabilidad del producto cosechado y calidad culinaria.

Actualmente, desconocemos de la existencia de cultivares muy productivos, de buena calidad culinaria y con mayor conservación de sus raíces; sin embargo, décadas atrás, los investigadores de la Estación de Tulumayo validaron y diseminaron cultivares de yuca procedentes del CIAT-Colombia para la zona del Alto Huallaga. No obstante, el poco conocimiento de los caracteres morfológicos y productivos dificultó su identificación y selección. Por tal razón, resulta pertinente conocer y diferenciar sus atributos morfo-agronómicos para identificarlos y recomendarlos a escala comercial.

Cuando se visitan las fincas de pequeños productores yuqueros de Leoncio Prado, casi siempre se constata la existencia de germoplasma diverso en latente riesgo de erosión genética

cuando se sustituye los cultivares de yuca tradicionales por otro más productivo y no necesariamente de mejor calidad que son destinados a los mercados de consumo de Huánuco, Huancayo y Lima.

La necesidad de coleccionar, caracterizar y conservar cultivares locales poco conocidos fue la motivación para ejecutar este estudio planteando la siguiente hipótesis: “los cultivares de yuca coleccionados *in situ* en los diferentes agroecosistemas de la provincia de Leoncio Prado, se diferencian en sus atributos morfo-agronómicos por causa de su origen genético y/o procedencia geográfica”.

Por tanto, es pertinente y urgente realizar exploraciones para coleccionar y caracterizar cultivares de yuca, con fines de identificación y propagación; así como, conservar este valioso germoplasma para uso actual y/o futuro en los programas de mejoramiento genético.

Objetivo general

Colectar y caracterizar *in situ* cultivares de yuca de diferentes agroecosistemas de la provincia de Leoncio Prado y su clasificación a nivel intraespecífico.

Objetivos específicos

1. Explorar y coleccionar *in situ*, cultivares de yuca en diferentes agro-ecosistemas de los productores de la provincia de Leoncio Prado.
2. Caracterizar morfo-agronómicamente cultivares de yuca coleccionados utilizando descriptores morfológicos estándar.
3. Clasificar a nivel intraespecífico los cultivares de yuca coleccionados a través del análisis de agrupamientos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes de la yuca

2.1.1 Origen y diversidad genética

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es una especie originaria de América del Sur y que fue domesticada hace 4 000 A.C. (Allem, 2002; citado en Tumuhimbise, 2013). Se reporta que esta especie se originó al nor-este de Brasil, habiendo tres sub-especies: *M. esculenta*, *M. flabellifolia* y *M. peruviana*, siendo estas dos últimas, formas silvestres de *M. esculenta ssp. esculenta* (Allem, 1999, citado en OECD, 2016)

Egregios investigadores coinciden en precisar que el centro de origen genético de *Manihot esculenta* Crantz se ubica en la cuenca Amazónica, existiendo 98 especies descritas del género *Manihot*; de los cuales, pero que solo la yuca cultivada es de importancia económica. Por causa de su alogamia, su estructura genética es altamente heterocigótica siendo ésta la principal razón para propagarla asexualmente por estacas y nó por semilla sexual (Ceballos y De la Cruz, 2002).

Se postulan cuatro centros de diversidad de la yuca, tres en la región central y nor-oriental de Brasil y uno en México. Las investigaciones sobre la diversidad intra-específica de las especies silvestres mediante marcadores moleculares son recientes, mientras que hay muchos reportes con marcadores morfológicos (Nassar, 2008; Hershey et al., 2010). Los países que ostentan una alta diversidad de especies de *Manihot* son: la región central, norte y oeste de Mato Grosso (Brasil) y la región sur de México y norte de Bolivia (Bonierbale et al., 1997; Suárez y Mederos, 2011).

2.1.2 Sistemática

Arístizabal y Sánchez (2007), clasifican a la yuca según los siguientes taxones:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta

Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Euphorbiales
Familia	: Euphorbiaceae
Sub-familia	: Crotonoideae
Tribu	: Manihoteae
Género	: Manihot
Especie	: <i>Manihot esculenta</i> Crantz.

2.1.3 Descripción botánica

Las raíces son fibrosas; algunas son usadas en su crecimiento a través de la absorción de nutrientes y otras se engrosan almacenando el almidón. Este tipo de raíces tuberosas son aprovechadas comercialmente pudiendo alcanzar pesos de 0,5 a 8 kg cada una, siendo de diferente forma, color de pulpa, entre otros (Domínguez et al., 1981).

Cuando esta planta procede de semilla sexual, ésta desarrolla una raíz primaria (pivotante) y varias secundarias. La raíz pivotante generalmente se convierte en una raíz tuberosa; en cambio, si la planta procede de estacas, las raíces adventicias se forman en la base de la estaca o también de sus yemas que están debajo del suelo. Al inicio, estas raíces forman un sistema fibroso y después algunas de ellas (menos de 10), empiezan a engrosar convirtiéndose en raíces tuberosas (Domínguez et al., 1981; Ceballos y De la Cruz, 2002).

Los tallos están formados por la alternancia de nudos y entrenudos. En las zonas más viejas se pueden observar protuberancias que indican la posición de las hojas en los nudos. La longitud de entrenudos en el tallo principal es variable y depende, además del cultivar, de la edad de la planta, el estrés por sequía, entre otros. La yuca es una planta con ramificación simpodial cuyo tallo (s) principal se ramifica de forma dicotómica, tricotómica y/o tetracotómica originando ramas secundarias. Los tallos pueden ser de posición erecta, decumbente y acostado. (Domínguez et al., 1981; Ceballos y De la Cruz, 2002).

Las hojas son formadas en los meristemas axilares ubicados en los nudos del tallo y dispuestos a manera de espiral (filotaxia 2/5). Las hojas son simples y están formadas por la lámina foliar y peciolo. La lámina foliar es de forma palmeada y lobulada, siendo impar el número de lóbulos oscilando de 3 a 9, según la variedad. El color de las nervaduras y el color

del peciolo es variable y puede ir desde verde (ausencia de pigmentación) hasta morado (pigmentación intensa). En cuanto la forma, puede ser lineal o recto, obovado, pandurada, etc. Los peciolos pueden ser de color rojo, rojo verdoso, verde rojizo y verde (Domínguez et al., 1981; Ceballos y De la Cruz, 2002).

La yuca es una especie monoica porque posee flores unisexuales (masculinas y femeninas) en la inflorescencia de cada rama. Cada inflorescencia tiene 50 a 60 flores monoclamídeas, siendo las flores femeninas escasas y grandes que están ubicadas en la base de la inflorescencia; mientras que las flores masculinas son más pequeñas y abundantes. Las flores unisexuales son incompletas pues no tienen cáliz ni corola, sino cinco tépalos de color amarillo, rojizo o morado. El ovario es súpero y trilocular, teniendo cada lóculo un óvulo péndulo y anátropo, y un micrópilo orientado hacia arriba (Domínguez et al., 1981; Ceballos y De la Cruz, 2002).

El fruto es una cápsula tricarpelar que a la madurez se abren por seis valvas. Un corte transversal del fruto permite distinguir el epicarpio, mesocarpio y endocarpio. El pericarpio del fruto cuando está maduro y seco se abre liberando y dispersando las semillas (Ceballos y De la Cruz, 2002).

La semilla es de forma ovada o elipsoide, con una longitud de 10 mm aprox., con 6 mm de ancho y 4 mm de espesor; siendo la textura de la testa lisa, de color café y con moteado gris. Al interior y al centro de la semilla se encuentra el endospermo, que está formado por células parenquimatosas poliédricas cuya función es proteger y nutrir al embrión (Domínguez et al., 1981; Pérez, 1987; Ceballos y De la Cruz, 2002).

Esta especie posee una gran diversidad genética por causa de su polinización cruzada, alta heterocigosidad y súbita dehiscencia del fruto que permite un muy alto número de nuevos genotipos (Hershey et al., 2010). Para que un programa de mejoramiento genético sea exitoso, depende de varios factores, siendo fundamental el conocimiento, acceso y uso de los recursos genéticos de la especie cultivada.

2.2 Recursos genéticos de la yuca

Los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura son fundamentales en el mejoramiento genético de los cultivos mediante el uso de la selección e hibridación convencional, y las herramientas modernas de la biotecnología vegetal. Su gran valor depende del uso sostenible de las colecciones en la producción de nuevas variedades, domesticar nuevas especies silvestres, desarrollar innovadores productos que beneficien las actividades productivas generando mayor rentabilidad (Debouck et al., 2008).

El CIAT conserva la más grande colección de yuca donde el 96 por ciento está constituida por accesiones procedentes de América Latina, región considerada como el centro principal de diversidad genética. Además, se estima que el 87 por cientos de los cultivares de la colección son variedades primitivas y el resto variedades avanzadas, híbridos y recursos genéticos de reserva (Debouck y Guevara, 1995).

Todas las colecciones de germoplasma deben suministrar a los fitomejoradores razas locales, y nuevos genotipos que les permita encarar los nuevos desafíos de los sistemas productivos, siendo imprescindible caracterizar los atributos morfo-agronómicos del germoplasma conservado (González-Andrés y Pita, 2001). Las áreas de exploración con fines de colecta deben ser de alta prioridad y tener alto riesgo de erosión genética, de tal modo que su conservación, mantenga un alto grado de diversidad genética.

Cuando se quiere establecer y manejar una plataforma de diversidad genética, el fitomejorador necesita: (i) un sistema de introducción de los recursos genéticos o su generación, (ii) un sistema de conservación del germoplasma y (iii) un sistema de gestión y manejo de la documentación (Hershey et al., 2010).

La insuficiencia de datos de caracterización agro-morfológica; así como, la necesidad de que las colecciones de germoplasma reúnan suficientes y consistentes datos en la documentación, casi siempre se ha demandado (Frankel & Brown, 1984, citado en Abadie y Berreta, 2001). La caracterización morfológica y la evaluación agronómica de la yuca representa un invalorable activo en las estrategias de mejoramiento genético (Tize et al., 2021). Los descriptores morfológicos han sido usados ampliamente en la identificación de especies, familias y géneros de plantas.

En cualquier programa nacional de yuca, las variedades tradicionales o razas locales son el núcleo de las colecciones de germoplasma. Es una práctica muy común de los agricultores seleccionar clones de yuca de modo permanente para adaptarlos a las condiciones del suelo, tolerancia a los estrés climáticos y agresores biológicos, y con caracteres de calidad organoléptica exigidas por los mercados locales (Hershey et al., 2010).

2.3 Caracterización morfo-agronómica de la yuca

La caracterización consiste en describir la variación existente en una colección de germoplasma, en base a caracteres morfológicos de alta heredabilidad y cuya expresión no es influenciada por el ambiente (van Hinthum, 1995, citado en Abadie y Berreta, 2001); así como, de evaluar y mejorar genéticamente los cultivos (Hershey et al., 2010).

Los descriptores morfológicos pueden ser agrupados en: (i) botánicos-taxonómicos, (ii) morfo-agronómicos, y (iii) evaluativos (Franco e Hidalgo, 2003). La caracterización morfológica como actividad procedimental implica recopilar los caracteres de una variedad local o nativa, usando una lista de descriptores morfológicos (Lobo, 2004).

La caracterización morfológica permite diferenciar botánicamente las accesiones de una especie; mientras que la evaluación posibilita describir la variación existente en una colección respecto a los atributos de importancia agronómica como la productividad o rendimiento, con alta influencia ambiental; (González-Andrés y Pita, 2001). La evaluación se hace en diferentes años y/o localidades, siendo variables los resultados según el ambiente y/o año, aparte de la interacción variedad x ambiente (Abadie y Berretta, 2001).

La interacción variedad x ambiente es relevante en la performance de la yuca en la que ciertos caracteres como la arquitectura de una variedad ubicado en un ambiente específico, cambia drásticamente cuando la misma variedad se siembra en otra localidad que dificulta su descripción morfológica (Ceballos y De la Cruz, 2002).

2.3.1 Descriptores morfológicos

Los descriptores morfológicos son términos que describen o califican los atributos morfológicos de un cultivar nativo o introducido mediante el uso de un valor

numérico, código o adjetivo calificativo (Lobo, 2004). A través de los descriptores morfológicos se evalúan caracteres cualitativos de alta heredabilidad y fácil diferenciación sensorial permitiendo, por un lado, diferenciar las variedades de yuca dentro y entre regiones y, por otro lado, verificar su identidad genética evitando los duplicados.

Para la elaboración de una lista de descriptores morfológicos se debe considerar dos tipos de caracteres: (i) descriptores que distinguen y caracterizan los recursos fitogenéticos, y (ii) descriptores que evalúan atributos de importancia agronómica como arquitectura de la planta, clase de raíz, peso fresco de raíces, contenido de ácido cianhídrico (HCN), entre otros (CATIE, 1981).

Los descriptores morfológicos que mejor reflejan la variación fenotípica de la yuca son: (i) color de hoja apical no extendida, (ii) forma del lóbulo central de la hoja, (iii) textura de la superficie de la raíz, (iv) color externo de la raíz, (v) forma de la raíz, (vi) color de pulpa de la raíz, (vii) color de la corteza de la raíz, (viii) color de la corteza del tallo, entre otros (Lobo, 2004).

2.4 Ensayos de caracterización morfo-agronómica de la yuca

En Tingo María, al caracterizar morfo-agronómicamente 21 variedades de yuca de distinta procedencia geográfica, se concluye que en su mayoría tuvieron fenotipos semejantes; excepto en los caracteres: número de raíces y peso fresco de raíces, que exhibieron una amplia diferencia en sus periodos vegetativos y conformación genética, recomendándose la siembra de las variedades (clones): C-16, C-9, C-10 y C-20 por sus altos rendimientos (García y Guarda, 2005).

Otro estudio de caracterización morfo-agronómica *in situ* de germoplasma de yuca procedente de Ucayali y San Martín, reportó mayor diversidad genética en la colección San Martín, sugiriéndose que para la diferenciación de las variedades de yuca, serían útiles los caracteres cualitativos: color de hoja apical, color del peciolo y color externo del tallo, y los caracteres cuantitativos: ángulo de inserción del peciolo, ángulo de las ramas y peso fresco de las raíces (Vara y García, 2021)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugares de colecta de yuca

3.1.1 Ubicación

La colecta de los 19 cultivares (genotipos) de yuca se realizó en ocho localidades: Supte, Santa Lucía, La Alborada, La Merced de Locro, Rondos, Santa Rosa de Quezada, Buenos Aires y Naranjillo de la provincia de Leoncio Prado, cuya identificación varietal y coordenadas de ubicación geográfica (UTM), se presentan en la tabla 1 y figura 1.

Tabla 1. Identificación y georreferenciación de 19 cultivares de yuca colectados en la provincia de Leoncio Prado.

Nº	CODIGO	CULTIVAR	COORDENADAS UTM	LUGAR DE COLECTA
1	SU - 1	Shilpe verde	N: 394269; E: 8972929	Supte
2	SU - 2	Shilpe morado	N: 394282; E: 8972913	Supte
3	SU - 3	No identificada	N: 394301; E: 8972915	Supte
4	SU - 4	Blanca	N: 394373; E: 8972974	Supte
5	SL - 1	Blanca 0	N: 387834; E: 8990162	Santa Lucia
6	SL - 2	Pardo	N: 387891; E: 8990125	Santa Lucia
7	SL - 3	Roja	N: 387921; E: 8990136	Santa Lucia
8	AL - 1	Chaucha blanca	N: 389155; E: 8977221	Castillo Grande
9	AL - 2	Chaucha roja	N: 389181; E: 8977259	Castillo Grande
10	AL - 3	Amarilla	N: 389222; E: 8977301	Castillo Grande
11	ML - 1	Hueso rojo	N: 382033; E: 8987794	Castillo Grande
12	ML - 2	Cascara rosada	N: 381996; E: 8987778	Castillo Grande
13	ML - 3	No identificada	N: 381964; E: 8987759	Castillo Grande
14	RO - 1	Señorita	N: 380936; E: 8971750	Rondos
15	RO - 2	Shilpe	N: 380868; E: 8971668	Rondos
16	SL - 4	Camerún blanco	N: 388262; E: 8989095	Santa Lucía
17	SR - 1	Shansha	N: 394044; E: 8961796	Santa Rosa de Quezada
18	BA - 1	Blanca 1	N: 397538; E: 8959332	Buenos Aires
19	SA - 1	Chaucha	N: 391202; E: 8978423	Naranjillo

3.1.2 Colecta del material genético

Antes de iniciar la labor de caracterización y colecta de los cultivares (genotipos) de yuca, se visitaba días antes las parcelas de los productores de yuca para

coordinar, informarles de la naturaleza del estudio y obtener su consentimiento de la labor a efectuar. Ya en dicha parcela se recopilaba los datos de identificación (o pasaporte) y se realizaba la exploración para conocer su fisiografía y extraer muestras de suelo para caracterizar la textura y determinar su pH.

En la Figura 1, se muestra el mapa de localización geográfica en coordenadas UTM de 19 cultivares (genotipos) de yuca colectados en ocho localidades de la provincia de Leoncio Prado.

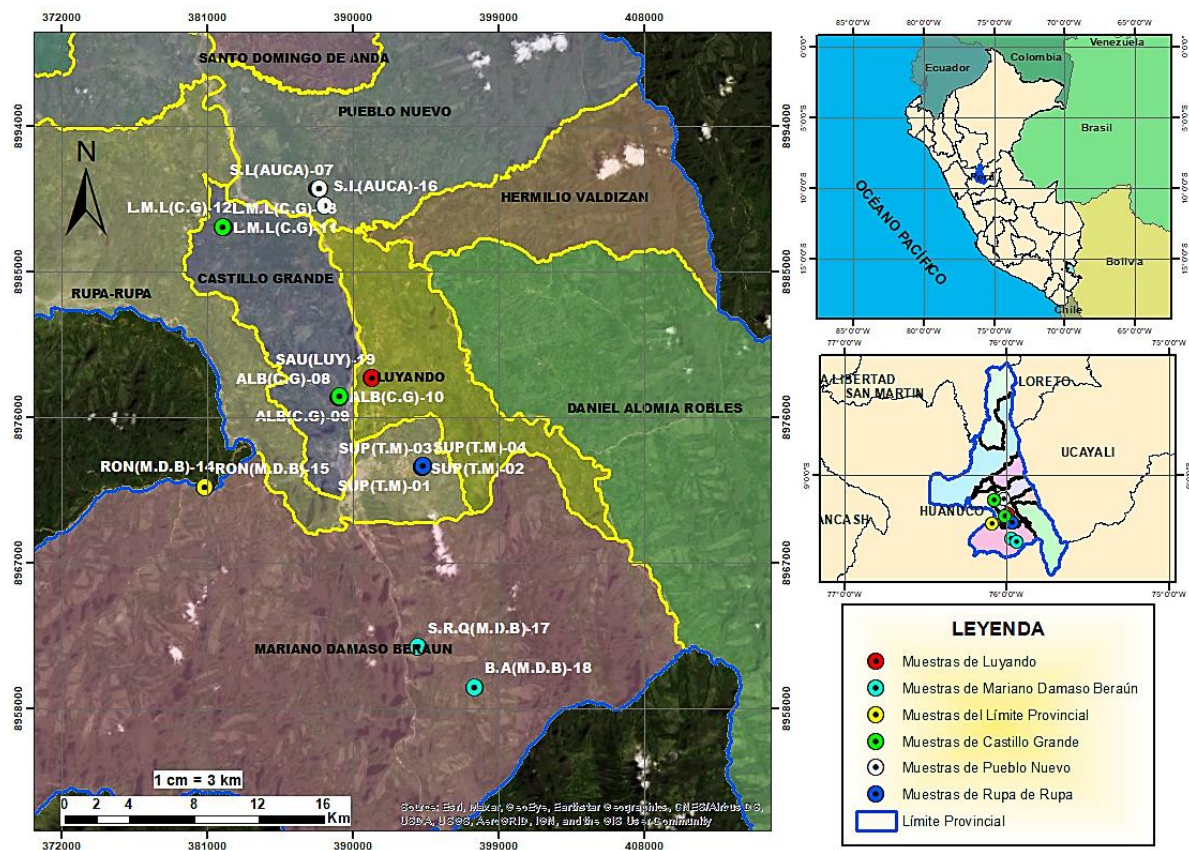


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de 19 cultivares de yuca colectados en ocho localidades de la provincia de Leoncio Prado.

3.2 Registros meteorológicos

Los datos meteorológicos de los sectores donde se colectaron las plantas de yuca no se presentan por la inexistencia de sendas estaciones meteorológicas *in situ* donde el germoplasma fue colectado. Es más, cualquiera aseveración o fundamentación de algún posible efecto ambiental, bien sea del suelo o del clima, no sería realista sino más bien una suposición carente de fundamento científico.

3.3 Material genético

El material genético colectado (19) cultivares (genotipos) de yuca; cuatro proceden del sector Supte (SU), cuatro de Santa Lucia (SL), tres de La Alborada (AL), tres de La Merced de Locro (ML), dos de Rondos (RO), uno de Santa Rosa de Quezada (SR), uno de Buenos Aires (BA) y uno de Naranjillo (SA). Todas las plantas colectadas se identificaron con códigos alfanuméricos y se documentaron en una hoja Excel.

3.4 Componentes en estudio

Comprende solo un (01) componente: Varietal (V), donde se incluyen los 19 cultivares de yuca que se detallan en el ítem 3.5 referido a los tratamientos en estudio.

3.5 Tratamientos en estudio

Lo constituyen los 19 cultivares de yuca, que son los siguientes:

SU - 1 = Shilpe verde	AL - 1 = Chaucha blanca	RO - 2 = Shilpe
SU - 2 = Shilpe morado	AL - 2 = Chaucha roja	SL - 4 = Camerún blanco
SU - 3 = No identificada	AL - 3 = Amarilla	SR - 1 = Shansha
SU - 4 = Blanca	ML - 1 = Hueso rojo	BA - 1 = Blanca 1
SL - 1 = Blanca 0	ML - 2 = Cáscara rosada	SA - 1 = Chaucha
SL - 2 = Pardo	ML - 3 = No identificada	
SL - 3 = Roja	RO - 1 = Señorita	

3.6 Selección de caracteres morfo-agronómicos de la yuca

Los caracteres morfo-agronómicos fueron seleccionados teniendo como fuente la lista de descriptores morfológicos estándar para yuca, propuesta por Fukuda et al. (2010). Esta herramienta objetiva sirvió para el correcto registro de los estados de cada descriptor una vez que se llenaron los datos de pasaporte o de identificación.

3.6.1 Datos de pasaporte o de identificación

Los datos de pasaporte o de identificación, además de identificar una muestra, disminuye el riesgo de recolectar o introducir muestras duplicadas, o en todo caso de recuperar una accesión perdida de una colección.

Los datos de pasaporte registrados se muestran a continuación:

1. País de colección, caracterización y evaluación preliminar.
2. Institución colectora.
3. Nombre de la persona (s) a cargo de la caracterización morfológica.
4. Ubicación de la parcela de yuca (con coordenadas UTM).
5. Sector del lugar de colecta.
6. Distrito.
7. Nombre del agricultor (a).

3.6.2 Descriptores morfo-agronómicos

Para la caracterización morfo-agronómica se seleccionaron y registraron datos de 21 descriptores (17 cualitativos y 4 cuantitativos) que incluyeron atributos vegetativos de la planta, hojas, tallos y raíces, según Fukuda et al. (2010), y que se muestra en la tabla 2.

3.7 Determinación de los caracteres morfo-agronómicos

Para determinar de modo objetivo y registrar los atributos morfológicos cualitativos de la planta y de los órganos vegetativos (hojas, tallos y raíces); así como, el matiz del color, se hacía observando y comparando las muestra con las figuras y el matiz del color que se encontraba en la lista de descriptores morfológicos de yuca; mientras que para los caracteres cuantitativos, se utilizó un transportador para medir los ángulos de inserción del peciolo y ramificación de las ramas; mientras que para la determinación del peso fresco de las raíces, se utilizó una romana digital con una precisión de una décima de kg.

Tabla 2. Descriptores morfo-agronómicos usados para caracterizar 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; 2=elíptica-lanceolada; 3=obovada-lanceolada; 4=oblongo-lanceolada 5=lanceolada; 6=recta; 7=pandurada; 8=lineal-piramidal; 9=lineal-hostatilobada
	Color del peciolo	COP	1=verde-amarillento; 2=verde; 3=verde-rojizo; 5=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; 7= verde-rojizo en más de la mitad del lóbulo; 9= completamente rojizo
	Orientación del peciolo	ORP	1= inclinado hacia arriba; 3= horizontal; 5= inclinado hacia abajo; 7= irregular
TALLOS	Hábito de ramificación	HRA	1= erecto; 2= dicotómico; 3= tricotómico; 4= tetracotómico
	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; 3= intermedia; 5= fuerte
RAICES	Color externo de la raíz reservante	CER	1= blanco o crema; 2= amarillo; 3= pardo claro; 4= pardo oscuro
	Color de la pulpa (parénquima) de la raíz reservante	CPR	1= blanco; 2= crema; 3= amarillo; 4= anaranjado; 5= rosado
	Extensión del pedúnculo de la raíz reservante	EPR	0= ausentes (sésil); 3= pedunculada; 5= mixta
	Forma de la raíz reservante	FOR	1= cónica; 2= cilindro-cónica; 3= cilíndrica; 4= irregular (fusiforme)
	Color de la corteza de la raíz reservante	CCR	1= blanco o crema; 2= amarillo; 3= rosado; 4= morado
	Constricciones de la raíz reservante	COR	1= pocas o ninguna (< 3); 2= algunas (4-6); 3= muchas (> 6)
	Textura de la epidermis de la raíz reservante	TER	3= lisa; 5= intermedia; 7= rugosa
	Peso fresco de las raíces reservantes (kg)	PFR	

Fuente: Fukuda et al. (2010)

De forma gradual, las estacas de cada cultivar de yuca colectado y caracterizado morfo-agronómicamente *in situ*, eran trasladadas y sembradas en el campo de multiplicación clonal ubicado detrás del módulo de la Facultad de Agronomía donde fueron desinfectadas con Benomil al 2 por mil y luego se sembraban a un distanciamiento 1m x 1m, estimándose cosechar entre mayo a julio, 2020, y después ser trasladadas y sembradas en la ex Estación de Tulumayo donde se tenía previsto instalar el futuro Banco de germoplasma de yuca de la UNAS, con fines de conservación y mejoramiento genético.

3.8 Análisis estadístico

Los datos numéricos de campo (estados del descriptor) tanto de atributos cualitativos como cuantitativos de órganos vegetativos de cada cultivar codificados alfanuméricamente, se organizaban en una hoja Excel, y antes del procesamiento estadístico, se elaboró una matriz básica de datos (M.B.D) que fue estandarizada antes de ser sometida al análisis de agrupamientos. Esta técnica multivariada se emplea para determinar las relaciones de disimilitud / similitud, fenética entre cultivares vegetales. Para tal efecto, se eligió la distancia Euclidiana como medida de disimilitud y el método del ligamiento promedio como método de encadenamiento para vincular los cultivares (genotipos) basados en su distancia fenética, según la metodología sugerida por Franco e Hidalgo (2003).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Caracterización morfo-agronómica de 19 cultivos de yuca

Con este propósito se elaboró una matriz básica de datos (M.B.D) con 21 descriptores morfo-agronómicos de 19 cultivos de yuca tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Matriz básica de datos con 21 caracteres morfológicos (cualitativos y cuantitativos) de 19 cultivos de yuca colectados en Leoncio Prado.

CULTIVAR	PLANTA	HOJAS							TALLOS					RAICES							
	FOP	CHA	FLC	COP	PUH	NUL	CON	ORP	HRA	CET	NNR	ANR	PRC	CER	COR	EPR	FOR	CPR	CCR	TER	PFR
SU1	3	9	6	7	0	6	9	7	3	7	5	3	1	3	1	3	2	2	1	5	2
SU2	4	5	6	7	0	9	3	5	4	9	5	3	3	3	2	3	4	2	1	7	2
SU3	1	5	4	1	0	3	3	7	2	6	7	3	3	3	1	5	2	2	1	7	5
SU4	1	7	2	1	1	3	3	3	4	7	4	2	3	1	2	3	2	2	1	3	4
SL1	2	5	2	7	0	3	3	1	3	7	5	3	3	4	1	3	3	1	4	7	6
SL2	3	5	2	1	0	3	3	7	3	6	4	3	3	1	1	0	1	1	1	5	1
SL3	1	7	2	9	1	3	7	7	3	9	3	2	3	4	1	0	2	2	1	5	4
AL1	3	5	5	7	0	5	7	3	3	7	4	3	3	4	1	0	2	1	1	7	4
AL2	2	9	2	9	0	5	3	7	3	6	3	4	3	4	1	3	3	2	1	7	3
AL3	5	3	2	1	1	7	3	3	1	7	0	0	5	4	1	3	1	3	3	5	8
ML1	3	9	4	9	0	3	3	3	2	6	4	5	3	3	2	5	2	2	1	5	5
ML2	3	7	2	2	0	3	3	3	2	8	5	3	3	3	1	5	3	2	4	7	3
ML3	3	7	2	7	0	3	7	3	4	8	4	2	3	3	1	3	3	2	1	5	3
RO1	1	7	2	1	0	3	3	3	3	8	5	6	3	3	1	3	3	2	4	7	5
RO2	1	7	6	3	0	3	5	3	3	8	5	4	1	3	1	5	2	2	1	5	7
SL4	3	7	6	1	1	5	3	3	2	5	5	6	1	3	1	0	2	2	1	5	2
SR1	3	9	6	5	0	5	7	3	3	8	4	5	5	3	1	0	2	2	1	5	4
BA1	3	7	2	7	1	7	7	5	3	7	5	2	3	3	1	3	2	2	1	3	2
SA1	3	7	4	9	1	7	7	7	3	8	3	2	3	4	1	3	1	2	1	7	7

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; ORP= orientación del peciolo; HRA= hábito de ramificación; COT= color del tallo; NNR= número de niveles de ramificación; ANR=ángulo de las ramas; PRC= prominencia de las cicatrices; CER= color externo de la raíz; COR= constricción de la raíz reservante; EPR= extensión del pedúnculo radicular; FOR= forma de la raíz reservante ; CPR= color de pulpa de la raíz; CCR= color corteza de la raíz; TER= textura de la raíz reservante; PFR= peso fresco de raíces.

4.1.1 Caracteres morfológicos cualitativos

En la tabla 4, se presentan los resultados de 17 caracteres cualitativos de 19 cultivos de yuca colectados en Leoncio Prado.

Tabla 4. Caracterización morfológica cualitativa y moda de 19 cultivares de yuca colectados en Leoncio Prado.

CULTIVAR	PLANTA	HOJAS						TALLOS			RAICES						
	FOP	CHA	FLC	COP	PUH	CON	ORP	HRA	CET	PRC	CER	COR	EPR	FOR	CPR	CCR	TER
SU1	3	9	6	7	0	9	7	3	7	1	3	1	3	2	2	1	5
SU2	4	5	6	7	0	3	5	4	9	3	3	2	3	4	2	1	7
SU3	1	5	4	1	0	3	7	2	6	3	3	1	5	2	2	1	7
SU4	1	7	2	1	1	3	3	4	7	3	1	2	3	2	2	1	3
SL1	2	5	2	7	0	3	1	3	7	3	4	1	3	3	1	4	7
SL2	3	5	2	1	0	3	7	3	6	3	1	1	0	1	1	1	5
SL3	1	7	2	9	1	7	7	3	9	3	4	1	0	2	2	1	5
AL1	3	5	5	7	0	7	3	3	7	3	4	1	0	2	1	1	7
AL2	2	9	2	9	0	3	7	3	6	3	4	1	3	3	2	1	7
AL3	5	3	2	1	1	3	3	1	7	5	4	1	3	1	3	3	5
ML1	3	9	4	9	0	3	3	2	6	3	3	2	5	2	2	1	5
ML2	3	7	2	2	0	3	3	2	8	3	3	1	5	3	2	4	7
ML3	3	7	2	7	0	7	3	4	8	3	3	1	3	3	2	1	5
RO1	1	7	2	1	0	3	3	3	8	3	3	1	3	3	2	4	7
RO2	1	7	6	3	0	5	3	3	8	1	3	1	5	2	2	1	5
SL4	3	7	6	1	1	3	3	2	5	1	3	1	0	2	2	1	5
SR1	3	9	6	5	0	7	3	3	8	5	3	1	0	2	2	1	5
BA1	3	7	2	7	1	7	5	3	7	3	3	1	3	2	2	1	3
SA1	3	7	4	9	1	7	7	3	8	3	4	1	3	1	2	1	7
MODA	3 ; 1	7 ; 5	2 ; 6	7 ; 1	0 ; 1	3 ; 7	3 ; 7	3 ; 2	8 ; 7	3	3 ; 4	1	3 ; 0	2 ; 3	2	1	5 ; 7
%	47,4	42,1	52,6	31,6	68,4	57,9	52,6	57,9	31,6	73,7	57,9	84,2	52,6	52,6	78,9	78,9	47,4
%	26,3	26,3	26,3	31,6	31,6	31,6	31,6	21,0	31,6		31,6		26,3	26,3			42,1
C.V (%)	44,5	25,0	50,3	66,9	151,2	45,6	45,9	26,9	15,0	36,2	28,2	32,4	68,5	35,6	24,2	74,1	23,8

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; CON= color de nervadura; ORP= orientación del peciolo; HRA= hábito de ramificación; COT= color del tallo; PRC= prominencia de las cicatrices; CER= color externo de la raíz; COR= constricción de la raíz reservante; EPR= extensión del pedúnculo radicular; FOR= forma de la raíz reservante ; CPR= color de pulpa de la raíz; CCR= color corteza de la raíz; TER= textura de la raíz reservante.

Para el descriptor cualitativo forma de la planta (FOP), el 47,4 % de los cultivares presentó forma aparasolada (3) y un 26,3 %, forma compacta (1), siendo la moda bimodal. Vara y García (2021) reportan que la forma aparasolada fue la más frecuente; sin embargo, Alves (2002), sólo indica dos formas diferentes de la FOP de yuca: erecta y abierta (aparasolada). Además, señala que, por la diversidad de los agroecosistemas, la descripción morfológica no es lo suficientemente consistente debido a la interacción genotipo x ambiente. En el germoplasma colectado al exhibir todos los estados del descriptor estaría reflejando variación genética atribuible a su origen genético y también ambiental.

Con relación a los descriptores cualitativos de hojas, para el color de hojas apicales no extendidas (CHA), hubo variabilidad, teniendo el 42,1 % de los cultivares

color verde morado (7) y el 26,3 % color verde oscuro (5), siendo la moda bimodal. Estos resultados son semejantes a los encontrados por Lobo (2004) en Colombia; así como, Vara y García (2021) en la colección San Martín, pero diferentes a los de Camerún donde más del 90 % del germoplasma de yuca tuvieron hojas apicales de color verde, 48 % verde ligero y 44 % verde oscuro (Temegne et al., 2016). La existencia de casi todos los estados del descriptor en este germoplasma lleva a concluir que la variación fenotípica se atribuiría al diferente origen genético, procedencia geográfica, o a ambos.

En cuanto a la forma del lóbulo central (FLC), hubo también amplia variabilidad fenotípica en el germoplasma colectado, teniendo el 52,6 % forma elíptico-lanceolada (2) y el 26,3 % recto (6), siendo la moda bimodal; mientras que para el color del peciolo (COP), el 31,6 % de los genotipos colectados fueron de color rojo (7) y el 31,6 % verde amarillento (1), siendo la moda bimodal. El COP, es un carácter cualitativo con poco o ningún efecto ambiental, siendo muy útil para discriminar cultivares de yuca (Boampong, et al., 2016). Estos resultados coinciden con Lobo (2004) que indica que el COP refleja mejor la variabilidad fenotípica de la yuca. Por otro lado, si bien la FLC angosta domina a la ancha que es recesivo (Kawano, et al., 1978; citado en Domínguez et al., 1981), la existencia de mayor frecuencia de cultivares con FLC elíptico-lanceolada se puede atribuir, por un lado, a la mayor presión de selección para este carácter durante la selección de nuevos cultivares y por otro, a la disseminación aleatoria de cultivares exhibiendo esta típica forma del lóbulo central.

En lo que respecta a la pubescencia de las hojas jóvenes (PUH), en el 68,4 % de los cultivares estuvo ausente (0) y en el 31,6 % estuvo presente (1), siendo la moda bimodal. En general, son escasos los reportes de existencia de pubescencia en las hojas de yuca; pero de existir, tal como se evidencia en este estudio, su frecuencia es muy baja, tal como ha sido reportado por Temegne et al. (2016) donde solo el 12 % de sus accesiones presentaron PUH, y una valor mucho menor (6,7 %), reportado por Vara y García (2021), pudiéndose atribuir a un gen recesivo raro (alelo privado) heredado de una variedad mutante. Las mutaciones en yuca son frecuentes y se calcula en 30 mutaciones en promedio por generación que se ha acumulado durante el proceso de domesticación y de fitomejoramiento (Bredeson et al., 2016 citado en Pérez et al., 2019).

Con relación al color de la nervadura foliar (CON), el 57,9 % exhibió el color verde (3) y el 31,6 % verde-rojizo en más de la mitad del lóbulo (7), siendo la moda bimodal. Temegne et al. (2016), reportan que en el 46 % de las accesiones, los peciolo fueron verde-rojizos, teniendo un valor cercano en nuestro estudio. Si bien el color verde y el morado de las nervaduras de la hoja han sido utilizados como marcadores genéticos, el número de genes que lo controla aún es desconocido (Kawano, et al., 1978; citado en Domínguez et al., 1981). Y, con relación a la orientación del peciolo (ORP), el 52,6 % registró el estado 3 (15-30°) y el 31,6 % el estado 7 (75-90°), siendo la moda bimodal. Por su muy alta variación (CV= 45,9 %), puede servir de marcador genético por su alto poder discriminante de cultivares de yuca. A similar conclusión llegó Vara y García (2021) al evaluar este carácter como ángulo de inserción del peciolo (AIP) en la colección San Martín. Si bien tanto el color de las nervaduras como el color del peciolo fueron variables; no siempre el color del peciolo resulta igual al color de las nervaduras de la hoja en la misma planta (Domínguez et al., 1981).

En el caso de los descriptores cualitativos del tallo, para el hábito de ramificación de las ramas (HRA), el 56,2 % fue tricotómico (3) y el 21,0 % dicotómico (2), siendo la moda bimodal. Como se presentaron todos los estados del descriptor y tener un coeficiente de variación relativamente alto, podría ser útil para discriminar cultivares de yuca. Con relación al color exterior del tallo (CET), el 31,6 % presentó color grisáceo (8), y el 31,6 % color plateado, siendo la moda bimodal.

García y Guarda (2005), reportan un predominio del color plateado, atribuible al origen genético y diseminación aleatoria de los cultivares; mientras que Lobo (2004), no lo menciona como marcador genético. Y, con relación a la prominencia de las cicatrices (PRC), el 73,7 % presentó prominencia intermedia (3), siendo la moda unimodal. Aun cuando se presentaron todos los estados del descriptor, no se encontró reporte que lo consideren como un carácter taxonómico útil.

Con respecto a los descriptores cualitativos de raíces, para el color externo de la raíz (CER), el 57,9 % presentó color rosado (3) y el 31,6 % color morado (4), siendo la moda bimodal. Si bien predominó el color rosado debido a la presión de selección, se pudo evidenciar un cultivar de color blanco-cremoso (1). Aun cuando Tegmene et al. (2016), reportaron predominio de cultivares de colores blancos, Vara y García (2021), reportan un 80

% de cultivares de color rosado y tan solo 13,3 % de color blanco-cremoso. Según Lobo (1984), este carácter es considerado útil con fines de discriminación taxonómica.

Con relación a la constricción de la raíz (COR), el 84,2 % presento pocas o ninguna (1), siendo la moda unimodal. Para este descriptor, García y Guarda (2005), también encontraron que la mayoría de los genotipos (80 %) exhibieron pocas o ninguna (1) y el 20 % muchas constricciones (3). Como discriminador taxonómico útil no se ha encontrado en la literatura científica.

En cuanto a carácter extensión del pedúnculo radicular (EPR), el 52,6 % exhibió el estado pedunculado (3) y el 26,3 % el estado ausente (0), siendo la moda bimodal. Vara y García (2021) reportan porcentajes cercanos, donde el 66,7 % fue pedunculado y el 20 % ausente o sésil, lo que se podría atribuirse principalmente a diferencias genotípicas. Este carácter si ha sido considerado taxonómicamente útil (Lobo, 2004).

Con respecto a la forma de las raíces (FOR), el 52,6 % fue cilindro-cónica (2) y el 26,3 % cilíndrica (3), siendo la moda bimodal. Los resultados reportados por Vara y García (2021) para la FOR son muy cercanos a los nuestros. Cabe señalar que el poder discriminar todos los estados de este descriptor amerita ser considerado como marcador genético, lo que es coincidente con Lobo (2004), quien llegó a esta conclusión. Con relación al color de la pulpa de la raíz (CPR), el 78,9 % exhibió color de pulpa crema (2), siendo la moda unimodal. Lobo (2004), reporta la utilidad de este descriptor en yuca para fines taxonómicos.

En lo que se refiere al color de la corteza de la raíz (CCR), 78,9 % exhibió el color blanco o crema, siendo predominante sobre los otros estados de este descriptor. Por su muy alto C. V. = 74,1 %, ameritaría ser considerado como carácter discriminante útil taxonómicamente, coincidentemente con el reporte de Lobo (2004) y Mejía et al. (2015). Finalmente, en cuanto a la textura de la superficie de la raíz (TER), el 47,4 % exhibió textura intermedia (5) y el 42,1 % textura rugosa (7), siendo la moda bimodal. Lobo (2004), también considera este descriptor como taxonómicamente útil.

Diversos reportes de caracterización morfo-agronómica de germoplasma de yuca, como Vieira et al. (2007) citado en Derso y Mahamud (2018),

encontraron diferencias en el color externo del tallo, color del peciolo y hoja apical; así como, en la forma del lóbulo central. Otros estudios usando análisis de componentes principales discriminaron accesiones de yuca por 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, etc. (Carvalho et al., 2000, citado en Alves, 2002). Finalmente, otro estudio usando 14 descriptores morfológicos permitió la clasificación intraespecífica de 350 cultivares locales en seis diferentes agrupamientos (Nakabonge et al., 2016).

Es evidente que la variabilidad fenotípica exhibida por los cultivares de yuca colectadas en Leoncio Prado se puede atribuir a las diferencias genotípicas, presión de selección de los programas de mejoramiento genético, y la interacción del cultivar (genotipo) con el ambiente (condiciones agroecológicas *in situ*) donde ellas se han adaptado; de modo que, los caracteres de alta heredabilidad y fácilmente distinguibles, resultan útiles para identificar o diferenciar accesiones de una especie (Agre et al., 2015); así como, verificar su identidad genética y detectar duplicados.

4.1.2 Caracteres agronómicos cuantitativos

En la tabla 5, figura 2, se presentan los resultados de la evaluación de cuatro caracteres cuantitativos mediante estadísticos de tendencia central y dispersión de 19 cultivares (genotipos) de yuca colectados en Leoncio Prado.

Con relación a los descriptores de hojas, para el descriptor número de lóbulos por hoja (NUL), los valores oscilaron de 3 a 9, con un promedio de 4,4 y un coeficiente de variación (C.V = 43,1 %) considerado muy alto. Resultados obtenidos en el CIAT (Colombia), coinciden en señalar que el NUL es impar y oscila de 3 a 9 dependiendo del cultivar, y puede variar en las hojas de una misma planta (Domínguez et al, 1981). Aunque Temegne et al. (2016), reporta un C.V = 11,8 % bajo y Agre et al. (2015) un C.V = 8,1 % muy bajo, estaría reflejando accesiones muy emparentadas y alto nivel de similitud; mientras que, en nuestro estudio, los C.V. muy altos y altos obtenidos reflejarían una alta divergencia genética de los cultivares de yuca que fueron colectados en Leoncio Prado.

Tabla 5. Estadísticos de tendencia central y dispersión de cuatro caracteres cuantitativos de 19 cultivares de yuca colectados en Leoncio Prado.

CULTIVAR	HOJAS	TALLOS		RAICES
	NUL	NNR	ANR	PFR
SU1	6	5	3	2
SU2	9	5	3	2
SU3	3	7	3	5
SU4	3	4	2	4
SL1	3	5	3	6
SL2	3	4	3	1
SL3	3	3	2	4
AL1	5	4	3	4
AL2	5	3	4	3
AL3	7	0	0	8
ML1	3	4	5	5
ML2	3	5	3	3
ML3	3	4	2	3
RO1	3	5	6	5
RO2	3	5	4	7
SL4	5	5	6	2
SR1	5	4	5	4
BA1	7	5	2	2
SA1	7	3	2	7
Valor mínimo	3	0	0	1
Valor máximo	9	7	6	8
Promedio	4.4	4.2	3.2	4.2
Desviación estándar	1.92	1.42	1.56	1.95
C.V (%)	43.1	34.2	48.3	46.7

NUL= número de lóbulos por hoja
NNR= número niveles de ramificación

ANR= ángulo de ramas
PFR= peso fresco de raíces

Con respecto a los descriptores de tallos, para número de niveles de ramificación (NNR), los valores oscilaron de 0 hasta 7, con un promedio de 4,2 y un C. V = 34,2 %; valor que es considerado relativamente alto; mientras que el ángulo de las ramas (ANR), los valores oscilaron de 0 a 6, con un promedio de 3,2 y un C. V = 48,3 %, calificado como muy alto. Con relación al peso fresco de raíces (PFR), los valores oscilaron de 1,0 a 8,0 kg/planta, con un promedio de 4,2 kg y un C. V = 46,7 %, que se califica como muy alto, y que reflejaría alta variabilidad genética de este carácter cuantitativo que es muy útil en los programas de mejoramiento genético. Los coeficientes de variación altos o muy altos reflejan amplia variación de estos caracteres cuantitativos de la colección de yuca de Leoncio Prado; así como, una consistente divergencia genética. De la variación total del PFR, una proporción correspondería al componente genotípico *per se*, otra al componente ambiental (suelo, clima y

manejo), y una tercera, a la interacción genotipo (cultivar) x ambiente de cada nicho agroecológico.

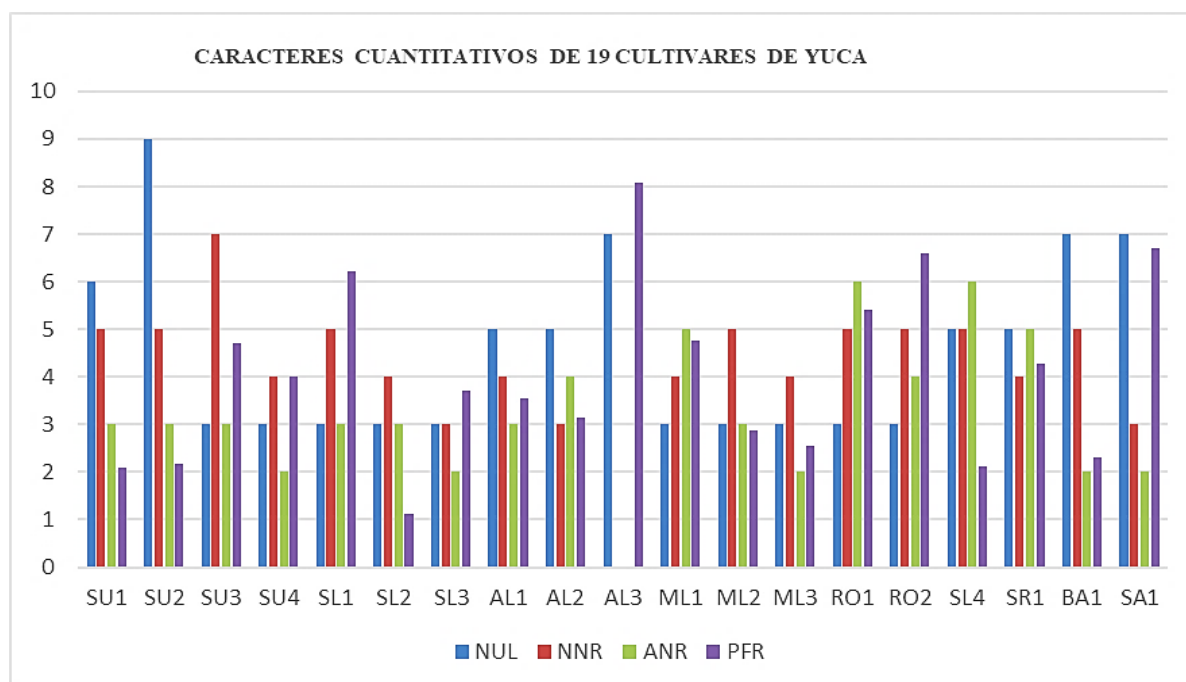


Figura 2. Histograma de frecuencias de cuatro caracteres cuantitativos de 19 cultivares de yuca colectados en Leoncio Prado.

A diferencia de los caracteres cualitativos que no varían o varían muy poco, los caracteres cuantitativos que ostentan amplia variación y poder discriminante, también son de importancia taxonómica (Crisci y López (1983). En tal contexto, se pueda inferir que los tres caracteres: número de lóbulos por hoja (NUL), ángulo de las ramas (ANR) y peso fresco de las raíces (PFR); así como, el número de niveles de ramificación (NNR), que tienen muy alta y alta variación fenotípica, respectivamente, podrían calificarse como descriptores discriminantes de alto valor taxonómico.

Aun cuando no se evaluó el número de raíces por planta (NRP) y otros componentes asociados al peso fresco de raíces (PFR), García y Guarda (2005) reportan una correlación positiva y altamente significativa entre el NRP y el PFR; asimismo, Pérez et al. (2019) encontraron correlaciones positivas entre PFR con el NRP, longitud de la raíz (LOR) con el diámetro del tallo (DIT).

Los cultivares, AL3, RO2, SA1, SL1, SU3, ML1 y RO1, que tuvieron los más altos pesos de raíces frescas (PRF), con 8,0 7,0 6,0 y 5,0 kg/planta ameritan ser seleccionados y usados en programas de mejoramiento genético. Dichos cultivares tendrían buen potencial de rendimiento y rendimientos de raíces comerciales muy cercanos a las variedades “Señorita” y “Chaucha”, respectivamente (Gonzales y Miranda, 2021).

Por otro lado, se ha reportado que las plantas de yuca con inicio de ramificación temprana y abundante follaje, pueden desarrollar rápidamente un IAF excesivo (más ramas y hojas) y acumular más materia seca en la copa que en las raíces por debajo del índice de cosecha óptimo (Ramanujam, 1985, citado en Hershey et al., 2010; Hershey et al., 2018). De esto se puede inferir que una variedad de rápido crecimiento, muy ramificada y con abundante follaje, tendría proporcionalmente menos materia seca sobrante para almacenar en sus raíces al compararse con otra variedad menos ramificada. Estas respuestas fisiológicas podrían haber ocurrido en los cultivares de yuca que tuvieron los más bajos rendimientos: SL2, SU1, SL4 y BA1 con 1,0 y 2,0 kg/planta, respectivamente, siempre que no haya ocurrido algún estrés ambiental fortuito de tipo climático, i.e., periodos de sequía, u otro.

Cuando se evalúa una gran cantidad de cultivares sobre la base del conocimiento local y uso en diferentes zonas ecológicas, la evaluación precisa de los caracteres cuantitativos de baja heredabilidad (h^2) se dificulta por las influencias ambientales propias de cada localidad (Domínguez et al., 1981). De esto se puede inferir que, para valorar consistentemente el comportamiento de un conjunto de cultivares, éstos deben ser evaluadas bajo las mismas condiciones ambientales y varios años para estimar la interacción genotipo x ambiente, y la estabilidad de los rendimientos (García y Guarda, 2005).

Los productores de yuca que destinan su producto a mercados locales y/o regionales, siembran y venden únicamente uno o dos cultivares, v.g. “Señorita” o “Chaucha”, reduciendo la diversidad genética que se agudiza por el escaso intercambio de materiales de siembra, y también, por la selección de pocos cultivares con caracteres agronómicos deseables o ventajosos. El tal contexto, la denominación vernacular (local) tiene limitaciones y se presta a confusiones, ya que un mismo nombre local se puede dar a cultivares diferentes o contrastantes en lugares que no son muy lejanos (Mejía et al., 2015).

El uso de encuestas de diagnóstico, la conservación y uso varietal permite identificar (reconocer) o diferenciar genéticamente el cultivar nombrado mediante marcadores morfológicos y/o moleculares; así como, estimar el grado de diversidad genética existente en el agroecosistema donde se siembra, utiliza o intercambia en la comunidad.

Cuando se caracteriza y evalúa accesiones en un banco de germoplasma se necesita conocer los niveles de similitud y/o disimilitud (distancia taxonómica), para su eficaz discriminación. Para esto se usan técnicas multivariadas. En la yuca se ha reportado que los caracteres discriminativos más importantes son las de tipo cualitativo (Lennis et al., 1999).

4.2 Clasificación intraespecífica de 19 cultivares de yuca.

El análisis de agrupamientos (tabla 6, figura 3), usando la distancia Euclidiana y el método de encadenamiento de ligamiento promedio a un nivel de distancia 9,0 mostró dos grandes agrupamientos; no obstante, a un nivel de distancia 7,6 mostró cinco agrupamientos: A (AL2 y ML1), B (SL3, ML3, BA1 y SU1), C (AL1 y SR1), D (SU3 y RO3) y E (SU4, ML2 y RO1), y seis unidades (cultivares) independientes (AL3, SL1, SA1, SU2, SL2 y SL4), lo cual estaría reflejando una amplia diversidad genética que puede ser muy útil en un programa de mejoramiento genético.

Tabla 6. Agrupamientos según el nivel de disimilitud fenética y frecuencia de 19 cultivares de yuca colectados en Leoncio Prado.

AGRUPAMIENTO	Nº	CULTIVARES DE YUCA
A	2	AL2, ML1
B	4	SL3, ML3, BA1, SU1
C	2	AL1, SR1
D	2	SU3, RO2
E	3	SU4, ML2, RO1
Unidades independientes	6	AL3, SL1, SA1, SU2, SL2 y SL4

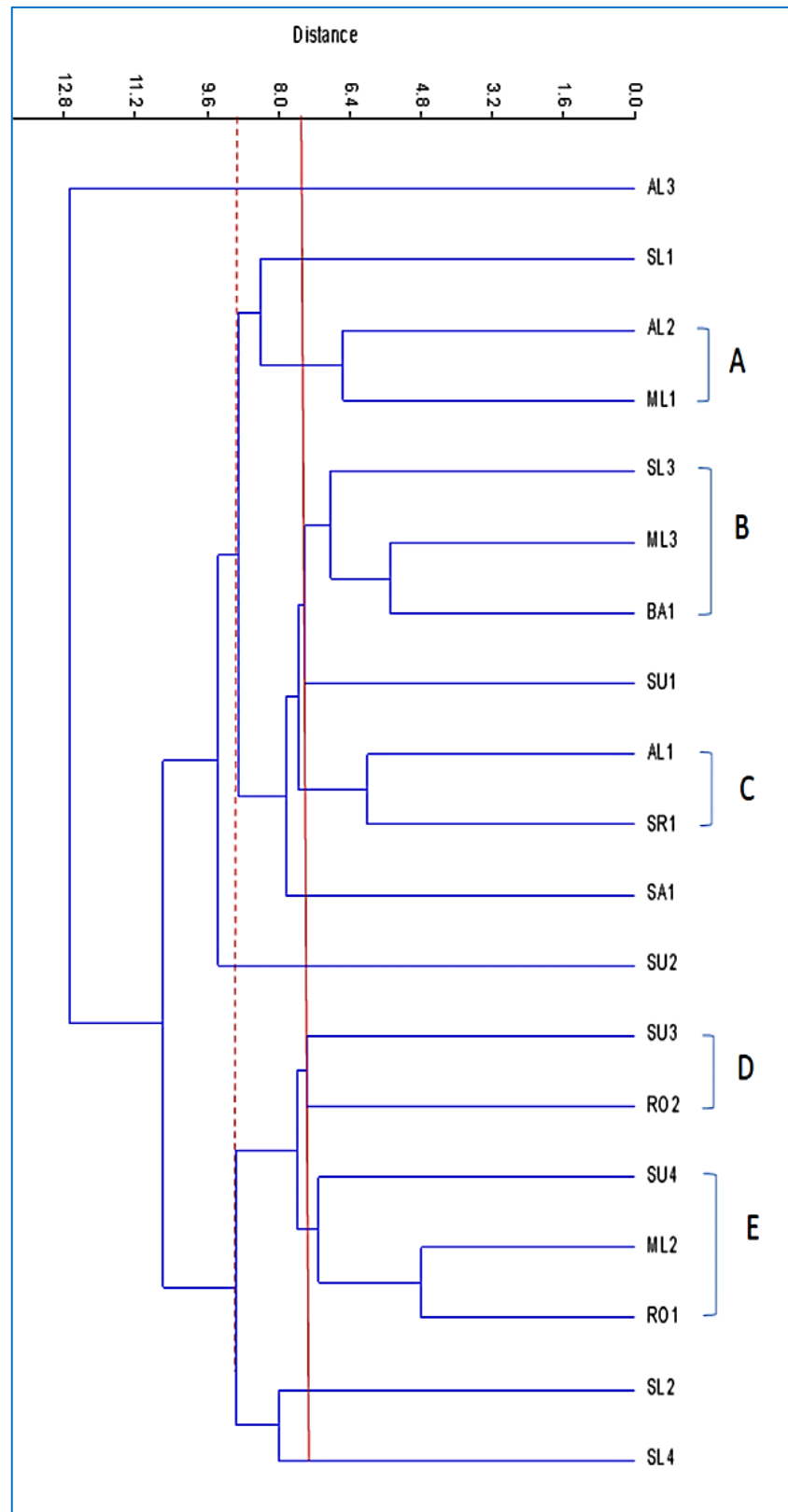


Figura 3. Dendrograma de agrupamiento de 19 cultivares de yuca generado según la distancia Euclidiana y el método del Ligamiento promedio.

El agrupamiento A, agrupó a dos cultivares de yuca: AL2 (La Alborada) y ML1 (La Merced de Locro), que son parecidos fenéticamente, que, si bien son de propietarios distintos, ambas pertenecen al distrito de Castillo Grande, y que probablemente estarían compartiendo genes de algún cultivar ancestral.

El agrupamiento B, agrupó a cuatro cultivares: SL3, ML3, BA1 y SU1, donde ML3 (La Merced de Locro) y BA1 (Buenos Aires) son más parecidos, aunque su procedencia geográfica sea distinta. Esto supondría que comparten genes de algún cultivar ancestral, o sean progenie de cultivares muy emparentados. Los cultivares SL3 (Sta. Lucía) y SU1 (Supte), si bien están relacionados lejanamente, se puede explicar porque comparten menos genes heredados de un progenitor común, y/o ser de distinta procedencia geográfica.

El agrupamiento C, agrupó a dos cultivares: AL1 (La Alborada) y SR1 (Sta. Rosa de Quesada), que son parecidos; y aunque de procedencia geográfica distinta, estarían compartiendo genes por descendencia heredados de algún progenitor común de libre polinización, habiéndose uno de ellos recolectado en un sector y sembrado en otro sector.

El agrupamiento D, agrupó a dos cultivares: SU3 (Supte) y RO2 (Rondos), que son lejanamente parecidos, pero que comparten genes por descendencia de un progenitor común. Y, finalmente, el agrupamiento E, agrupa a tres cultivares, uno ML2 (La Merced de Locro) y otro RO1 (Rondos), que están más estrechamente relacionados pero vinculados lejanamente al SU4 (Supte). Los dos primeros, aunque de procedencia geográfica distinta estarían compartiendo mayor número de genes por descendencia heredados de un progenitor común de libre polinización, siendo uno ellos recolectado de un sector y trasladado a otro sector.

La unidad independiente AL3 (La Alborada), ubicada lejanamente a los demás agrupamientos y otras unidades independientes, correspondería a un cultivar muy divergente con muy pocos genes de algún ancestro muy poco relacionado a los demás cultivares agrupados. Si bien la denominación por algún atributo cualitativo podría coincidir con otro cultivar (genotipo), no necesariamente supondría mayor parecido fenotípico, como por ejemplo la yuca “Blanca” (cultivares: SU4, SL1 y BA1) y “Shilpe” (cultivares: SU1 y RO2).

El alto coeficiente de correlación cofenética ($C.C.C = 0,82$), reflejaría poca distorsión del dendrograma con relación a la M.B.D, siendo clasificado como muy bueno (Sneath & Sokal, 1973, citado en Crisci y López, 1983). Los valores de la $C.C.C. < 0,7$, no son consistentes pues interpreta que la estimación de la divergencia obtenida del grupo de caracteres no explica aquellos que se obtienen de otro grupo de datos. (Rohlf, 2000, citado en Silva et al., 2018). El uso de alto número de caracteres morfológicos con alto poder discriminante reduce la distorsión del dendrograma y la clasificación resulta muy consistente.

V. CONCLUSIONES

1. Los caracteres morfológicos cualitativos de yuca que mostraron un amplio rango y con muy altos coeficientes de variación fenotípica fueron: color de la corteza de la raíz (CCR) con C.V = 74,1 %, color del peciolo (COP) con C.V = 66,9 %, forma del lóbulo central (FLC) con C.V = 50,3 %, orientación del peciolo (ORP) con C.V = 45,9 %, y color de las nervaduras (CON) con C.V = 45,6 %.
2. Los caracteres morfológicos cuantitativos de yuca que exhibieron una muy alta variación fenotípica fueron: número de lóbulos foliares (NLO), con un C.V = 43,1 %, ángulo de las ramas (ANR), con un C.V = 48,3 % y peso fresco de raíces (PFR), con un C.V = 46,7 %; mientras que el de alta variación fenotípica fue el número de niveles de ramificación (NNR), con un C.V = 34,2 %.
3. El dendrograma generado por el análisis de agrupamientos a un nivel de distancia euclidiana de 7,6 mostró cinco agrupamientos: A (AL2 y ML1), B (SL3, ML3, BA1 y SU1), C (AL1 y SR1), D (SU3 y RO2) y E (SU4, ML2 y RO1), y seis unidades independientes (AL3, SL1, SA1, SU2, SL2 y SL4), con un coeficiente de correlación co-fenética (C.C.C = 0,82), que, al reflejar poca distorsión, la clasificación intraespecífica resultó ser muy consistente.
4. Los cultivares (genotipos) de yuca se diferencian mejor por sus caracteres cualitativos: color de la corteza de la raíz (CCR), color del peciolo (COP), forma del lóbulo central (FLC), orientación del peciolo (ORP) y color de las nervaduras (CON), y en cuanto a sus caracteres cuantitativos: número de lóbulos foliares (NLO), ángulo de las ramas (ANR) y peso fresco de raíces (PFR).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar nuevas colectas de cultivares de yuca en toda la provincia de Leoncio Prado para ampliar la base genética del germoplasma de yuca colectado.
2. Completar la caracterización morfo-agronómica evaluando el peso de las raíces frescas y sus componentes asociados; así como, el contenido de materia seca, almidón y ácido cianhídrico (HCN).
3. Implementar un banco de germoplasma de yuca en la Estación Tulumayo para que funcione como una colección activa para la investigación, conservación y utilización.
4. Completar la caracterización morfo-agronómica del germoplasma de yuca colectado y de colectas futuras, con la caracterización molecular mediante marcadores microsatélites (SSR) o polimorfismos de nucleótidos únicos (SNPs).

VII. REFERENCIAS

- Abadie, T. y Berreta, A. (2001). Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. Estrategia en Recursos Fitogenéticos para los Países del Cono Sur.
- Agre, A.P., Dansi, A., Rabbi, I.Y., Battachargeem, R., Dansi, M., Melaku, G. & Augusto, B. (2015). Agromorphological characterization of elite cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars collected in Benin. *Int. J. Curr. Res. Biosci. Plant Biol.*, 2(2): 1-14.
- Alves, A.A.C. (2002). *Cassava botany and physiology*. R.J. Hillocks, J.M. Thresh and A.C. Bellotti (eds.). Cassava: Biology, Production and Utilization. CABI Publishing.
- Aristizábal, J. y Sánchez, T. (2007). Guía técnica para la producción y análisis de almidón de yuca. Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO. Roma. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/Ol0/a1028s/a1028s.pdf>
- Asare, P.A., Galyuon, I.K., Sarfo, J.K. & Tetteh, 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. DOI: 10.5897/AJB11.929
- Boampog, E.Y., Gyan, D. & Dorgbetor, W.H.K. (2016). Morphological characterization of local and exotic cassava germplasm. *J. Ghana Sci. Association*, 17(1):45-52.
- Bonierbale, M., Guevara, C., Dixon, A.G.O., Ng, NQ., Asiedu, R. & Ng, SYC. (1997). Cassava. Fuccilo, D., Sears, L. & Stapleton, P. (eds). Biodiversity in Trust. Cambridge Univ. Press.
- Ceballos, H. y De la Cruz, G. A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. La Yuca en el tercer milenio. Sistemas Modernos de Producción, Procesamiento, Utilización y

Comercialización. CIAT, CLA-YUCA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo y FENA VI. [http://books.google.com.pe/books/about/La Yuca en el Tercer Milenio Sistemas Mo](http://books.google.com.pe/books/about/La_Yuca_en_el_Tercer_Milenio_Sistemas_Mo).

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (1981). Catálogo de la colección de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del CATIE, n.º 2.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1985). Cassava Program. Annual report for 1984.

Crisci, J.V. y López, M.F. (1983). Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaria general de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Monografía n.º 26. Serie Biología.

Debouck, D., Ebert, A., Peralta, A., Barandiarán, E.M. y Ramírez, M. (2008). La importancia de la utilización de la diversidad genética vegetal en los programas de investigación agrícola en América Latina. *Recursos Naturales y Ambiente*, 53: 46-53.

Debouck, D. y Guevara, C. (1995). Unidad de Recursos Genéticos: Laboratorio de cultivo de tejidos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Denevan, W.J. y Treacy, J. M. (1990). Purmas jóvenes manejadas en Brillo Nuevo. Agroforestería Tradicional en la Amazonía Peruana. Documento 11. Centro de Investigación y Promoción Amazónica.

Derso, C. & 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.

Domínguez, C., Cevallos, F. y Fuentes, C. (1981). Morfología de la planta de yuca. Yuca: Investigación, Producción y Utilización. PNUD/CIAT.

- El-Sharkawy, M. A. (2003). Cassava biology and physiology. *Plant. Mol. Biol.* 53, 621-641. [https:// DOI.G. org/ 10. 1023/B: PLAN. 00000 19109. 01740. c6](https://doi.org/10.1023/B:PLAN.0000019109.01740.c6).
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. (2021). The state of food security and nutrition in the world, 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition, and affordable healthy diets for all. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4474en>
- Franco, T.I. e Hidalgo, R. (eds.) (2003). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín técnico, n.º 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI).
- Fukuda, W.M.G., Guevara, C.L., Kawuike, R. & Ferguson, M.E. (2010). Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. International Institute of Tropical Agriculture (IITA).
- 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.
- Gonzales, A. y Miranda, C. (2021). *Efecto de cinco distanciamientos de siembra en el rendimiento de dos variedades de yuca (Manihot esculenta Crantz) en suelo ex cocal, Tingo María*. (Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva).
- González-Andrés, F. y Pita (eds.) (2001). *La caracterización vegetal: objetivos y enfoques*. Conservación y caracterización de recursos fitogenéticos. Mundi-Prensa.
- Hershey, C., Ceballos, H., Fregene, M. & Mba, C. (eds.) (2018). *Cassava genetic improvement: Theory and practice*. Flinton, PA.
- Hershey, C., Ceballos, H., Fregene, M. & Mba, C. (2010). *Cassava genetic improvement: Theory and practice*. CIAT.

- Inga, H. y López, J. (2001). Diversidad de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Jenaro Herrera, Loreto-Perú. IIAP.
- Lennis, J., Alvarado, A. y Vera, R. (1991). Clasificación morfológica de 23 cultivares de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del subtrópico húmedo boliviano. *Turrialba*, 41, n°. 2: 258-265.
- Lobo, R. (2004). Caracterización de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Palma, R. (ed.). Conservación *in situ* de cultivos nativos y parientes silvestres. Seminario taller.
- Mejía, J., Da-Silva, R.E., Mejía, K. y García-Dávila, C. (2015). Caracterización morfológica y genética de etno-variedades de la yuca *Manihot esculenta* Crantz, en seis localidades de la cuenca baja del río Ucayali - Perú. *Folia Amazónica*, 24 (1): 71 - 82.
- Nakabonge, G., Samukoya, C. & Baguma, Y. (2016). Collection and morphological characterization of cassava landraces in Uganda. Fifth RUFORUM Biennial Regional Conference, 17 - 21 October 2016.
- Nassar, N.M.A. & Ortiz, R. (2008). Cassava genetic resources: manipulation for crop improvement. *Plant Breeding Reviews*, 31: 247-275.
- Pérez, M.Z. (1987). *Caracterización preliminar de 25 materiales de yuca (Manihot esculenta Crantz) colectado en los departamentos de Chiquimula, El Progreso, Izabal, Jutiapa y Zacapa*. (Tesis de Licenciado en Ciencias Agrícolas, Universidad de San Carlos).
- Organization of Cooperation for Economic Development (OECD). (2016). Chapter. 3. Safety assessment of transgenic organisms in the environment: OECD consensus documents, vol.6. www.oecd.org/biotrack
- Pérez D., Mora, R. y López-Carrascal, C. (2019). Conservación de la diversidad de yuca en los sistemas tradicionales de cultivo de la Amazonía. *Acta Biol. Colombia*, 24(2): 202-212. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.75428>

- Silva, R., dos Santos, F., Machado, R.J., de Almeida, C., Teixeira, F., Delazari, R., Días, L., Fernández, R. & da Silva, D. (2018). The integration of quantitative and multicategorical data for the analysis of genetic divergence in germplasm of cassava (*Manihot esculenta* Crantz.): A new approach. *AJCS* 12(10):1596-1602. DOI: 10.21475/ajcs.18.12.10. p1152
- Suárez, L. y Mederos, V. (2011). Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz): tendencias actuales. *Cultivos Tropicales*, 32(3):27-35.
- Temegne, N.C., Mouafor, B.I. & 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.
- Tize1, I., Kuate Fotso, A., Nchiwan Nukenine, E., Masso, C., Ajebesone Ngome, F., Suh, Ch., Wirnkar Lendzemo, V., Nchoutnji, I., Manga, G., Parkes, E., Kulakow, P., Kouebou, Ch., Fiaboe1, K.K.M. & Hanna, R. (2021). New cassava germplasm for food and nutritional security in Central Africa. *Scientific Reports* 11:7394. <https://DOI.org/10.1038/s41598-021-86958-w>
- 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).
- Vara, E., y García, L. (2021). *Prospección y caracterización morfológica in situ de germoplasma de Manihot esculenta Crantz (Yuca) en cuatro distritos de San Martín y Ucayali*. (Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva).
- Vieira, E.A., Fialho, J.F., Silva, M.S. & 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.

ANEXOS

Tabla. 7. Datos de identificación de 19 cultivares de yuca, coordenadas UTM, productores y sectores de la provincia de Leoncio Prado.

CODIGO	CULTIVAR	COORDENADAS UTM	AGRICULTOR	SECTOR DE COLECTA
SU - 1	Shilpe verde	N: 394269; E: 8972929	Gonzalez Polinar,Adriel	Supte
SU - 2	Shilpe morado	N: 394282; E: 8972913	Gonzalez Polinar, Adriel	Supte
SU - 3	No identificada	N: 394301; E: 8972915	Gonzalez Polinar, Adriel	Supte
SU - 4	Blanca	N: 394373; E: 8972974	Gonzalez Polinar, Adriel	Supte
SL - 1	Blanca 0	N: 387834; E: 8990162	Rodríguez Sánchez, Manuela	Santa Lucia
SL - 2	Pardo	N: 387891; E: 8990125	Rodríguez Sánchez, Manuela	Santa Lucia
SL - 3	Roja	N: 387921; E: 8990136	Rodríguez Sánchez, Manuela	Santa Lucia
AL - 1	Chaucha blanca	N: 389155; E: 8977221	Santamaria Espíritu, Eugenio	La Alborada
AL - 2	Chaucha roja	N: 389181; E: 8977259	Santamaria Espíritu, Eugenio	La Alborada
AL - 3	Amarilla	N: 389222; E: 8977301	Santamaria Espíritu, Eugenio	La Alborada
ML - 1	Hueso rojo	N: 382033; E: 8987794	González Alanya, Saturnino	La Merced de Locro
ML - 2	Cascara rosada	N: 381996; E: 8987778	González Alanya, Saturnino	La Merced de Locro
ML - 3	No identificada	N: 381964; E: 8987759	González Alanya, Saturnino	La Merced de Locro
RO - 1	Señorita	N: 380936; E: 8971750	Sánchez Barrios, Ignacio	Rondos
RO - 2	Shilpe	N: 380868; E: 8971668	Sánchez Barrios, Ignacio	Rondos
SL - 4	Camerún blanco	N: 388262; E: 8989095	Bautista Salazar Nayda	Santa Lucia
SR - 1	Shansha	N: 394044; E: 8961796	Huamán Valdez, Lidia	Santa Rosa de Quezada
BA - 1	Blanca 1	N: 397538; E: 8959332	Morales Zúñiga, Nilda	Buenos Aires
SA - 1	Chaucha	N: 391202; E: 8978423	Victorino Adrián, Marcelina	Naranjillo

Tabla 8. Fisiografía de los lugares de colecta y resultados del análisis físico (textura) y químico (pH) del suelo.

CODIGO	CULTIVAR	FISIOGRAFIA	TEXTURA	pH
SU - 1	Shilpe verde	Lomada (Lo)	franco arcilloso	3.6
SU - 2	Shilpe morado	Lomada (Lo)	franco arcilloso	3.6
SU - 3	No identificada	Lomada (Lo)	franco arcilloso	3.6
SU - 4	Blanca	Lomada (Lo)	franco arcilloso	3.7
SL - 1	Blanca 0	Terraza baja no inundable (Tb2)	franco limoso	5.3
SL - 2	Pardo	Terraza baja no inundable (Tb2)	franco limoso	5.3
SL - 3	Roja	Terraza baja no inundable (Tb2)	franco limoso	5.3
AL - 1	Chaucha blanca	Terraza baja inundable (Tb1)	franco arenoso	6.6
AL - 2	Chaucha roja	Terraza baja inundable (Tb1)	franco arenoso	6.6
AL - 3	Amarilla	Terraza baja inundable (Tb1)	franco arenoso	6.6
ML - 1	Hueso rojo	Colina alta (Ca)	franco arcillo-limoso	4.6
ML - 2	Cascara rosada	Colina alta (Ca)	franco arcillo-limoso	4.6
ML - 3	No identificada	Colina alta (Ca)	franco arcillo-limoso	4.6
RO - 1	Señorita	Terraza baja inundable (Tb1)	franco arenoso	4.7
RO - 2	Shilpe	Terraza baja inundable (Tb1)	franco arenoso	4.9
SL - 4	Camerún blanco	Terraza alta plano (Ta1)	franco arenoso	6.0
SR - 1	Shansha	Montaña baja (MB)	franco arcilloso	6.2
BA - 1	Blanca 1	Montaña baja (MB)	franco arcilloso	6.2
SA - 1	Chaucha	Terraza media plana (Tm1)	arena franca	7.7



(a)



(b)

Figura 4. Muestras de suelos para (a) análisis físico (textura) y (b) químico (pH)



Figura 5. Planta, hojas, tallo y raíz del cultivar de yuca SU1(CLP - 1)



Figura 6. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SU2(CLP – 2)

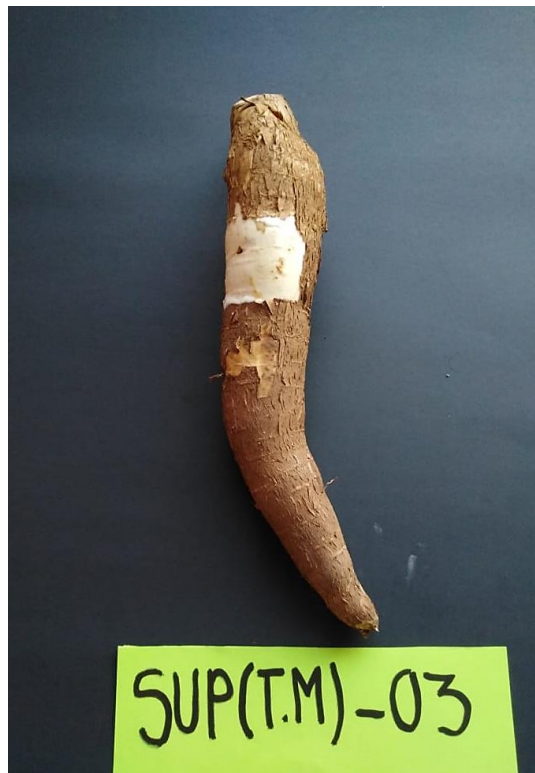


Figura 7. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SU3(CLP - 3)



Figura 8. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SU4(CLP- 4)



Figura 9. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SL1(CLP-5)

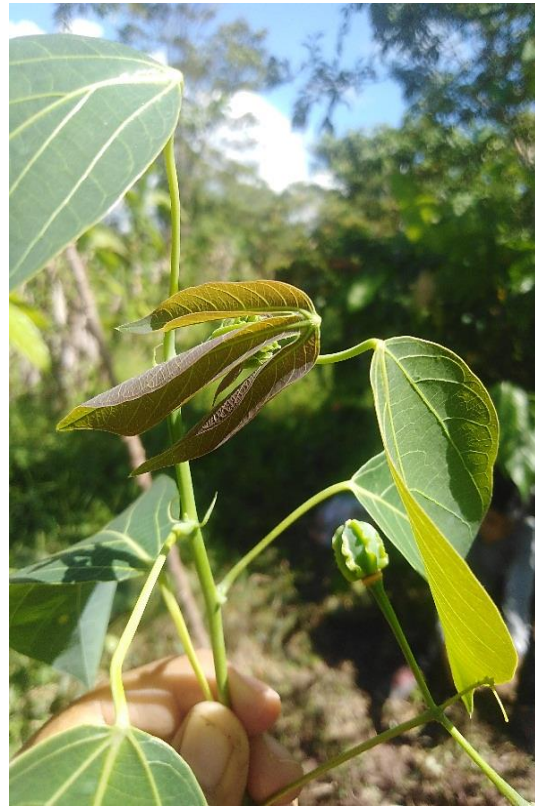


Figura 10. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SL2(CLP-6)



Figura 11. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SL3(CLP- 7



Figura 12. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca AL1(CLP - 8)



Figura 13. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca AL2 (CLP-9)



Figura 14. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca AL3(CLP-10)



Figura 15. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca LM1(CLP-11)



Figura 16. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca LM2(CLP-12)



Figura 17. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca LM3(CLP-13)



Figura 18. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca RO1(CLP-14)



Figura 19. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca RO2(CLP-15)

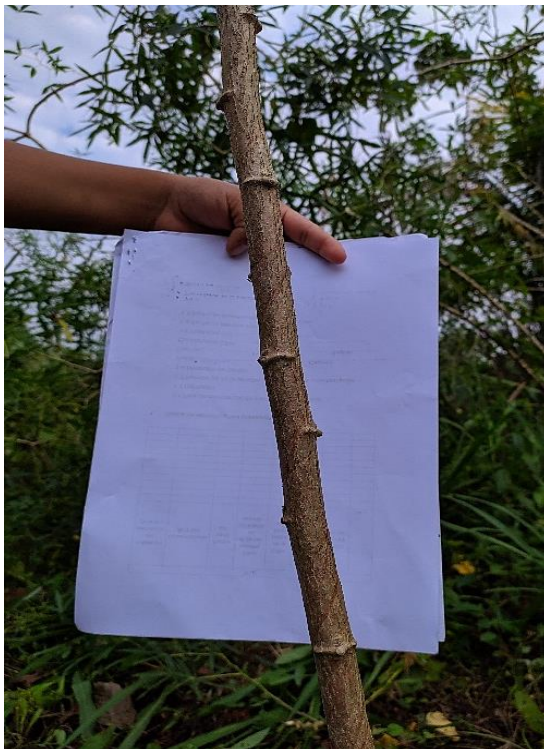


Figura 20. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SL4(CLP-16)



Figura 21. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SR1(CLP-17)



Figura 22. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca BA1(CLP-18)



Figura 23. Planta, hojas, tallos y raíces del cultivar de yuca SA1(CLP-19)



Figura 24. Visita del M.Sc. Giannfranco Egoávil J. (miembro del Jurado) con el M.Sc. Luis García C. (Asesor), la Bach. Deysi Sumarán S. y un productor de yuca.