UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA

UNAP

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Escuela de Formación Profesional
Ciencias de Biológicas.

"CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y GENÉTICA DE ETNOVARIEDADES DE, *Manihot esculenta,* Cratnz, "YUCA" EN SEIS LOCALIDADES DE LA CUENCA BAJA DEL RIO UCAYALI – PERÚ"

TESIS

Requisito para optar el título profesional de

BIÓLOGO

AUTORES:

Rosa Angelica Elias Da Silva

José Eduardo Mejia de Loayza

IQUITOS – PERÚ

2014

JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR

Blgo. JORGE MARAPARA DEL ÁGUILA Dr.
Presidente

Blgo. JUAN CARLOS CASTRO GÓMEZ Dr.
Miembro

Blgo. JORGE ANGULO QUINTANILLA
Miembro

ASESORES

Blgo. MANUEL FLORES ARÉVALO Dr.
Asesor

Blgo. CARMEN ROSA GARCÍA DÁVILA Dra.
Asesora

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Iquitos, 24 de setiembre de 2014

En la ciudad de Iquitos, a los veinticuatro (24) días del mes de setiembre de 2014 y, siendo las 18:05 horas; se reunió en el Auditorio del SECEDO-UNAP, el Jurado Calificador y Dictaminador de Tesis que suscribe, designado con RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 116-2012-DEFP-B-UNAP, presidido e integrado por: Blgo. **JORGE LUIS MARAPARA DEL ÁGUILA,** Dr., **Presidente;** Blgo. **JUAN CARLOS CASTRO GÓMEZ,** Dr., **Miembro;** y Blgo. **JORGE ANGULO QUINTANILLA, Miembro;** para escuchar, examinar y calificar la sustentación y defensa de la tesis titulada: **"CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y GENÉTICA DE ETNOVARIEDADES DE *Manihot esculenta,* Cratnz "YUCA" EN SEIS LOCALIDADES DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO UCAYALI-PERÚ"**, realizado por los bachilleres de la Facultad de Ciencias Biológicas-Escuela Profesional de Ciencias Biológicas: **José Eduardo Mejía de Loayza** de la Promoción II-2011, graduado de Bachiller con R.R. N° 1303-2012-UNAP de fecha 10 de julio de 2012 y **Rosa Angélica Elías Da Silva** de la Promoción II-2013, graduada de Bachiller con R.R. N° 0683-2014-UNAP de fecha 01 de abril de 2014; reconociendo como asesores: Blgo. **MANUEL FLORES ARÉVALO,** Dr. y Dra. **CARMEN ROSA GARCÍA DÁVILA**.

Durante todo el desarrollo de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Calificador y Dictaminador, considerando lo establecido en el nuevo Reglamento de Grados y Títulos, aprobado y puesto en vigencia mediante RESOLUCIÓN DECANAL N° 206-2012-FCB-UNAP; realizó la evaluación del desempeño de los bachilleres, considerando los criterios y el puntaje consignados en la tabla de valoración.

Culminado el acto, el Jurado Calificador y Dictaminador, con el puntaje alcanzado por los bachilleres y aplicando los términos establecidos en la tabla de calificación; dio como veredicto; APROBAR **LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS, CALIFICADA COMO** BUENA; quedando en consecuencia los candidatos aptos para ejercer la profesión de Biólogo, previo otorgamiento del Título Profesional por la autoridad universitaria competente y su correspondiente inscripción al Colegio de Biólogos del Perú.

Finalmente, el Presidente del Jurado Calificador y Dictaminador levantó la sesión siendo las 20:10 horas y en fe de lo cual, todos los integrantes suscriben la presente Acta de Sustentación por triplicado.

Jorge Luis Marapara Del Águila
PRESIDENTE

Juan Carlos Castro Gómez
MIEMBRO

Jorge Angulo Quintanilla
MIEMBRO

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a la memoria de mi padre Miguel Humberto Elías por sus enseñanzas y apoyo incondicional, a mi madre Arlette Da Silva, por estar siempre a mi lado compartiendo mis alegrías, tristezas y por todo su apoyo para alcanzar mis objetivos profesionales.
A mis hermanos Martín, Miguel, Francisco, Susan, Katherine y Fatima, con quienes compartí los mejores años de mi infancia.

Rosa Angelica Elías Da silva

A la memoria de mi abuelito Sergio de Loayza.
A mis padres Kember Mejía y Sonia De Loayza, por sus consejos y el apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida.
A mi hermana Mónica, por el respeto y comprensión.

Jose Eduardo Mejía de Loayza

AGRADECIMIENTO

Antes de los agradecimientos formales, agradecemos especialmente a los agricultores que nos ayudaron en la identificación de las etnovariedades, además de brindarnos muestras e información de sus cultivos. A todos ellos nuestra eterna gratitud.

Al instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana-IIAP, en especial al Laboratorio de Genética y Biología Molecular (LBGM-AQUAREC) y al Programa de Investigación de la Biodiversidad Amazónica (PIBA), por el financiamiento y la oportunidad de poder realizar la tesis de pregrado.

A la Dra. Carmen Rosa García Dávila, jefa del Laboratorio de Genética y Biología Molecular (LBGM-IIAP), por la orientación, confianza, amistad, oportunidades concedidas y por el apoyo incondicional durante toda nuestra estadía en el laboratorio.

Al Dr. Manuel Flores Arévalo por el asesoramiento y las imprescindibles correcciones y evaluación de la tesis.

Al Blgo. Kember Mateo Mejia Carhuanca por su apoyo invalorable durante los viajes de colecta de campo, por las sugerencias y críticas, enriqueciendo este trabajo con sus ideas y opiniones.

Nuestro agradecimiento especial al Dr. Marcos Vinícius Bohrer Monteiro Siqueira por su valiosa ayuda brindando material bibliográfico desinteresadamente, lo que nos permitió enriquecer nuestros conocimientos en el trabajo realizado.

A los investigadores del IIAP: Agustín Gonzales, César Delgado, Marina Gaslác, por el apoyo y facilidades brindadas durante las expediciones de campo.

A los Mgs. Diana Castro y Werner Chota, por la amistad, el apoyo y conocimiento brindados durante el proceso de adiestramiento dentro del Laboratorio de Biología y Genética Molecular

A nuestros amigos del Laboratorio de Biología y Genética Molecular (LBGM) Dixner, Carlos, Jhon, Claudia Biffi, Claudia Merino, Christian, Antonio Y a todas aquellas personas de que de una forma u otra se involucraron para la realización de este proyecto.

ÍNDICE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA I
JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR II
ASESORES III
ACTA DE SUSTENTACIÓN IV
DEDICATORIA V
AGRADECIMIENTO VI
ÍNDICE… VII
ÍNDICE DE TABLAS IX
ÍNDICE DE FIGURAS X
ÍNDICE DE ANEXOS XI
RESUMEN XII
I. INTRODUCCIÓN 1
II. REVISIÓN LITERARIA 3
2.1. Origen y distribución 3
2.2. Posición taxonómica 4
2.3. Descripción botánica 5
2.4. Descripción de la planta 5
2.4.1 Tallo 5
2.4.2 Hojas 6
2.4.3 Inflorescencia 7
2.4.4 Frutos 8
2.4.5 Raíces 8
2.5. Agroecología de la "yuca" 8
2.6. Aporte nutricional y composición química 9
2.7. Usos de la "yuca" 10
2.7.1 Uso doméstico 10
2.7.2 Uso industrial 10
2.7.3 Uso medicinal 10
2.8. Descriptores morfológicos 11
2.9. Marcadores moleculares 12
2.10. Microsatélites (SSR – Secuencias simples repetidas) 13
III. MATERIALES Y MÉTODOS 15
3.1. Localización y descripción del área de estudio 15
3.2. Colecta del material biológico *in situ* 16
3.3. Cultivo del material biológico *ex situ* 17
3.4. Caracterización morfológica 17
3.4.1 Descriptores cuantitativos 18
3.4.2 Descriptores de cualitativos 19
3.4.3 Procesamiento de la información 21
3.5. CARACTERIZACIÓN GENÉTICA 22
3.5.1 Colecta del material biológico 22
3.5.2 Extracción de ADN 22
3.5.3 Determinación de concentración y pureza 23
3.5.4 Amplificación de los microsatélites 24
3.5.5 Verificación de la amplificación de los microsatélites 24
3.5.6 Lectura de los pesos de los microsatélites 24

3.5.7 Procesamiento de la información 25
IV. RESULTADOS 26
4.1. Caracterización morfológica y morfométrica de las etnovariedades 26
4.1.1 Variables cuantitativas 26
4.1.2 Variables cualitativas 27
4.2. Caracterización morfológica entre etnovariedades comerciales provenientes de seis comunidades de la cuenca baja del rio Ucayali. 35
4.3. Caracterización genética de las etnovariedades 38
4.3.1 Polimorfismo y frecuencia de alelos por *locus* 38
4.3.2 Genotipos encontrados en *Manihot esculenta* Cratnz 39
4.3.3 Relación genética entre las etnovariedades *Manihot esculenta.* 40
4.3.4 Distancia entre las etnovariedades de *Manihot esculenta,* Cratnz 41
4.4. Relaciones filogeográficas entre las etnovariedades comerciales de *Manihot esculenta,* Cratnz. 41
4.4.1 Variabilidad genética de las etnovariedades comerciales. 41
4.4.2 Distancia genética entre los cultivos de cuatro etnovariedades comerciales de *Manihot esculenta,* Cratnz 42
4.4.3 Relación genética entre los genotipos de cuatro etnovariedades comerciales de *Manihot esculenta* Cratnz. 43
V. DISCUSIÓN 44
5.1. Caracterización morfológica y genética de etnovariedades 44
5.2. Comparación de los cultivares dentro de las etnovariedades comerciales 47
VI. CONCLUSIONES 50
VII. RECOMENDACIONES 51
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52
IX. ANEXOS 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descriptores morfológicos evaluados en las hojas de *Manihot esculenta* Cratnz, para la diferenciación de las etnovariedades estudiadas. **27**

Tabla 2. Descriptores morfológicos evaluados en las Raíces de *Manihot esculenta* Cratnz, para la diferenciación de las etnovariedades estudiadas. **30**

Tabla 3. Descriptores morfológicos evaluados en los Tallos de *Manihot esculenta* Cratnz, para la diferenciación de las etnovariedades estudiadas. **32**

Tabla 4. Descriptores morfológicos evaluados en las hojas de *Manihot esculenta* Cratnz, para la caracterización de las etnovariedades comerciales. **35**

Tabla 5. Descriptores morfológicos evaluados en las Raíces de *Manihot esculenta* Crantz, para la caracterización de las etnovariedades comerciales. **36**

Tabla 6. Descriptores morfológicos evaluados en los Tallos de *Manihot esculenta* Cratnz, para la caracterización de las etnovariedades comerciales. **37**

Tabla 7. Número de alelos y heterocigocidad observada y esperada para cada *locus* de *Manihot esculenta* Cratnz. **39**

Tabla 8. Distancia genética de Nei 1972 para las 16 etnovariedades con la misma denominación en las 6 comunidades estudiadas. **42**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de distribución geográfica de *Manihot esculenta* Cratnz **4**
Figura 2. Amplificación de la región microsatélites **14**
Figura 3. Mapa de ubicación de los lugares de colecta de los individuos de "yuca" *Manihot esculenta* Cratnz. **15**
Figura 4. Color de brotes de las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz **28**
Figura 5.Formas del lóbulo central para las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz **28**
Figura 6. Color de la venas de las hojas para las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz **28**
Figura 7. Colores de las hojas adultas de *Manihot esculenta* Cratnz **29**
Figura 8. Color de las venas de la hoja adulta para las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz **29**
Figura 9. Color y textura de la corteza externa de las etnovariedades caracterizadas de *Manihot esculenta* Cratnz **31**
Figura 10. Color de la pulpa central de la raíz de *Manihot esculenta* Cratnz **31**
Figura 11. Color de la corteza interna de la raíz o filodermis de *Manihot esculenta* Cratnz **31**
Figura 12. Color de externo del tallo de *Manihot esculenta* Cratnz **33**
Figura 13. Color del colénquima de *Manihot esculenta* Cratnz **33**
Figura 14. Color interno de la epidermis de *Manihot esculenta* Cratnz **33**
Figura 15.Color de ramas terminales de las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz **34**
Figura 16. Habito de ramificación de las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz **34**
Figura 17.Etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz proveniente de seis comunidades de la cuenca baja del rio Ucayali. **40**
Figura 18.Proyección gráfica de los resultados del AFC obtenidos para los etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz provenientes de seis localidades de la cuenca baja del rio Ucayali **41**
Figura 19. Dendrograma mostrando los resultados del análisis Neighbor Joining para las 17 etnovariedades comerciales de la cuenca baja del rio Ucayali **43**

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Etnovariedades de yuca colectadas en seis comunidades de la cuenca baja del rio Ucayali **65**

Anexo 2. Loci, secuencia y tamaño en pares de bases (Pb) de los 12 Primers microsatélites utilizados. **66**

Anexo 3. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos para los descriptores morfométricos evaluados en las 26 etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz del bajo Ucayali **67**

Anexo 4. Genotipos encontrados en los 128 individuos de *Manihot esculenta* Cratnz **68**

Anexo 5. Distancia genética de Nei 1972, para las 26 etnovariedades evaluadas de *Manihot esculenta* Cratnz **69**

Resumen

Se realizó la caracterización morfológica y genética de 26 etnovariedades de yuca *Manihot esculenta* Cratnz provenientes de seis localidades de la cuenca baja del río Ucayali. Los análisis fueron realizados mediante 22 descriptores morfológicos (15 cualitativos y 7 cuantitativos) y 12 *loci* microsatélites. Se generaron dos niveles de información: a) análisis global entre las 26 etnovariedades, y b) entre cultivos de cuatro etnovariedades comerciales. Los resultados morfológicos mostraron sobre posición de caracteres de algunas etnovariedades, en tanto que los análisis genéticos mostraron diferencias entre ellas, validando las 26 etnovariedades evaluadas. A nivel morfológico las hojas fueron las que presentaron mayor variabilidad entre las etnovariedades (color de brote, forma del lóbulo, color del peciolo), a nivel genético las etnovariedades estuvieron agrupadas formando cinco grandes grupos bien definidos. La evaluación a nivel de cultivos de las cuatro etnovariedades comerciales mostró que "yuca amarilla" fue la etnovariedad que presento la mayor variabilidad entre las cuatro etnovariedades comerciales evaluadas, en tanto que "piririca", "señorita" y "cogollo morado" presentaron mayor estabilidad morfológica como genética. Así mismo los resultados muestran una fuerte sobre posición de caracteres tanto a nivel morfológico como genético entre los cultivos de las etnovariedades comerciales evaluadas, siendo que la etnovariedad "señorita" de la comunidad de San José de Paranapúra con "cogollo morado" de la localidad de Chingana compartieron el mismo genotipo. Esto puede significar: i) que los pobladores están confundiendo las etnovariedades, ii) que la similitud fenotípica observada en la yuca no es necesariamente producto de la similitud genotípica, o iii) que *Manihot esculenta,* a pesar de ser una especie con muchos años de domesticación encierra todavía una gran variabilidad genética en sus cultivos.

I. INTRODUCCIÓN

El género *Manihot* es un taxón americano con centro de origen y domesticación todavía en discusión (1). Se han descrito alrededor de 98 especies en este género, siendo *Manihot esculenta* Cranzt conocido comúnmente como "yuca", "mandioca" o "cassava" (según el lugar de cultivo), la especie más propagada. Fue reportada en cerca de 180 naciones alrededor del mundo, en América es reportada desde los Estados Unidos de Norteamérica hasta Argentina, con mayores concentraciones en México y el norte de Brasil (2; 3).

La diversidad genética de la "yuca" ha sido caracterizada en términos de variedades cultivadas, y se estima alrededor de 7000 variedades encontradas en todo el mundo (4), en su mayoría etnovariedades, mantenidas por agricultores tradicionales (5,6). La gran cantidad de variedades se encuentran adaptadas a diferentes condiciones ecológicas y con innumerables variaciones morfológicas y organolépticas (7-9).

En la región Amazónica, los sistemas agrícolas tradicionales en su gran mayoría tienen como especie estructurante a la "yuca", por presentar una elevada diversidad intra e intervarietal, sea dentro de los campos de cultivo, como dentro o entre comunidades (10). De este modo se refuerza la idea de que la Amazonía es uno de los principales centros de origen y diversidad de la especie en el planeta (11- 13).

En la actualidad la "yuca" está siendo objeto de numerosos estudios los cuales están divididos esencialmente en dos líneas de investigación, La primera que evalúa variedades que ofrezcan resistencia a plagas y enfermedades, así como mayores producciones (14-16) y la segunda que se basa en investigaciones taxonómicas y moleculares basadas en ADN. Cabe destacar que toda descripción taxonómica se basa en el análisis de caracteres observables generalmente usando

descriptores morfológicos, que son caracteres importantes y útiles en la descripción de una muestra, cuando estos caracteres son constantes permiten tipificar a la especie (17). Sin embargo, es conocido que la expresión de muchas características morfológicas es variable y profundamente influenciada por el ambiente, por lo que estos estudios fueron complementados con análisis moleculares que utilizan como herramienta principal la información desplegada en la doble hélice del ADN (Ácido desoxirribonucleico). (1,18)

Los marcadores moleculares, más allá de mostrar regiones aleatorias del genoma, representan una porción del mismo que no sufre influencia ambiental, por lo tanto, han sido utilizados exitosamente en la caracterización molecular de cultivares de "yuca" procedentes de diferentes regiones y países (19-24). La técnica de microsatélites o Secuencias Simples Repetidas (SSR), resultan atractivos para estudios moleculares debido a su abundancia en el genoma vegetal, codominancia, su alto polimorfismo y adaptabilidad a la automatización (25, 26). Por lo tanto, estos marcadores son ampliamente utilizados para evaluar la diversidad genética, las relaciones fitogeografías, el origen, la domesticación y la construcción de mapas genéticos (27).

El conocimiento de la diversidad genética de los cultivos, incluyendo la "yuca", en cualquier región del mundo, permite aportar información básica en la toma de decisiones para propósitos de mejoramiento y conservación de la especie (28). En la Amazonía peruana existen pocos estudios sobre la caracterización morfológica de las variedades locales de "yuca", y se desconoce completamente aspectos sobre su genética molecular.

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo la caracterización morfológica y genética de las etnovariedades de "yuca" (*Manihot esculenta)* de seis localidades de la cuenca baja del rio Ucayali, mediante el empleo de descriptores morfológicos y uso de marcadores microsatélites.

II. REVISIÓN LITERARIA

2.1. Origen y distribución

Se desconoce el lugar de origen de la "yuca", pero la mayoría de botánicos y ecólogos consideran que es originario de América tropical; y con centro de origen probable el Noreste del Brasil, donde se encuentra la diversidad más amplia del género (14).

La distribución de la "yuca" (Figura 1) a otros continentes se inició después del descubrimiento de América. Los portugueses la llevaron desde Brasil a las Costas Occidentales de África en el siglo XI; posteriormente a finales del siglo XVIII la introdujeron a Madagascar y luego por la Costa Oriental. El hecho de que la introducción de este cultivar en el África ha sido por ambas costas, explica la amplia dispersión de ésta especie en el continente Africano. La introducción al Sureste del continente Asiático ocurrió a principios del siglo XVII por parte de comerciantes españoles. Finalmente la "yuca" pasó del África a la India aproximadamente en 1800; donde se encuentra extensamente difundida y constituye una fuente importante en la alimentación (14).

La "yuca" ha evolucionado como una especie cultivada por selección natural y por el cuidado del hombre. Esta historia no es muy clara, presenta muchas conjeturas, debido a que existen muy pocas pruebas arqueológicas o etnobotánicas que sugieran el momento en que empezó su cultivo. La "yuca" pudo haber sido cultivada por primera vez en Brasil, Venezuela o Centro América (29). El área de domesticación comprende desde México hasta Brasil y se ha cultivado desde hace unos 5000 años (30).

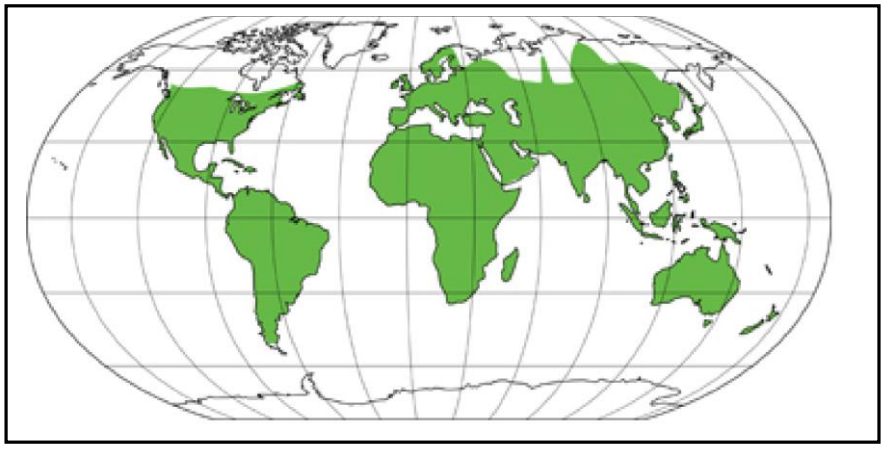


Figura 1. Mapa de distribución geográfica de *Manihot esculenta* Cratnz.

2.2. Posición taxonómica

Según sistema de clasificación *Angiosperm Phylogeny Group* II (APG II) *Manihot esculenta* Crantz se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

División	:	Phanerógamas
Subdivisión	:	Angiospermas
Clase	:	Dicotiledoneas
Subclase	:	Choripetales
Orden	:	Geraniales
Suborden	:	Tricoccae
Familia	:	Euphorbiaceae
Sub familia	:	Crotonidae
Tribu	:	Manihoteae
Género	:	Manihot
Especie	:	*Manihot esculenta* Crantz.

Manihot esculenta es conocido en la Amazonia Brasilera como “macaxeira”, “macachera”, “macaxera”, en el Noreste de Rio de Janeiro y el sur de Brasil se lo conoce como “aipim” a las variedades dulce y comestibles, mandioca a las variedades amargas, bravas o venenosas aunque en algunos estados todas las

variedades son conocidas como “mandioca”; en los países de lengua española es conocida como “yuca”; en inglés es conocida como “cassava” y raras veces como “tapioca”. En los países como África y Asia es conocido como “suahili”, “mhogo” y “omowgo”

2.3. Descripción botánica

Manihot esculenta Cratnz pertenece a la familia Euphorbiaceae la cual está constituida por aproximadamente 7200 especies y tienen como característica principal un notable desarrollo de los vasos laticíferos, los cuales están compuesto por células secretoras llamadas galactositos, las que producen la secreción lechosa que caracteriza a las plantas de ésta familia (31).

Una de las tribus más importantes de ésta familia es Manihoteae, la cual está representada por el género *Manihot* que agrupan arbustos o hierbas de porte alto. Dentro del género *Manihot*, se han clasificado un centenar de especies, entre las cuales la única cultivada comercialmente es la “yuca” *Manihot esculenta* Crantz (32).

2.4. Descripción de la planta

La “yuca” es un arbusto monoico de ramificación simpódica que según las condiciones ecológicas y ambientales su altura puede llegar a los cinco metros (33).

2.4.1 Tallo

El tallo posee una corteza y un cilindro central. La corteza está dividida en: corteza externa, que comprende la epidermis y el súber o corcho; la corteza media o felodermis, que está llena de un látex ácido, y atravesada por tejido de sostén y esclerénquima; la corteza interna está formada de parénquima cortical, floema primario y floema secundario. El cilindro central está compuesto de xilema

secundario y de médula, que es un tejido esponjoso (31). El nivel de ramificación del tallo es importante especialmente para efectuar labores de control de maleza y para los estudios de caracterización morfológica (33).

Otro de los caracteres importantes del tallo es la presencia de los entrenudos debido a que es el medio que se emplea para la multiplicación vegetativa o asexual por lo que la longitud existente entre los entrenudos es un factor importante en la propagación y los estudios de la especie, la longitud entre los entrenudos puede ser variable porque no solo depende de la variedad sino también de otros factores como la edad de la planta, las sequias, los ataques de insectos (32, 34).

Cada nudo cuenta con la presencia de yemas axilares el cual permite que una estaca pueda producir una nueva planta, sin embargo el número de tallos producidos depende de la forma en la que se siembran las estacas, cuando es horizontal todos los nudos tienden a brotar, pero si se entierra en posición vertical, por lo general solo la yema apical se activa (32).

2.4.2 Hojas

Las hojas son simples y están compuestas por la lámina foliar y el peciolo. La lámina foliar es palmeada y profundamente lobulada. El número de lóbulos en una hoja es variable y por lo general es impar, oscilan entre tres y nueve (1,33).

Se puede clasificar la forma de los lóbulos de distintas maneras. Una clasificación simple distingue tres tipos de lóbulos: lineal o recto, obovado y pendulado, el haz de la hoja está cubierta por una cutícula cerosa brillante, mientras que el envés es opaco y en él se encuentran localizados la mayoría de los estomas, aunque algunas variedades también presentan abundantes estomas en el haz (1).

Las hojas maduras son siempre glabras; las hojas del cogollo; sin embargo, pueden o no ser pubescentes y éste es un aspecto relevante, pues la pubescencia en las hojas del cogollo está estrechamente relacionada a la resistencia a enfermedades causada por insectos (1).

2.4.3 Inflorescencia

La "yuca" es una planta monoica, con flores unisexuales tanto masculinas como femeninas en una misma planta y generalmente en la misma inflorescencia. El tiempo de floración y la cantidad de flores que producen depende de la variedad y las condiciones ambientales (1).

Cada inflorescencia posee 50-60 flores monoperiantadas (monoclamideas). Las flores femeninas están en la base de la inflorescencia y son pocas; las flores masculinas se encuentran en la parte alta de la inflorescencia y son abundantes, la proporción es de 6-10 flores masculina por flor femenina (1, 33). Las flores de la "yuca" no presentan ni cáliz ni corola, sino que hay cinco tépalos los cuales pueden ser de distintas tonalidades según la variedad. La flor masculina es esférica, con un diámetro de aproximadamente 0.5 cm. Presenta un pedicelo recto y muy corto, mientras que el de la flor femenina es más grueso y largo. La flor femenina es ligeramente más grande que la masculina, sobre todo en el eje longitudinal (1).

La flor femenina tiene en su interior un disco menos lobulado que el de la flor masculina, el cual descansa sobre la pared central del ovario. El ovario es súpero, dividido en tres carpelos que contiene cada uno un óvulo individual. Sobre el ovario se encuentra el estilo muy pequeño que da origen a un estigma compuesto de tres lóbulos ondulado y carnoso. Las flores masculina y femeninas no polinizadas, generalmente se desprenden una vez se inicia el proceso de maduración de los frutos (1).

2.4.4 Frutos

Es una cápsula tricarpelar, provista de seis alas y se abre por seis valvas en la madurez, lo que por lo general, se produce a partir de los cinco meses (1,35). El fruto cortado transversalmente presenta un epicarpio, un mesocarpio y un endocarpio. El pericarpio es leñoso y con tres lóbulos, cada uno con una sola semilla; cuando el fruto está maduro y seco, el pericarpio se abre liberando y dispersando las semillas (1).

2.4.5 Raíces

Las raíces de la "yuca" poseen la capacidad de almacenar almidón, lo que la convierte en el órgano de la planta con mayor valor económico (34). La planta se desarrolla de dos formas, de semilla sexual o asexualmente por estacas; si proviene de semilla sexual se desarrolla una raíz primaria pivotante y otras de segundo orden y la que evoluciona a raíz tuberosa es la raíz principal, si la planta proviene de estacas las raíces son adventicias y se forman en la base inferior cicatrizada de la estaca, estas raíces al desarrollarse, inicialmente forman un sistema fibroso, pero después algunas de ellas inician su engrosamiento y se convierten en raíces tuberosas (1).

Las raíces pueden adquirir formas y tamaños muy variables, siendo estas características dependientes tanto de la variedad como de las condiciones ambientales en que la planta crece (32; 35).

2.5. Agroecología de la "yuca"

La "yuca" crece en zonas cuya precipitación varía desde 500 mm a más de 3000 mm anuales y que se encuentran a temperaturas que oscilan entre 20° C a 30° C, ocasionalmente pueden resistir fuertes sequías ya que poseen la facultad de entrar en un estado de latencia (36).

El viento es un factor desfavorable cuando las plantas son adultas y muchas veces puede ocasionar la caída de las plantas (31). En zonas de vientos fuertes es necesario establecer cortinas rompe vientos (37).

La “yuca” es una planta típica de fotoperíodo corto, 10 - 12 horas luz/día (37). Se adapta a una gran variabilidad de suelos, desde aquellos suelos pobres en elementos nutritivos hasta los más fértiles, siempre que sean bien permeables para infiltrar el agua de fuertes lluvias, suelos profundos, ligeros, porosos y sueltos (38). Los suelos para plantar “yuca” deben tener entre 30 y 40 cm. de profundidad, libres de capas impermeables, material rocoso y nivel freático cerca de la superficie. El pH puede oscilar entre 5.5 y 8.5 (37).

2.6. Aporte nutricional y composición química

La raíz de “yuca” contiene menores cantidades de grasa y proteína que el arroz, maíz u otros cereales. El follaje y la raíz son dos productos que balanceados con otros componentes son de alto valor nutritivo en la dieta humana y animal. Las hojas contienen más del doble de proteínas que los tallos, también son más ricas en caroteno, calcio, fibras y grasas que las raíces. La raíz es fundamentalmente rica en carbohidratos (39, 40). El contenido de vitaminas y minerales en las raíces de la “yuca” es bajo, pero por el contrario las hojas de “yuca” son uno de los vegetales verdes con mayor concentración proteica: aminoácidos, vitaminas, minerales, ácidos, carbohidrato (77% de agua, 13.3% de carbohidratos solubles y 1.2% de grasa). Contiene 18 aminoácidos esenciales, minerales (hierro, calcio, potasio, fósforo, magnesio, zinc y cobre) y un alto contenido de betacarotenos y vitaminas A, B1, B2, B6, B12 y C. (41)

2.7. Usos de la “yuca”

2.7.1 Uso doméstico

En la mayoría de las zonas productoras de “yuca” las raíces se utilizan en forma fresca, como elemento básico de la alimentación humana diaria (40). La forma más usual de consumo de la “yuca” como alimento humano es cocida o procesada, se pueden elaborar harinas a base de “yuca” como el casabe que es un pan en forma de tortilla gruesa que se asa, y la fariña elaborada a partir de una masa granulada, la cual es deshidratada en una “blandona” (recipiente metálico de gran tamaño, 1 m ó más de diámetro) a fuego durante aproximadamente dos horas hasta que tenga un color marrón y esté crocante (36, 42).

2.7.2 Uso industrial

Los dos principales productos que se obtienen son: la “yuca” seca en trozos, con la que se preparan harinas y “pellets”, especialmente destinados a la alimentación animal, y el almidón de “yuca”, también puede tener potencial en la producción de dextrosa (40). Entre los usos no alimenticios el almidón se emplea como adhesivo en la fabricación de cartones corrugados, gomas para rehumedecer, papel de muros y adhesivo, industria textil, fabricación de maderas enchapadas, etc. (31, 40)

2.7.3 Uso medicinal

La “yuca” también se emplea por sus propiedades medicinales, por ejemplo, contra las diarreas, aplicándola en enemas. En Haití, se usa la cataplasma hecha con hojas de “yuca” para eliminar el dolor de cabeza. En Trinidad y Venezuela, para tratar la tuberculosis, casos de diarrea, dolor de garganta, de muela y de cabeza. La medicina tradicional africana usa las hojas y las raíces contra la diabetes (38).

2.8. Descriptores morfológicos

Un descriptor es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una planta. Los descriptores son aplicados en la caracterización y evaluación de las plantas debido a que ayudan a su diferenciación y a expresar el atributo de manera precisa y uniforme, lo que simplifica la clasificación, el almacenamiento, la recuperación y el uso de los datos.

Los descriptores morfológicos califican las características de la muestra o variedad nativa con un valor numérico, código o adjetivo calificativo (28), todas las descripciones botánicas se basan en el análisis de caracteres morfológicos que cuando llegan a ser constantes nos permiten tipificar a las especies, pero también nos dice que la expresión de muchas características es variable y profundamente influidas por el ambiente (1).

La interacción de la variedad por ambiente es muy marcada en el cultivo de "yuca", las características de una variedad situada en un ambiente especifico, cambia drásticamente cuando la misma variedad es plantada en otro tipo de ambiente, por tal razón esta característica dificulta la descripción morfológicas de las variedades existentes (1).

Para elaborar una lista de descriptores se debe considerar dos tipos de características, teniendo en cuenta que no existe una división entera entre ellas: a) descriptores que sirven para distinguir y caracterizar el germoplasma y b) aquellos que evalúan características de importancia agronómicas, como tipo de raíz, alturas de la planta, contenido de ácido cianhídrico (HCN), forma de la planta, entre otras (43). Siendo que el primer grupo engloba descriptores que

registran la mayor variabilidad, como son: color de la hoja apical sin extenderse, forma del lóbulo, color de la corteza del tallo, color del peciolo, color del sépalo, color del ovario, color de disco, color de colénquima, pedúnculo de la raíz, forma de raíz, color de la pulpa de la raíz, color de las anteras y el color de la corteza de la raíz (28).

Los descriptores morfológicos pueden ser divididos también como: a) descriptores morfológicos cualitativos y b) descriptores morfológicos cuantitativos. Los primeros tienen mayor acción en la manifestación del carácter y son determinados por pocos genes; en tanto que los segundos son los que tienen gran interacción con el medio ambiente es decir son los que presentan variación, y están determinados por muchos genes (28).

En la actualidad se cuenta con tres listas de descriptores para caracterizar las variedades de "yuca": a) descriptores del International Board for Plant Genetic Resources – IBPGR (44), b) descriptores de la Empresa Brasilera de Pesquisa Agropecuaria – EMBRAPA (45), y c) descriptores del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología - INIA (28)

2.9. Marcadores moleculares

A mediados del siglo XX Watson y Crick descubrieron la estructura del ADN (Ácido desoxirribonucleico) lo que permitió el conocimiento básico del código genético y los mecanismos mediante los cuales la totalidad de características visibles y no visibles de un organismo se establecen y son transmitidas de generación en generación (46).

Con el paso del tiempo las técnicas moleculares fueron evolucionando hasta lograr detectar polimorfismo genético directamente a nivel del ADN. En su orden, las técnicas comenzaron con el uso de enzimas de restricción que

permitieron el análisis de polimorfismo de longitud de los fragmentos de restricción del ADN (Restriction Fragment Length Polymorphism – RFLP). Posteriormente, la amplificación en cadena usando una ADN polimerasa; Reacción en cadena de polimerasa (PCR) permitió la descripción de otros marcadores moleculares que junto a técnicas de clonación y secuenciamiento del ADN proporcionaron información abundante sobre la estructura del genoma monocariótico y eucariótico. El uso de estas técnicas llevó al descubrimiento de otra fuente de polimorfismo genético, los mini y microsatélites que son secuencias repetidas de ADN (47).

2.10. Microsatélites (SSR – Secuencias simples repetidas)

Más del 90% del genoma de plantas y animales consiste en repeticiones en secuencia. Las repeticiones en secuencia del material genético ADN, Los SSR (Figura 2), son secuencias cortas repetidas compuestas de 2-5 pares de bases de longitud y se presentan en grupos de 100 o menos copias repetidas en promedio (48). Son altamente abundantes en el genoma de eucariontes, pero también ocurren en procariontes a baja frecuencia (49). Los di, tri y tetranucleótidos son las repeticiones más comunes en los microsatélites, y se encuentran distribuidas por todo el genoma de la planta o del animal (50). Los microsatélites pueden ser clasificados en 3 categorías, puro, compuesto e interrumpido.

La técnica de SSR se basa en la amplificación por PCR usando primers que son complementarios a las regiones que flanquean los microsatélites (51). El uso de microsatélites se ha extendido y se los emplea para el estudio de mapeamiento genético, estudios de poblaciones, evolución, en programas de mejoramiento genético, caracterización de líneas endocriadas y variedades de plantas cultivadas (52).

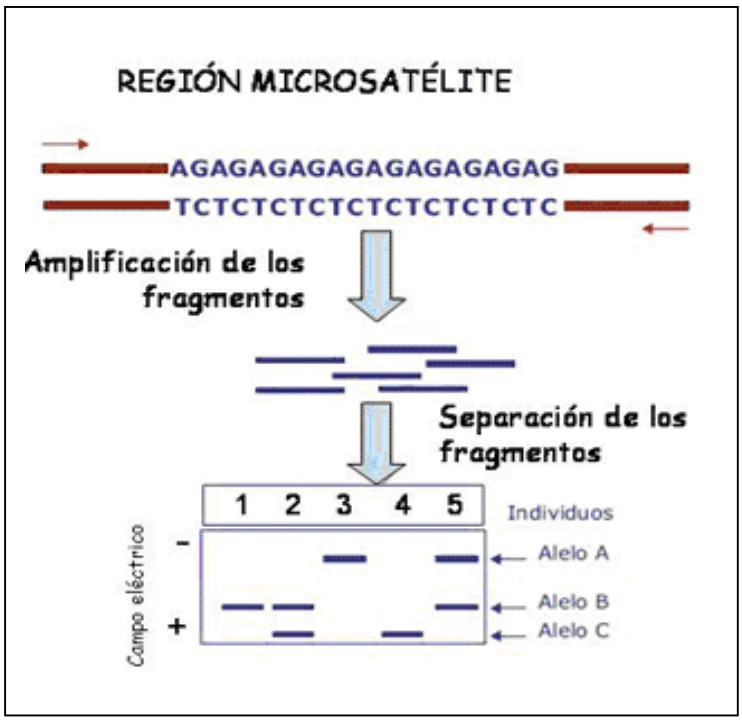
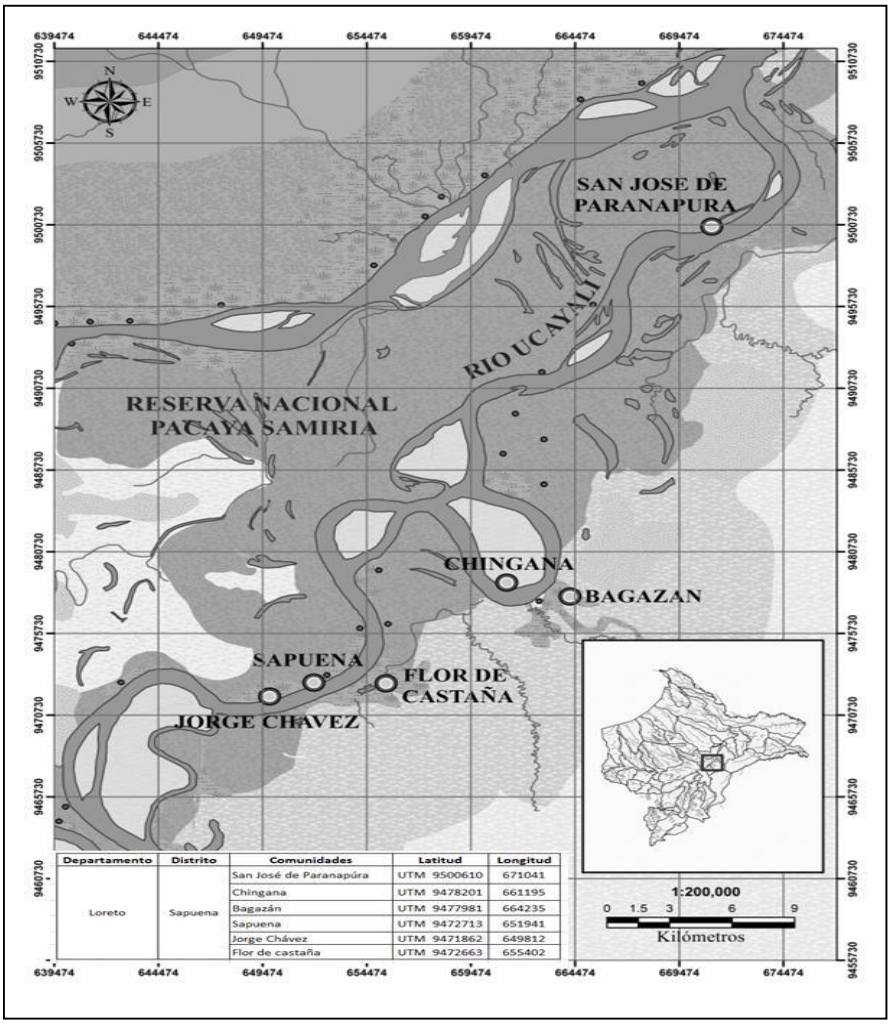


Figura 2. Amplificación de la región microsatélites

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y descripción del área de estudio

La colecta del material biológico para la caracterización morfológica y genética se realizó en seis comunidades de la cuenca baja del rio Ucayali en el Distrito de Sapuena Provincia de Requena. Dos de las comunidades evaluadas se ubicaban en zonas de tierra firme: Bagazán y Flor de Castaña; Las cuatro restantes en zonas inundables: San José de Paranapúra, Chingana, Sapuena y Jorge Chávez (Figura 3).



Departamento	Distrito	Comunidades	Latitud	Longitud
Loreto	Sapuena	San José de Paranapúra	UTM 9500610	671041
		Chingana	UTM 9478201	661195
		Bagazán	UTM 9477981	664235
		Sapuena	UTM 9472713	651941
		Jorge Chávez	UTM 9471862	649812
		Flor de castaña	UTM 9472663	655402

Figura 3. Mapa de ubicación de los lugares de colecta de los individuos de "yuca" *Manihot esculenta* Cratnz.

El área de estudio posee una precipitación promedio anual de 2759 ± 533 mm y temperatura media de 26,8 ± 1,5ºC. La humedad relativa en la zona es de 87%, con una evapotranspiración potencial promedio anual de 1518 mm (53).

Los suelos de la zona no inundable presentan una textura que varía de franco arcillo-arenosa a franco-arenoso, Tienen reacción ácida. El contenido de materia orgánica es bajo, La capacidad de intercambio catiónico es baja y la disponibilidad de nutrientes también es muy baja. Los suelos de la zona inundable son los más jóvenes, presentan un mayor nivel de fertilidad natural puesto que, periódicamente, reciben aportes de material sedimentario por efecto de las inundaciones. En general, tienen un pH que varía de ligeramente ácido a neutro y buena capacidad de intercambio catiónico (42).

3.2. Colecta del material biológico *in situ*

Fue colectado material biológico (estacas) de plantas de "yuca" consideradas como variedades distintas por las comunidades campesinas (etnovariedades) en la zona de estudio. Por cada etnovariedad fueron colectados un total de cinco individuos, considerando la colecta de un solo individuo por campo de cultivo (chacra), debido a que en cada campo de cultivo todos los individuos de una misma etnovariedad son clones.

Para garantizar la disposición de por lo menos cuatro yemas viables, fueron colectadas dos estacas de un metro de largo por cada uno de los individuos. Las estacas se cortaron de la parte central de los tallos descartando la parte superior que es muy verde y la inferior por ser muy madura. Las estacas fueron codificadas y acondicionadas en paquetes para su traslado y siembra en el Centro de Investigación Fernando Alcántara Bocanegra del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (CIFAB-IIAP), ubicado en el km 4,5 de la carretera Iquitos-Nauta, Distrito de San Juan Bautista.

3.3. Cultivo del material biológico *ex situ*

Para el cultivo del material colectado en campo se acondicionó el terreno dos semanas antes de la siembra, retirando la maleza y homogenizando la fertilidad del suelo (arcillo-arenoso), adicionando mezclas de abono orgánico (gallinaza) en proporciones de 1:1.

Se colectaron un total de 215 individuos, los cuales fueron plantados de forma manual, introduciendo aproximadamente la mitad de cada estaca de forma vertical inclinada en un ángulo entre los 45° y 80°. Las plantas estuvieron distribuidas y separadas entre sí a un metro de distancia. Para asegurar el crecimiento de las plantas se sembraron dos estacas por cada individuo colectado, de los cuales 14 individuos tuvieron pobre germinación y bajo desarrollo por lo que fueron descartados, quedando 201 individuos para la realización del análisis subsecuente (Anexo 1).

3.4. Caracterización morfológica

La caracterización Morfológica de las etnovariedades se realizó en base a 22 descriptores; 7 cuantitativos y 15 cualitativos; seleccionados de la lista de descriptores morfológicos de la Empresa Brasilera de Pesquisa Agropecuaria – EMBRAPA (45).

Las plantas fueron evaluadas a los tres, seis y nueve meses de edad según lo indicado por la lista de descriptores, los datos obtenidos fueron registrados en fichas de campo según lo determinado en la lista de descriptores. Para la toma de los datos cuantitativos se usó reglas metálicas, cintas métricas, reglas de madera calibradas en metros, y vernier digital. Mientras que para los datos de los descriptores cualitativos (nominales y de coloración), se utilizó las imágenes y colores planteados en la lista de descriptores utilizada.

3.4.1 Descriptores cuantitativos

Para la obtención de los datos cuantitativos, se realizó la medición de 5 repeticiones por cada individuo evaluado (para minimizar el margen de error), las medidas utilizadas están expresadas en centímetros, los descriptores evaluados son los siguientes:

3.4.1.1 Largo del lóbulo central de la hoja

Se evaluó a los seis meses de edad, se midió el largo del lóbulo central de 5 hojas para cada individuo, luego se calculó el promedio de todas las medidas.

3.4.1.2 Ancho del lóbulo central la hoja

Se evaluó a los seis meses de edad, se midió la parte más ancha del lóbulo central de las 5 hojas colectadas y se calculó el promedio de todas las medidas.

3.4.1.3 Largo del peciolo

Se evaluó a los seis meses de edad, se midió los peciolos de 5 hojas, y se calculó el promedio de todas las medidas.

3.4.1.4 Altura de la planta

Se evaluó a los nueve meses de edad antes de la cosecha de la plantas; se midió la altura total de la planta, desde la base hasta la última rama.

3.4.1.5 Altura de la primera ramificación

Se evaluó a los nueve meses de edad; se midió desde la base de la planta hasta la primera ramificación.

3.4.1.6 Diámetro del tallo

Se evaluó a los nueve meses de edad de la planta; se midió el diámetro del tallo en el tercio medio superior de la planta.

3.4.1.7 Distancia entre nudos

Se evaluó a los nueve meses de edad, se consideró la distancia que hay entre los nudos de la parte media de la planta, se tomó 5 mediciones y luego se calculó el promedio de todas las medidas.

3.4.2 Descriptores de cualitativos

Los datos cualitativos se evaluaron de acuerdo a las imágenes y colores de la lista de descriptores propuestos por EMBRAPA (45):

3.4.2.1 Color de las hojas apicales

Se evaluó a los dos meses de desarrollo de la planta y se asignó un código expresado en un número entero (3= verde claro, 5= verde oscuro, 7= verde con púrpura, 9= púrpura).

3.4.2.2 Forma de lóbulo central

Se evaluó a los seis meses de desarrollo de la planta, se observó el lóbulo central de las hojas adultas y se comparó con lo determinado por los descriptores y se asignó un código expresado en un número entero (1=ovoide, 4=oblongo lanceolada, 5=lanceolada, 6=recto o lineal).

3.4.2.3 Número de lóbulos por hoja

Se evaluó a los seis meses de desarrollo, se contó el número total de lóbulos de 5 hojas por cada planta, se toman en cuenta las hojas presentes en la parte media de la planta.

3.4.2.4 Color de la hoja adulta

Se evaluó a los seis meses de desarrollo, se toman 5 hojas por cada planta se registró el numero asignado para cada color según lo indicado por la lista de descriptores y se asignó un código expresado en un número entero (3= verde claro, 5 = verde oscuro).

3.4.2.5 Color de la vena de la hoja

Se evaluó en la parte inferior del lóbulo central de las hojas del tercio medio de la planta (3= verde, 5=rojo, 9=purpura).

3.4.2.6 Color del peciolo

Se evaluó a los seis meses de desarrollo, se observó el color de los peciolos y se asignó un código expresado en un número entero (1=verde amarillento, 2 = verde, 3= verde rojizo, 5=rojo con verde, 7= rojo, 9=purpura)

3.4.2.7 Habito de ramificación

Se evaluó a los nueve meses de desarrollo; Se observó la primera ramificación (1 =erecto, 2= dicotómico, 3= tricotómico, 4= tetracotómico)

3.4.2.8 Color externo del tallo

Se evaluó a los nueve meses de desarrollo; se observó el color externo del tallo y se comparó con los colores determinados por la lista de descriptores y se asignó un código expresado en un número entero (4= verde amarillento, 5= dorado, 6= marrón claro, 7=plateado, 9= marrón oscuro)

3.4.2.9 Color del colénquima del tallo

Se evaluó a los nueve meses de desarrollo, se describe el color de la capa interna del tallo, se efectuó un pequeño corte y se observó el color de la epidermis y se asignó un código expresado en un número entero (2= verde claro, 3= verde oscuro, 5=purpura)

3.4.2.10 Color interno de la epidermis

Se evaluó a los nueves meses de desarrollo, se realizó un pequeño corte en la epidermis y se observó la cara interna de la epidermis (piel), y se asignó un código expresado en un número entero (1=crema, 2=marrón claro, 3= marrón oscuro)

3.4.2.11 Color de las ramas terminales

Se evaluó a los 9 meses de desarrollo, se observó la coloración de las ramas de los 20 centímetros superiores de la planta y al color se le asignó un código expresado en un número entero. (3= verde, 5= verde rojizo, 7= rojo)

3.4.2.12 Color externo de la raíz

Se evaluó a los nueve meses de desarrollo, se observó el color el externo de la corteza después de lavar y secar la superficie de la raíz, al color se le asignó un código expresado en un número entero (1= blanco crema, 2= amarillo, 3=marrón claro, 4=marrón oscuro).

3.4.2.13 Color de la corteza de la raíz

Se evaluó a los nueve meses de desarrollo, se observó el color de la corteza interna de la raíz, y al color se asignó un código expresado en un número entero. (1= blanco crema, 2=amarillo, 3= rosado, 4=purpura)

3.4.2.14 Textura de la epidermis de la raíz

Se evaluó a los nueve meses de desarrollo, se determinó según la aspereza en la superficie de la raíz lavada y seca, la textura y se le asignó un código expresado en un número entero s (3=liso, 7=rugosa)

3.4.2.15 Color de la pulpa de la raíz (parénquima)

Se determinó a partir de 5 raíces por planta y se anotó el color que registra la mayor frecuencia de ocurrencia de la pulpa comestible de la raíz y se le asignó un código expresado en un número entero (2=crema, 3=amarillo, 4=rosado)

3.4.3 Procesamiento de la información

Con los datos cualitativos y cuantitativos se realizó una planilla base en el programa Microsoft Excel. Los análisis estadísticos fueron realizados en el programa Statistica versión 8.0. En el caso de los datos cuantitativos se realizó el

análisis estadístico descriptivo donde se calculó el promedio, Desviación estándar, coeficiente de variación, valor mínimo, valor máximo y Para los datos cualitativos se realizaron tablas de frecuencia.

3.5. CARACTERIZACIÓN GENÉTICA

3.5.1 Colecta del material biológico

Se colectaron hojas jóvenes de cada individuo plantado, las cuales fueron acondicionadas en papel aluminio, codificadas y conservadas dentro de tubos de plástico de 50 ml con tapa rosca conteniendo preservante sintético (Sulfato de calcio anhidro), hasta su extracción en el laboratorio.

3.5.2 Extracción de ADN

La extracción de ADN se realizó mediante el protocolo CTAB (Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide.) de acuerdo al método de Doyle & Doyle 1987 (54), modificado a las condiciones del Laboratorio de Biología y Genética Molecular:

1.- Se pesó 100 mg de tejido foliar, las cuales fueron colocadas en un microtubo de 2 ml, donde se agregó 1 ml de solución buffer CTAB (CTAB 2%, NaCl 1.5M, EDTA 25 mM, Tris HCl 0.1 M pH=8, 2 Mercaptoetanol 0.2%) y fueron trituradas hasta obtener una solución homogénea. Posteriormente se colocó Proteinasa K (10mg/ml).

2.- Se dejó el microtubo en baño-María a 60°C, toda la noche.

3.-Para la separación del material genómico se colocó 1 ml de cloroformo, el cual se mezcló suavemente por inversión durante 5 minutos, y se centrifugo a 8000 rpm por 5 minutos.

4.-Se tomó 500 µl del sobrenadante el cual se colocó en un nuevo microtubo de 1.5 ml; se agregó 750 µl de isopropanol frío (guardado en congelación -20Cº).

5.-Se mezcló suavemente por inversión durante 2 minutos, se colocó los tubos a congelación por 2 horas (el ADN precipitó durante este tiempo).

6.- se centrifugó a 13000 rpm durante 15 minutos (se obtuvo un pequeño pellet de ADN de color blanco en el fondo del microtubo).

8.- Se Descartó el sobrenadante (con cuidado de no perder el precipitado de ADN).

9.- Se agregó 750 µl de Etanol al 70%, se centrifugo a 13000 rpm durante 15 minutos.

10.- Se descartó el sobrenadante, con cuidado de no perder el pellet.

11.- Finalmente se secó el precipitado de ADN en una centrifuga al vacío durante 15 min. El pellet de ADN fue resuspendido en 30 µl de agua Mili-Q y se guardó a -20°C.

3.5.3 Determinación de concentración y pureza

Se realizó mediante el método espectrofotométrico de Maniatis 1989 (55) utilizando un cuantificador de ADN Gene Quant pro. La concentración de la muestra se determinó en base a la capacidad de absorbancia de la misma, utilizando las longitudes de ondas de 260nm y 280nm. La determinación de la pureza de la extracción, se realizó en un rango de aceptación entre: 1.7 – 2.0 (A_{260}/A_{280}) y la concentración del ADN extraído se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$A_{260} \times FD \times 50\mu g/\mu l$$

Dónde: A: absorbancia;

FD: factor de dilución (100)

3.5.4 Amplificación de los microsatélites

La amplificación de 12 *locus* microsatélites (Anexo 2): GA-5, GA-12, GA-21, GA-126, GA-131, GA-134, GA-136, GA-140, SSRY4, SSRY9, SSRY20, SSRY21; los ocho primeros diseñados por Chavarriaga-Aguirre (56) y los cuatro últimos por Mba (27). La reacción fue realizada en un volumen total de 10 µl, conteniendo 2.0 µl de Buffer (1x); 0.5 µl de $MgCl_2$ (1.25mM); 0.2 µl de cada dNTP (1mM); 0.4 µl de cada primer, excepto GA-12, GA-5, GA-21 que se colocó 0.15 µl (0.4 µM); 0.08 µl de taq polimerasa (5U/ µl) y 1 µl de ADN (100ng/µl). Las condiciones de temperatura fueron: un ciclo de denaturalización inicial a 96° C x 2 min., seguido de 30 ciclos consistente de: **a)** Denaturalización a 94°C x 1 min. ; **b)** Hibridación a 56.6° C x 1 min.; y **c)** Extensión a 72° C x 1 min. Seguida de una extensión final a 72° C x 30 seg.

3.5.5 Verificación de la amplificación de los microsatélites

La verificación de los productos amplificados se realizó en geles de agarosa al 2%, usando tampón de siembra (Gel red 1µl, H_2O Mili-Q 499 µl, Azul de bromofenol 1500 µl) y tampón de corrida TBE 1X, a 100V por 15 minutos. El ADN fue visualizado en un transluminador de UV Star 312 nm y foto documentado utilizando un sistema de imagen GEL LOGIC 100, KODAK (Anexo 2).

3.5.6 Lectura de los pesos de los microsatélites

Los segmentos amplificados fueron denaturados y separados mediante electroforesis capilar utilizando un secuenciador (Applied Biosystems) 3130XL, para lo cual se tomó 1µl del producto de PCR, junto con 8.6µl de Formamida y 0.4µl de GeneScan 500 ROX (marcador de peso molecular). Los pesos de los alelos de cada microsatélites fueron visualizados usando el software Peak Scanner versión 1.0 (https://products.appliedbiosystems.com).

3.5.7 Procesamiento de la información

3.5.7.1 Identificación de Genotipos

Los genotipos para cada planta se formaron sumando los perfiles genéticos obtenidos con los doce marcadores polimórficos.

3.5.7.2 Distancia genética entre las variedades

Se determinó la distancia genética entre las etnovariedades comerciales (aquellas que presentan la misma denominación en por lo menos tres comunidades; “piririca”, “yuca amarilla”, “cogollo morado” y “señorita”); la cual se estimó utilizando la distancia genética de Nei 1972 (57) con la ayuda del programa Genetix versión 4.05.2 (58).

3.5.7.3 Relación entre etnovariedades

Las relaciones entre las etnovariedades fueron estimadas utilizando el programa NEIGHBOR del software PHYLIP versión 3.5 (59). Se diseñó un dendrograma a partir de una matriz de datos que relacionaba todas las etnovariedades encontradas en las seis localidades y un segundo dendrograma creada a partir de una matriz que relacionaba los genotipos de las etnovariedades comerciales (aquellas que se presentan la misma denominación en por lo menos tres comunidades; “piririca”, “yuca amarilla”, “cogollo morado” y “señorita”); ambas matrices fueron creadas en el programa Genetix versión 4.05.2. Mientras que la visualización de los dendrogramas se realizó en el software TREEVIEW. Las etnovariedades de cada comunidad fueron tratadas como unidades taxonómicas operacionales (OTUs) y el soporte estadístico para los nudos correspondió a los valores de bootstrap obtenidos con 1000 réplicas.

3.5.7.4 Análisis Factorial de Correspondencia (AFC)

La representación gráfica entre las etnovariedades comerciales se generó a partir de una matriz binaria multidimensional en base a los alelos informativos. El tratamiento de los datos se realizó en el Software GENETIX versión 4.05.2 (58).

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización morfológica y morfométrica de las etnovariedades

4.1.1 Variables cuantitativas

La caracterización morfométrica de 26 etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz evaluados con siete descriptores morfométricos (Tabla 4) mostró que los descriptores con mayor plasticidad (variación) fueron la altura de la primera ramificación (APR) y la distancia entre las cicatrices (DC) con Coeficiente de variación (CV) de 89.3 y 73.00 respectivamente; mientras que los descriptores más estables (menos variables) fueron la longitud del lóbulo central (LLP) y el largo del peciolo (LP) con CV de 0.9 y 1.8 respectivamente.

La etnovariedad que presento el mayor número de caracteres con coeficiente de variación mayor a 15 fue “cola de zorro” (ancho lóbulo central = 19.7, distancia entre las cicatrices = 17.5, diámetro del tallo = 17.0, altura total de la planta = 18.2, altura de la primera ramificación = 46.5). Las etnovariedades palo blanco, “wasahí rumo”, “palo negro” y “yuca amarilla” presentaron valores de CV mayores de 10. Mientras que la etnovariedad que presento sus caracteres más fijos fue “tijerilla”, con valores de CV menores de 10 (Anexo 3).

4.1.2 Variables cualitativas

La caracterización morfológica de las hojas mediante descriptores cualitativos (Figura 2 a 6). Mostro que los caracteres más variables fueron el color del brote, la forma del lóbulo central y el color del peciolo, En tanto que los caracteres menos variables fueron el color de la vena de la hoja y el color de la hoja adulta. El número de lóbulos fue un carácter fijo, presentando siempre siete lóbulos en todas las 26 etnovariedades. Tres pares de etnovariedades presentaron las mismas características morfológicas entre sí: "vidrillo" y "concha rumo"; "yuca amarilla" y "sarayacu", "piririca del bajo" y "tijerilla morada" (Tabla 1).

Tabla 1. Descriptores morfológicos evaluados en las hojas de *Manihot esculenta* Cratnz, para la diferenciación de las etnovariedades estudiadas.

CÓDIGO	Color brotes	Forma del lóbulo	Color hoja adulta	Color de venas	N° lóbulos	Color del peciolo
AR	verde claro	Elíptica lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	verde
CO	purpura	Elíptica lancelada	verde oscuro	rojo	siete	purpura
LC	purpura	lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	verde rojo
VI	purpura	Elíptica lanceolada	verde claro	verde	siete	purpura
CR	purpura	Elíptica lanceolada	verde claro	verde	siete	purpura
AM	purpura	oblongo lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	purpura
SA	purpura	oblongo lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	purpura
PI	purpura	Elíptica lanceolada	verde oscuro	purpura	siete	purpura
PL	verde purpura	lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	purpura
TG	verde claro	Elíptica lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	purpura
TM	verde purpura	oblongo lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	purpura
PB	verde purpura	oblongo lanceolado	verde oscuro	rojo	siete	purpura
WA	verde claro	Elíptica lanceolada	verde claro	verde	siete	verde
ZO	purpura	Elíptica lanceolada	verde claro	verde	siete	verde
AP	verde purpura	lineal o recta	verde oscuro	verde	siete	verde rojo
BL	verde oscuro	Elíptica lanceolada	verde claro	verde	siete	verde
BO	verde claro	lanceolada	verde oscuro	verde	siete	verde
PA	verde oscuro	oblongo lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	purpura
PS	purpura	lineal o recta	verde oscuro	rojo	siete	Verde rojo
PN	verde purpura	oblongo lanceolada	verde claro	verde	siete	verde rojo
PU	verde oscuro	oblongo lanceolada	verde oscuro	verde	siete	verde
SG	verde oscuro	ovoide	verde oscuro	verde	siete	verde
SR	verde oscuro	ovoide	verde claro	verde	siete	verde
TI	verde purpura	oblongo lanceolada	verde oscuro	verde	siete	verde rojo
TR	verde claro	ovoide	verde claro	verde	siete	verde
UN	verde claro	oblongo lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	purpura

Abreviaciones: Etnovariedades: SR= Señorita, PI= Piririca, CR= Concha rumo, SG= Señorita gigante, AM= yuca amarilla, CO= Cogollo morado, PL= Paloma rumo, TJ= Tijerilla, SA= Sarayacu, VI= Vidrillo, ZO= Cola de zorro, PS= Pinsha rumo, TG= Tigre, PB= Piririca del bajo, UN= Ungurahui, PU= Pucallpina, AR= Arahuana, WA= Wasahi rumo, PN= Palo negro, BL= yuca blanca, AP= Arpón rumo, BO= Bolsa rumo, TR= Tres mesina, LC= Lacre rumo, TM= Tijerilla morada, PA= Piririca del alto

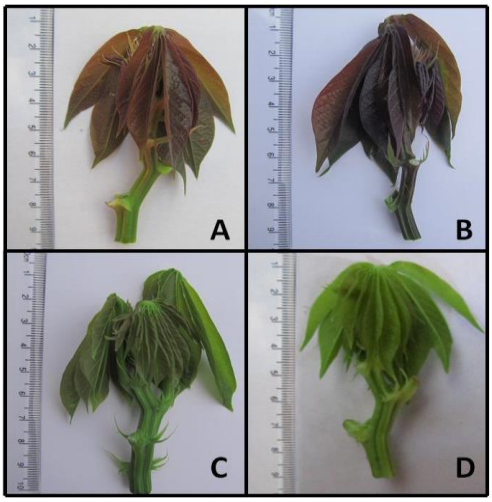


Figura 4. Color de brotes de las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz (A= Purpura, B= verde purpura, C= verde oscuro, D= verde claro)

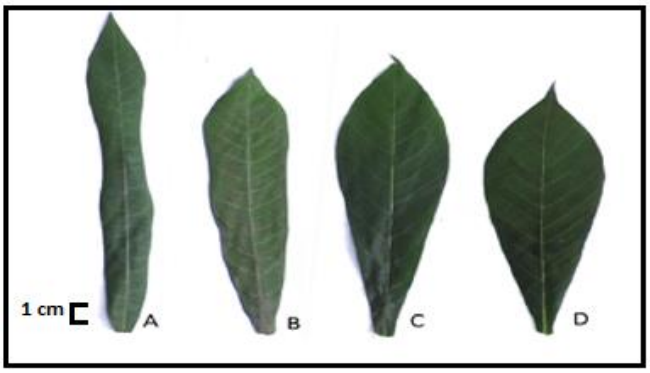


Figura 5. Formas del lóbulo central para las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz (A= recto o lineal, B= oblongo lanceolada, C= elíptico lanceolada, D=ovoide).

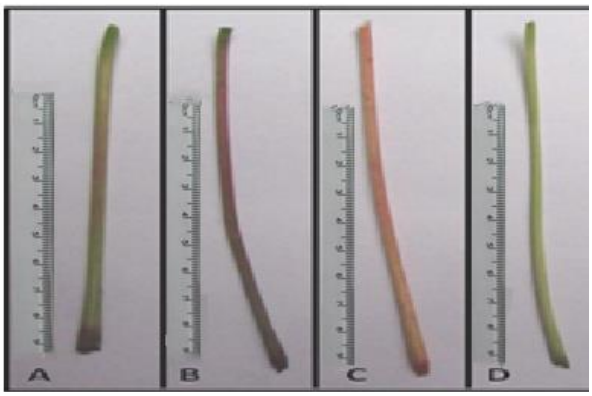


Figura 6. Color de la venas de las hojas para las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz (A= verde rojo, B= purpura, C= rojo, D= verde).

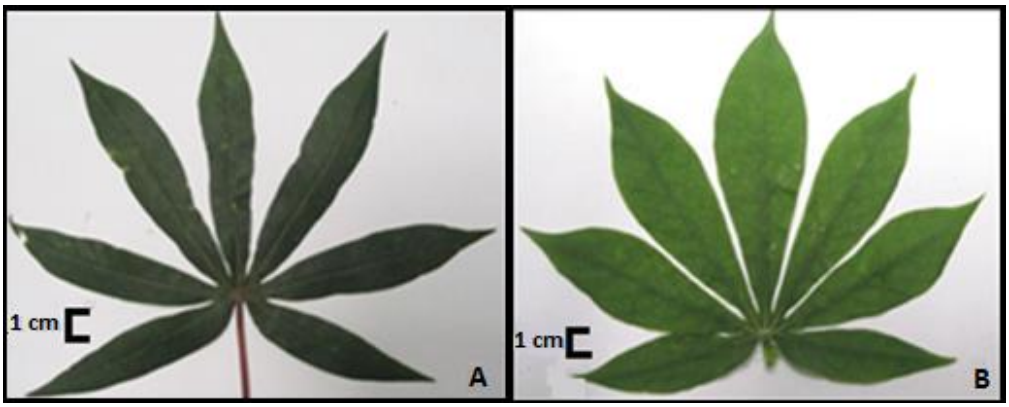


Figura 7. Colores de las hojas adultas de *Manihot esculenta* Cratnz (A=verde oscuro; B=verde claro)

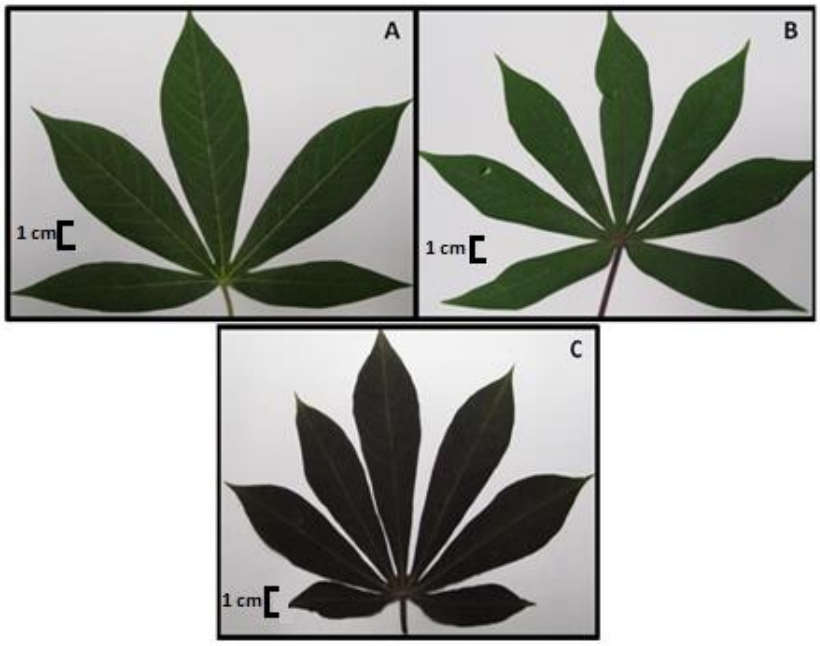


Figura 8. Color de las venas de la hoja adulta para las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz (A= verde, B= rojo, C= purpura).

La característica predominante en la corteza externa de las raíces en las 26 etnovariedades (Figura 7 a 9) fue la textura rugosa que estuvo presente en 21 etnovariedades. Los colores de la corteza externa como de la corteza interna presentaron una gran variabilidad, sin la predominancia de un color sobre otro. Seis de las 26 etnovariedades evaluadas presentaron características propias en cuanto a la raíz, en tanto que las 16 restantes compartieron características con una o más etnovariedades (tabla 2).

Tabla 2. Descriptores morfológicos evaluados en las Raíces de *Manihot esculenta* Cratnz, para la diferenciación de las etnovariedades estudiadas.

Código	Corteza externa		Corteza	Pulpa
	Textura	Color	Color	Color
AR	rugoso	marrón oscuro	amarillo	crema
CO	rugoso	marrón claro	amarillo	crema
LC	rugoso	marrón oscuro	blanco crema	crema
PB	rugoso	marrón oscuro	blanco crema	crema
PI	rugoso	marrón oscuro	rosado	crema
PL	rugoso	marrón oscuro	amarillo	amarillo
TG	rugoso	marrón claro	rosado	crema
TM	rugoso	marrón oscuro	rosado	crema
WA	rugoso	marrón oscuro	rosado	crema
ZO	rugoso	marrón claro	amarillo	crema
AM	liso	marrón claro	blanco crema	amarillo
AP	rugoso	marrón oscuro	blanco crema	crema
BL	rugoso	marrón oscuro	blanco crema	amarillo
BO	rugoso	marrón oscuro	amarillo	amarillo
CR	rugoso	blanco crema	blanco crema	crema
PA	rugoso	marrón claro	blanco crema	crema
PS	rugoso	blanco crema	rosado	amarillo
PN	rugoso	marrón claro	blanco crema	crema
PU	liso	marrón claro	blanco crema	crema
SA	rugoso	marrón claro	amarillo	crema
SG	rugoso	marrón claro	amarillo	crema
SR	liso	blanco crema	blanco crema	crema
TJ	liso	blanco crema	blanco crema	crema
TR	rugoso	marrón oscuro	blanco crema	crema
UN	rugoso	marrón oscuro	amarillo	amarillo
VI	liso	blanco crema	blanco crema	crema

Abreviaciones: Etnovariedades: SR= Señorita, PI= Piririca, CR= Concha rumo, SG= Señorita gigante, AM= yuca amarilla, CO= Cogollo morado, PL= Paloma rumo, TJ= Tijerilla, SA= Sarayacu, VI= Vidrillo, ZO= Cola de zorro, PS= Pinsha rumo, TG= Tigre, PB= Piririca del bajo, UN= Ungurahui, PU= Pucallpina, AR= Arahuana, WA= Wasahi rumo, PN= Palo negro, BL= yuca blanca, AP= Arpón rumo, BO= Bolsa rumo, TR= Tres mesina, LC= Lacre rumo, TM= Tijerilla morada, PA= Piririca del alto

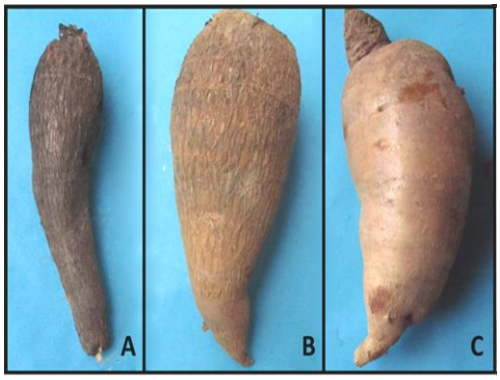


Figura 9. Color y textura de la corteza externa de las etnovariedades caracterizadas de *Manihot esculenta* Cratnz (A=marrón oscuro, B= marrón claro, C= blanco o crema; textura A, B=rugoso, C = liso).

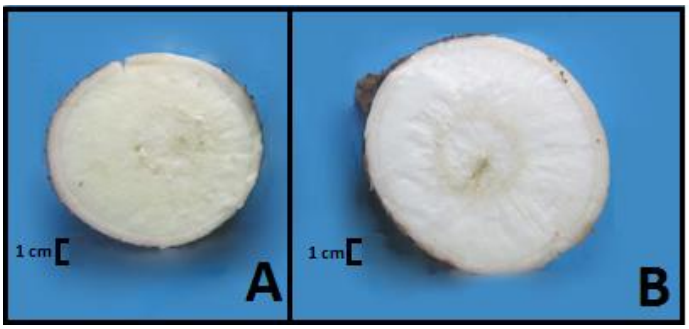


Figura 10. Color de la pulpa central de la raíz de *Manihot esculenta* Cratnz (A= amarillo, B= blanco crema)

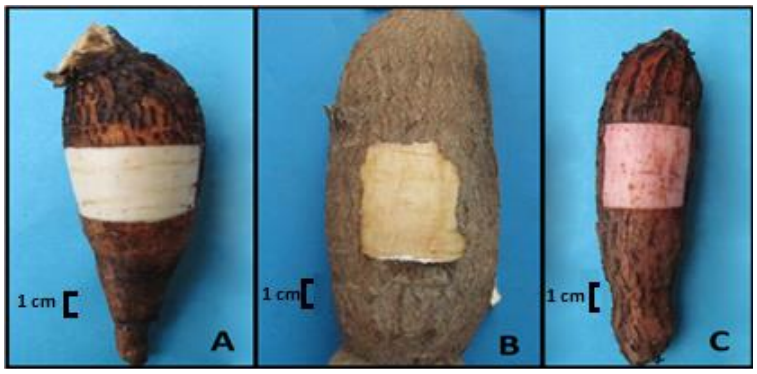


Figura 11. Color de la corteza interna de la raíz o filodermis de *Manihot esculenta* Cratnz (A= blanco o crema, B= amarillo, C= rosado).

Las 26 etnovariedades analizadas mostraron que el descriptor hábito de crecimiento de porte recto fue compartido por todas las etnovariedades. 10 de las 26 etnovariedades compartieron características con una o más etnovariedades (Figura 10 a 14). Solo la etnovariedad "cola de zorro" presento dos características que no están presentes en ninguna otra etnovariedad: color de la colénquima morado y color externo del tallo plateado (Tabla 3).

Tabla 3. Descriptores morfológicos evaluados en los Tallos de *Manihot esculenta* Cratnz, para la diferenciación de las etnovariedades estudiadas.

CÓDIGO	Color colénquima	Color externo	Color de epidermis interna	Habito crecimiento	Color de ramas terminales	Habito de ramificación
AR	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde con rojo	tricotómico
CO	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde con rojo	dicotómico
LC	verde claro	marrón claro	marrón claro	recto	verde con rojo	dicotómico
PB	verde claro	marrón claro	marrón oscuro	recto	rojo	tricotómico
PI	verde oscuro	marrón claro	marrón oscuro	recto	verde oscuro	dicotómico
PL	verde claro	marrón claro	marrón claro	recto	verde oscuro	dicotómico
TG	verde claro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde oscuro	tricotómico
TM	verde claro	marrón claro	marrón oscuro	recto	Verde oscuro	dicotómico
WA	verde claro	dorado	crema	recto	verde claro	tricotómico
ZO	morado	plateado	crema	recto	verde oscuro	tricotómico
AM	verde oscuro	marrón claro	marrón claro	recto	verde oscuro	dicotómico
AP	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde oscuro	tricotómico
BL	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde claro	tricotómico
BO	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde oscuro	tricotómico
CR	verde claro	marrón claro	marrón oscuro	recto	rojo	tricotómico
PA	verde oscuro	dorado	crema	recto	verde claro	dicotómico
PS	verde claro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde claro	tricotómico
PN	verde claro	dorado	crema	recto	verde claro	dicotómico
PU	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde con rojo	tricotómico
SA	verde claro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde oscuro	tricotómico
SG	verde claro	dorado	crema	recto	verde claro	dicotómico
SR	verde oscuro	verde amarillento	marrón claro	recto	verde claro	tricotómico
TJ	verde oscuro	verde amarillento	marrón claro	recto	Verde oscuro	tricotómico
TR	verde claro	dorado	crema	recto	verde claro	dicotómico
UN	verde claro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde claro	tricotómico
VI	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde oscuro	tricotómico

Abreviaciones: Etnovariedades: SR= Señorita, PI= Piririca, CR= Concha rumo, SG= Señorita gigante, AM= "yuca" yuca amarilla, CO= Cogollo morado, PL= Paloma rumo, TJ= Tijerilla, SA= Sarayacu, VI= Vidrillo, ZO= Cola de zorro, PS= Pinsha rumo, TG= Tigre, PB= Piririca del bajo, UN= Ungurahui, PU= Pucallpina, AR= Arahuana, WA= Wasahi rumo, PN= Palo negro, BL= "yuca" blanca, AP= Arpón rumo, BO= Bolsa rumo, TR= Tres mesina, LC= Lacre rumo, TM= Tijerilla morada, PA= Piririca del alto

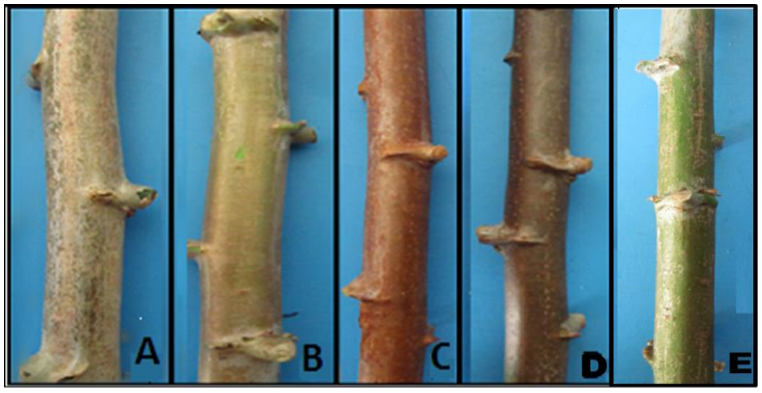


Figura 12. Color de externo del tallo de *Manihot esculenta* Cratnz (A= plateado, B=dorado C=marrón claro Amarillo, D= marrón oscuro, E= verde amarillento)

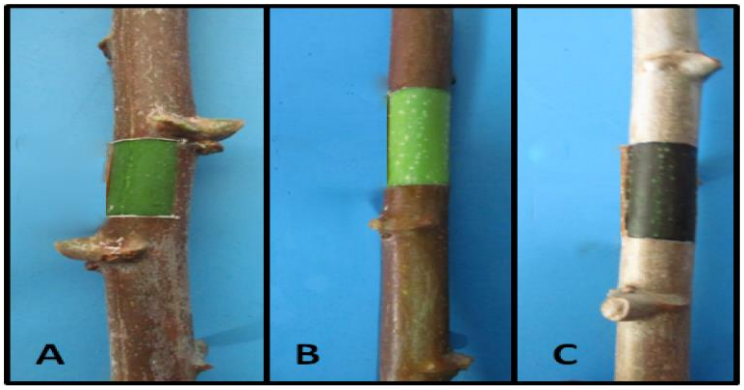


Figura 13. Color del colénquima de *Manihot esculenta* Cratnz (A= verde oscuro, B=verde claro, C=morado)

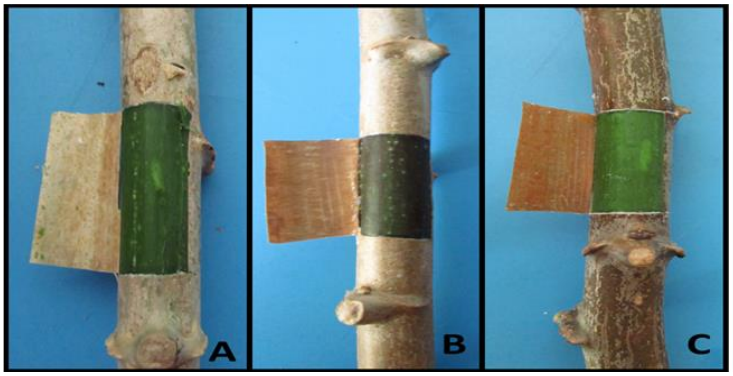


Figura 14. Color interno de la epidermis de *Manihot esculenta* Cratnz (A= crema, B=marrón claro, C=marrón oscuro).

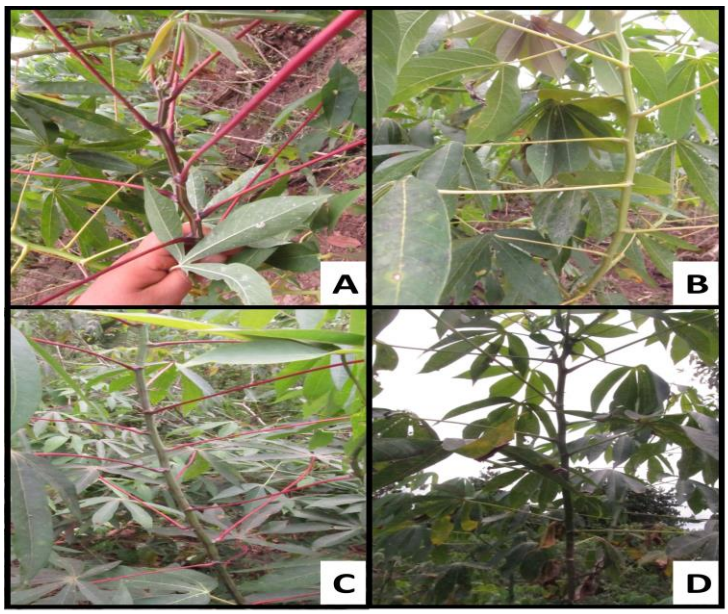


Figura 15. Color de ramas terminales de las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz (A= rojo, B=verde claro, C=verde con rojo, D= verde oscuro).

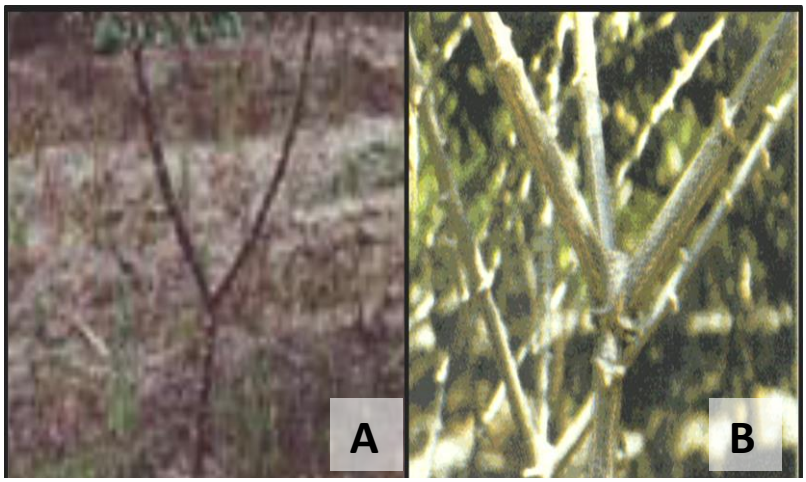


Figura 16. Habito de ramificación de las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz (A= dicotómico, B=tricotómico).

4.2. Caracterización morfológica entre etnovariedades comerciales provenientes de seis comunidades de la cuenca baja del rio Ucayali.

La diversidad morfológica de las hojas entre individuos de la misma etnovariedad pero procedentes de diferentes comunidades campesinas, mostro que a excepción de la etnovariedad "yuca amarilla", las hojas de las etnovariedades "piririca", "señorita" y "cogollo morado" presentan características morfológicas estables (Tabla 4).

Tabla 4. Descriptores morfológicos evaluados en las hojas de *Manihot esculenta* Cratnz, para la caracterización de las etnovariedades comerciales.

etnovariedad	Código	Color brotes	Forma del lóbulo	Color hoja adulta	Color de venas	N° lóbulos	Color del peciolo
piririca	CHPI	purpura	lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	purpura
	SJPI	purpura	lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	Purpura
	JCPI	purpura	lanceolada	verde oscuro	rojo	siete	purpura
	FCPI	purpura	elíptica	verde oscuro	rojo	siete	purpura
	SAPI	purpura	elíptica	verde oscuro	purpura	siete	purpura
yuca amarilla	BAAM	verde purpura	elíptica	verde claro	verde claro	siete	verde
	CHAM	verde purpura	elíptica	verde oscuro	rojo	siete	rojo verde
	FCAM	verde claro	lanceolada	verde oscuro	verde	siete	rojo
	SJAM	Purpura	oblongo lanceolado	verde oscuro	rojo	siete	purpura
señorita	SASR	verde oscuro	ovoide	verde claro	verde	siete	verde
	FCSR	verde oscuro	ovoide	verde claro	verde	siete	verde
	JCSR	verde oscuro	ovoide	verde oscuro	verde	siete	verde
	CHSR	verde claro	ovoide	verde claro	verde	siete	verde claro
	SJSR	verde claro	elíptica	verde claro	verde	siete	verde
cogollo morado	CHCO	Purpura	elíptica	verde oscuro	rojo	siete	purpura
	FCCO	purpura	elíptica	verde oscuro	verde	siete	purpura
	SACO	purpura	elíptica	verde oscuro	rojo	siete	purpura

Abreviaciones: CHPI=Piririca de Chingana; SJPI=Piririca de San José de Paranapura; JCPI= Piririca de Jorge Chávez; FCPI= Piririca de Flor de Castaña, SAPI= Piririca de Sapuena; BAMA= Yuca amarilla de Bagazan; CHAM= Yuca amarilla de Chingana; FCAM= Yuca amarilla de Flor de Castaña; SJAM= Yuca amarilla de San José de Paranapura; SASR= Señorita de Sapuena; FCSR= Señorita de Flor de Castaña; JCSR= Señorita de Jorge Chávez; CHSR= Señorita de Chingana; SJSR= Señorita de San José de Paranapura; CHCO=Cogollo Morado de Chingana; FCCO=Cogollo Morado de Flor de Castaña; SACO=Cogollo Morado de Sapuena.

Los descriptores evaluados en las raíces mostraron que la etnovariedad con los caracteres más variables fue la "yuca amarilla" (Tabla 5). Las otras etnovariedades presentan mayor estabilidad en cuanto a este órgano de la planta, siendo que el color de la corteza interna y color de la pulpa fue bien estable entre los individuos de una determinada etnovariedad no importando se procedencia. Los caracteres variables fueron el color de la corteza externa (en piririca y cogollo morado vario entre marrón claro y marrón oscuro) y la textura de la corteza externa (individuos de señorita de Sapuena presentaron textura lisa).

Tabla 5. Descriptores morfológicos evaluados en las Raíces de *Manihot esculenta* Crantz, para la caracterización de las etnovariedades comerciales.

etnovariedad	Código	Corteza externa		Corteza interna	Pulpa
		Textura	Color	Color	Color
Piririca	CHPI	rugoso	marrón claro	blanco o crema	crema
	SJPI	rugoso	marrón oscuro	blanco o crema	crema
	SAPI	rugoso	marrón oscuro	Blanco o crema	crema
	JCPI	rugoso	marrón claro	blanco o crema	crema
	FCPI	rugoso	marrón oscuro	blanco o crema	crema
yuca amarilla	BAAM	rugoso	marrón oscuro	blanco o crema	crema
	CHAM	rugoso	marrón oscuro	amarillo	crema
	FCAM	rugoso	marrón claro	amarillo	crema
	SJAM	rugoso	marrón oscuro	blanco crema	amarillo
Señorita	SASR	liso	blanco crema	blanco crema	crema
	FCSR	rugoso	blanco crema	blanco o crema	crema
	JCSR	rugoso	blanco crema	blanco o crema	crema
	CHSR	rugoso	blanco crema	blanco o crema	crema
	SJSR	rugoso	marrón claro	amarillo	crema
cogollo morado	CHCO	rugoso	marrón claro	blanco o crema	crema
	FCCO	rugoso	marrón oscuro	blanco o crema	crema
	SACO	rugoso	marrón claro	blanco o crema	crema

Abreviaciones: CHPI=Piririca de Chingana; SJPI=Piririca de San José de Paranapura; JCPI= Piririca de Jorge Chávez; FCPI= Piririca de Flor de Castaña, SAPI= Piririca de Sapuena; BAMA= Yuca amarilla de Bagazan; CHAM= Yuca amarilla de Chingana; FCAM= Yuca amarilla de Flor de Castaña; SJAM= Yuca amarilla de San José de Paranapura; SASR= Señorita de Sapuena; FCSR= Señorita de Flor de Castaña; JCSR= Señorita de Jorge Chávez; CHSR= Señorita de Chingana; SJSR= Señorita de San José de Paranapura; CHCO=Cogollo Morado de Chingana; FCCO=Cogollo Morado de Flor de Castaña; SACO=Cogollo Morado de Sapuena.

Los descriptores morfológicos del tallo mostraron una gran variabilidad entre los individuos dentro de las etnovariedades comerciales analizadas, el único carácter estable fue el hábito de crecimiento que fue recto entre los individuos de todas las etnovariedades evaluadas. Algunos caracteres mostraron estabilidad entre los individuos de una determinada etnovariedad: ramas terminales de color verde rojizo en "piririca" y color externo del tallo dorado en "señorita" (Tabla 6).

Tabla 6. Descriptores morfológicos evaluados en los Tallos de *Manihot esculenta* Cratnz, para la caracterización de las etnovariedades comerciales.

etnovariedad	Código	Color colénquima	Color externo	Color epidermis interna	Habito crecimiento	Color de ramas terminales	Habito de ramificación
piririca	**CHPI**	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde rojizo	dicotómico
	SJPI	verde claro	marrón claro	marrón claro	recto	verde rojizo	tricotómico
	SAPI	verde claro	marrón claro	marrón oscuro	recto	verde rojizo	tricotómico
	JCPI	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde rojizo	tricotómico
	FCPI	verde claro	marrón oscuro	marrón claro	recto	verde rojizo	tricotómico
yuca amarilla	**BAAM**	verde oscuro	marrón claro	marrón oscuro	recto	verde rojizo	tricotómico
	CHAM	verde claro	marrón claro	marrón claro	recto	verde oscuro	dicotómico
	FCAM	verde claro	marrón oscuro	marrón claro	recto	verde claro	dicotómico
	SJAM	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde claro	tricotómico
señorita	**SASR**	verde oscuro	dorado	crema	recto	verde claro	tricotómico
	FCSR	verde claro	dorado	crema	recto	verde claro	dicotómico
	JCSR	verde oscuro	dorado	marrón claro	recto	verde oscuro	dicotómico
	CHSR	verde oscuro	dorado	crema	recto	verde claro	dicotómico
	SJSR	verde oscuro	dorado	crema	recto	verde claro	tricotómico
cogollo morado	**CHCO**	verde oscuro	dorado	marrón claro	recto	verde claro	dicotómico
	FCCO	verde oscuro	dorado	crema	recto	verde claro	tricotómico
	SACO	verde oscuro	marrón oscuro	marrón oscuro	recto	verde oscuro	dicotómico

Abreviaciones: CHPI=Piririca de Chingana; SJPI=Piririca de San José de Paranapura; JCPI= Piririca de Jorge Chávez; FCPI= Piririca de Flor de Castaña, SAPI= Piririca de Sapuena; BAMA= Yuca amarilla de Bagazan; CHAM= Yuca amarilla de Chingana; FCAM= Yuca amarilla de Flor de Castaña; SJAM= Yuca amarilla de San José de Paranapura; SASR= Señorita de Sapuena; FCSR= Señorita de Flor de Castaña; JCSR= Señorita de Jorge Chávez; CHSR= Señorita de Chingana; SJSR= Señorita de San José de Paranapura; CHCO=Cogollo Morado de Chingana; FCCO=Cogollo Morado de Flor de Castaña; SACO=Cogollo Morado de Sapuena

4.3. Caracterización genética de las etnovariedades

4.3.1 Polimorfismo y frecuencia de alelos por *locus*

Un total de 47 alelos fueron encontrados en los 128 individuos de *Manihot esculenta* Cratnz analizados mediante doce *loci* microsatélites (Tabla 7). La mayor diversidad alélica fue encontrada en el *locus* Ga-126 (9 alelos), y la más baja en los *loci* Ga-5, Ga-134 y Ga-12 (2 alelos cada uno), con un promedio de 3.75 alelos por *locus.* Los pesos de los alelos variaron entre los 93 pb y 319 pb. La heterosigocidad observada fue mayor que la heterosigocidad esperada (media Ho = 0.599 y media He = 0.407) para los doce *locus* microsatélites evaluados.

Las etnovariedades con mayor número de alelos fueron “concha rumo”, “palo negro” y “piririca del bajo” (32 alelos cada uno), en tanto que “cogollo morado” y “pinsha rumo” presentaron el menor número (18 y 19 alelos respectivamente). El mayor porcentaje de *loci* polimórficos (variables) fue registrado por las etnovariedades “paloma rumo” y “palo negro” (100 % cada uno). Mientras que las etnovariedades “pinsha rumo”, “piririca del bajo”, “sarayacu”, “tijerilla” y “tijerilla morada” fueron las variedades con el menor porcentaje (58.33% cada uno). “yuca amarilla” y “paloma rumo” fueron las dos únicas etnovariedades que presentaron alelos que no fueron compartidos con ninguna otra etnovariedad (138 pb y 171 pb respectivamente).

Tabla 7. Número de alelos y heterocigocidad observada y esperada para cada *locus* de *Manihot esculenta* Cratnz.

	Alelos por locus	H_o	H_e
GA-5	2	0.616	0.383
GA-136	3	0.728	0.451
GA-126	9	0.877	0.613
GA-21	3	0.506	0.354
SSRY20	4	0.694	0.500
GA-134	2	0.475	0.313
GA-131	5	0.780	0.521
GA-140	4	0.418	0.297
SSRY4	6	0.680	0.522
GA-12	2	0.025	0.020
SSRY21	3	0.555	0.361
SSRY9	4	0.829	0.550
Promedio	47	0.599	0.407
Desviación estándar	-	0.230	0.158

4.3.2 Genotipos encontrados en *Manihot esculenta* Cratnz

En el Anexo 4 se muestran los 58 genotipos encontrados entre los 128 individuos evaluados de las 26 etnovariedades. La mayor parte de los individuos compartieron su genotipo con uno o más individuos (92 individuos = 71.9%), en muchos de los casos de otras etnovariedades. Mientras que el 28.1% restante (36 individuos) presentaron genotipos únicos (genotipos presentes en un solo individuo). La variación en los genotipos en la mayoría de los casos estaba dada en al menos un alelo. El genotipo 36 fue el más abundante estando presente en 10 individuos (7.8%), seguido del genotipo 19 (7 individuos = 5.5%).

4.3.3 Relación genética entre las etnovariedades *Manihot esculenta.*

El resultado del análisis Neighbor Joining mostro que las 26 etnovariedades están conformando cinco grupos genéticos bien definidos (Figura 17). El grupo 1 está formado por tres subgrupos (subgrupo 1=TM, TJ, LC, AP, WA; subgrupo 2= BO, PA, CO y subgrupo 3= ZO, CR); mientras que el grupo cuatro está formado por dos subgrupos (subgrupo 1 = PU, BL, PN y subgrupo 2= UN, SA, TG, AM); en tanto que los grupos 3, 2 y 5 no estaban subdivididos. El grupo con menor número de etnovariedades fue el grupo cinco (dos etnovariedades).

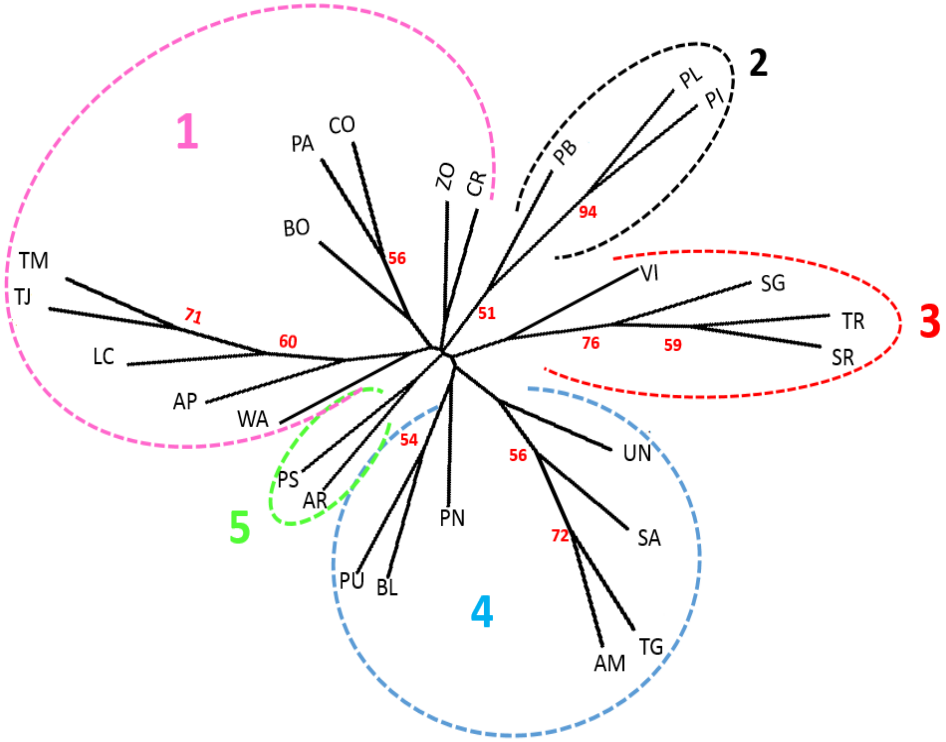


Figura 17. Etnovariedades de *Manihot esculenta,* Cratnz proveniente de seis comunidades de la cuenca baja del rio Ucayali. Abreviaciones: SR= "señorita", PI= "Piririca", CR= "concha rumo", SG= "señorita gigante", AM= "yuca amarilla", CO= "cogollo morado", PL= "paloma rumo", TJ= "tijerilla", SA= "sarayacu", VI= "vidrillo", ZO= "cola de zorro", PS= "pinsha rumo", TG= "tigre", PB= "piririca del bajo", UN= "ungurahui", PU= "pucallpina", AR= "Arahuana rumo", WA= "wasahi rumo", PN= "palo negro", BL= "yuca blanca", AP= "arpón rumo", BO= "bolsa rumo", TR= "tres mesina", LC= "lacre rumo", TM= "tijerilla morada", PA= "piririca del alto".

4.3.4 Distancia entre las etnovariedades de *Manihot esculenta,* Cratnz

Los valores de la distancia de Nei 1972 (Anexo 5) mostraron que las etnovariedades más cercanas fueron “yuca amarilla” y “tigre” (0.014), seguida de “tres mesina” y “señorita gigante” (0.031); mientras que las más distantes fueron “sarayacu y tijerilla” (0.990), seguida de “sarayacu” y “lacre rumo” (0.973).

4.4. Relaciones filogeográficas entre las etnovariedades comerciales de *Manihot esculenta,* Cratnz.

4.4.1 Variabilidad genética de las etnovariedades comerciales.

El resultado del análisis factorial de correspondencia (Figura 18) mostro que la etnovariedad “yuca amarilla” presento la mayor variabilidad, observándose nueve puntos dispersos entre los dos ejes; en tanto que la etnovariedad “cogollo morado” fue el menos variable, siendo que los cinco individuos de la comunidad de Sapuena comparten el mismo genotipo y se encuentran sobrepuestas a un individuo de la comunidad de Flor de castaña.

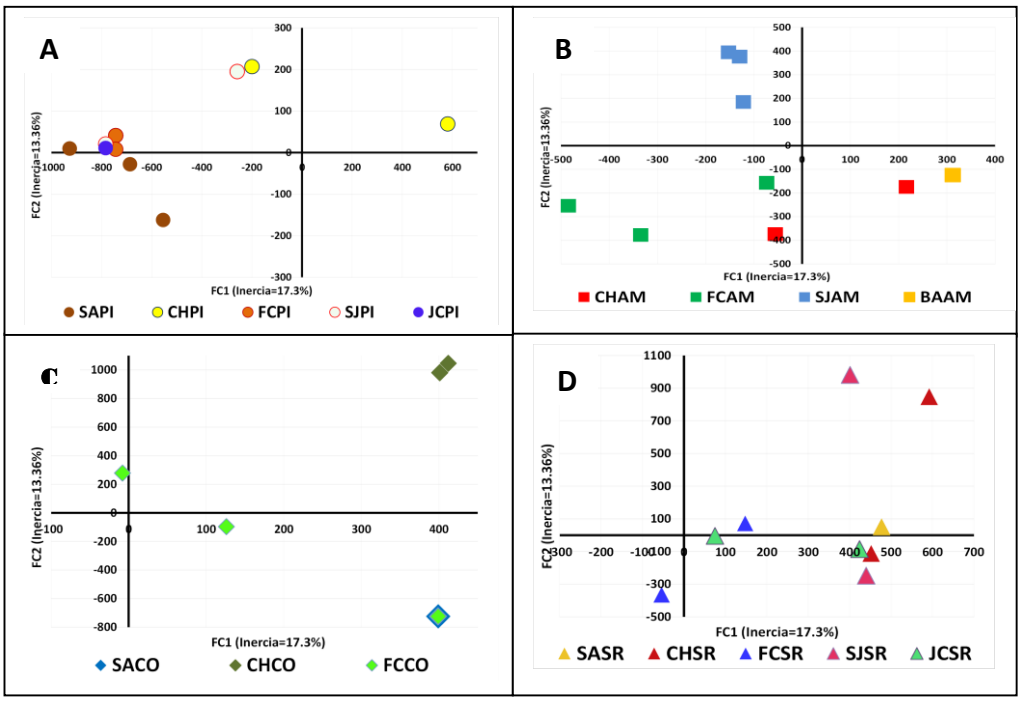


Figura 18. Proyección gráfica de los resultados del AFC obtenidos para los etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz. Abreviaciones: CHPI= “piririca” de Chingana; SJPI= “piririca” de San José de Paranapura; JCPI= “piririca” de Jorge Chávez; FCPI= Piririca de Flor de Castaña, SAPI= “piririca” de Sapuena; BAMA= “yuca amarilla” de Bagazan; CHAM= “yuca amarilla” de Chingana; FCAM= “yuca amarilla” de Flor de Castaña; SJAM= “yuca amarilla” de San José de Paranapura; SASR= “señorita” de Sapuena; FCSR= “señorita” de Flor de Castaña; JCSR= “señorita” de Jorge Chávez; CHSR= “señorita” de Chingana; SJSR= “señorita” de San José de Paranapura; CHCO= “cogollo morado” de Chingana; FCCO= “cogollo morado” de Flor de Castaña; SACO= “cogollo morado” de Sapuena.

4.4.2 Distancia genética entre los cultivos de cuatro etnovariedades comerciales de *Manihot esculenta,* Cratnz

La distancia genética encontrada entre cultivos en etnovariedades comerciales fue muy variable (Tabla 8), Los cultivos de algunas etnovariedades presentaron poca distancia genética entre ellas ("piririca"), en tanto que otras fueron muy distantes ("cogollo morado"). La menor distancia genética fue encontrada entre los cultivos "piririca" de Flor de Castaña y "piririca" de Jorge Chávez (FCPI / JCPI= 0.004), En tanto los valores más elevados fueron encontrados entre los cultivares "cogollo morado" de Chingana y "cogollo morado" de Sapuena (CHCO /SACO= 0.565).

Tabla 8. Distancia genética de Nei 1972 para las 16 etnovariedades con la misma denominación en las 6 comunidades estudiadas.

Etnovariedad	PIRIRICA			
	SAPI	FCPI	SJPI	JCPI
CHPI	0.083	0.067	0.117	0.056
SAPI		0.031	0.168	0.027
FCPI			0.178	0.004
SJPI				0.163

Etnovariedad	SEÑORITA			
	CHSR	FCSR	SJSR	JCSR
SASR	0.051	0.076	0.330	0.031
CHSR		0.093	0.241	0.032
FCSR			0.349	0.048
SJSR				0.280

Etnovariedad	YUCA AMARILLA		
	FCAM	SJAM	BAAM
CHAM	0.137	0.383	0.331
FCAM		0.318	0.280
SJAM			0.46

Etnovariedad	COGOLLO MORADO	
	CHCO	FCCO
SACO	0.565	0.052
CHCO		0.459

Abreviaciones: CHPI= "piririca" de Chingana; SJPI= "piririca" de San José de Paranapura; JCPI= "piririca" de Jorge Chávez; FCPI= "piririca" de Flor de Castaña, SAPI= "piririca" de Sapuena; BAMA= "yuca amarilla" de Bagazan; CHAM= "yuca amarilla" de Chingana; FCAM= "yuca amarilla" de Flor de Castaña; SJAM= "yuca amarilla" de San José de Paranapura; SASR= "señorita" de Sapuena; FCSR= "señorita" de Flor de Castaña; JCSR= "señorita" de Jorge Chávez; CHSR= "señorita" de Chingana; SJSR= "señorita" de San José de Paranapura; CHCO= "cogollo morado" de Chingana; FCCO= "cogollo morado" de Flor de Castaña; SACO= "cogollo morado" de Sapuena.

4.4.3 Relación genética entre los genotipos de cuatro etnovariedades comerciales de *Manihot esculenta* Cratnz.

Fueron encontrados un total de 30 genotipos entre los 75 individuos de cuatro etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz evaluadas. Las etnovariedades que presentaron el mayor número de genotipos fueron señorita y "yuca amarilla" (9 genotipos cada uno), en tanto que la etnovariedad que presento el menor número de genotipos fue "cogollo morado" (4 genotipos). La etnovariedad "piririca" fue la que presento el mayor porcentaje de individuos que compartieron un mismo genotipo (50 % = 11 individuos), seguido de "señorita" donde el 47.4% (9 individuos) comparte un genotipo. Solo dos etnovariedades compartieron un mismo genotipo (2 individuos de "señorita" provenientes de la localidad de San José de Paranapura con cuatro individuos de "cogollo morado" de la localidad de Chingana). Los cultivos de las cuatro etnovariedades analizadas no presentaron relaciones genéticas bien definidas entre ellas, siendo la etnovariedad "piririca" la única que presento el 77.3% del total de sus individuos más relacionados entre ellos que con los cultivos de otras etnovariedades (figura 19).

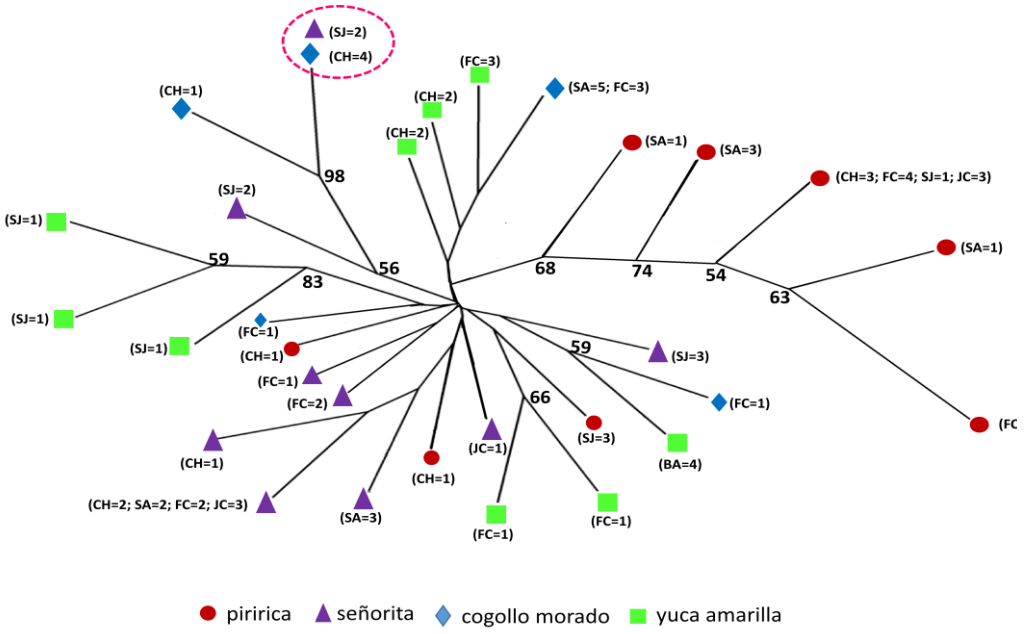


Figura 19. Dendrograma mostrando los resultados del análisis Neighbor Joining para las 17 etnovariedades comerciales de la cuenca baja del rio Ucayali. Abreviaciones: Localidades: CH = Chingana, FC= Flor de Castaña, SA= Sapuena, SJ= San José, BA= Bagazán;

V. DISCUSIÓN

5.1. Caracterización morfológica y genética de etnovariedades

En la Amazonía Peruana las chacras son una forma de agricultura tradicional, en estos campos agrícolas, la existencia de diferentes variedades de plantas cultivadas en una misma chacra es una situación común (60-62). En la "yuca" se distinguen un gran número de variedades locales (etnovariedades), que son identificados por los agricultores con un nombre común o singular, el cual casi siempre está basado en características morfológicas, lugar de origen de las variedades o nombres de personas que introdujeron la variedad a la comunidad (62-70). Con la intensión de organizar, caracterizar y dar a conocer la notable variabilidad de las etnovariedades procedentes de diferentes regiones y países, se elaboraron distintas listas de descriptores morfológicos o fenotípicos, entre los que podemos destacar las elaboradas por la International Board for plant Genetic Resources (BPGR) en 1983, la Empresa Brasilera de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) en 1998 y el Instituto Nacional de Investigación Extensión Agraria (INIEA) en 2001. (1,15, 28, 71, 72, 73)

En la Amazonía peruana durante décadas en los campos de cultivo de los pueblos y caseríos de la provincia de Requena (Región Loreto) fueron identificadas y registradas un gran número de etnovariedades de "yuca". Para los años 1984 y 1986 fueron reportados un total de 38 etnovariedades de "yuca" para esta región (42), en el 2002 Gonzales reporto un total de 29 etnovariedades para los distritos de Requena, Jenaro Herrera y Sapuena (provincia de Requena). En el presente estudio nosotros encontramos un menor número de etnovariedades en la provincia de Requena (comunidades de Sapuena, Chingana, Jorge Chávez, Flor de Castaña, Bagazán, Chingana y San José de Paranapura) reportándose un total de 26 etnovariedades. La pérdida de etnovariedades reportadas para esta zona desde el año 1984 a la actualidad, puede deberse a la inviabilidad de estacas de las diferentes etnovariedades como consecuencia de las crecientes excepcionales del río Ucayali en este periodo de tiempo, especialmente el año

2012. Así como, por el desplazamiento o perdida de algunas etnovariedades por selección y masificación del cultivo de otras etnovariedades con características específicas deseadas (color de pulpa, calidad de productos derivados, etc.) para el comercio en los distintos mercados de consumo.

Desde el siglo pasado la literatura científica registra la caracterización morfológica de variedades de plantas domesticadas o en proceso de domesticación. En "yuca" numerosos autores utilizaron este instrumento para establecer diferencias entre variedades comerciales, así como en la caracterización de bancos de germoplasma. Estos estudios utilizaron un número variable de descriptores; en Colombia el CATIE (43), utilizo 45 descriptores morfológicos para caracterizar 153 accesiones; Beovides (74), con 44 descriptores caracterizó clones de "yuca" obtenidos por cultivo *in vitro* y Vargas en 2010 utilizo 72 descriptores morfológicos para caracterizar 37 accesiones de "yuca" del banco de germoplasma del CIAT (73); otros autores lograron diferenciar colecciones de "yuca" utilizando menos de 20 descriptores (15,75); en el presente estudio nosotros utilizamos 22 descriptores morfológicos, los cuales nos permitieron diferenciar morfológicamente las 26 etnovariedades evaluadas. A pesar de haber una sobreposición parcial de caracteres (colores y formas) entre algunas etnovariedades, todas ellas se diferenciaron en al menos un carácter, demostrando que las 26 etnovariedades evaluadas son válidas. Esto muestra que el éxito de la caracterización morfológica no está en el número de descriptores utilizados sino el conjunto de descriptores a utilizar. Numerosos estudios sugieren que algunos descriptores como el color de la hoja apical, la forma del lóbulo central, número de lóbulos por hoja, color del pecíolo, color del tallo, color de la corteza del tallo, color de la corteza de la raíz y color de la pulpa de la raíz presentan baja influencia ambiental, por lo que son características sinópticas importantes para la identificación y diferenciación de variedades de "yuca" (2, 15, 28, 76). Sin embargo, La caracterización mediante descriptores morfológicos (cuantitativos y cualitativos) no siempre refleja la variación real, debido a que el fenotipo está determinado parcialmente por la información genética del individuo, e influenciado por el ambiente donde se

desarrolla (77- 79), por lo que muchos estudios de caracterización se han complementado con análisis moleculares que utilizan como herramienta principal, diversas técnicas moleculares que van desde las isoenzimas hasta los marcadores moleculares RFLP, RAPD y los SSR (80,81), siendo los SSR (microsatélites) ampliamente utilizados en estudios de caracterización de variedades y accesiones de "yuca" por representar estrictamente la variación genética, sin sufrir la influencia ambiental.(22-24, 82-89)

La evaluación genética de las 26 etnovariedades a partir de 12 marcadores microsatélites corroboro los resultados encontrados en los análisis morfológicos, no encontrándose ninguna etnovariedad que compartiera los mismos perfiles genéticos. Al contrario fueron encontrados elevados índices de diversidad genética, con un porcentaje de *loci* polimórficos que vario entre 50 - 100 %, este elevado polimorfismo puede deberse a que la "yuca" a pesar de tener una reproducción asexual por estacas esta también puede estar combinada con ciclos de reproducción sexual, permitiendo la recombinación de la variación actual y como tal la generación de nuevas formas o combinaciones. Es decir, la variabilidad a nivel de chacras no es estática y que con el paso del tiempo hay genotipos que desaparecen y otros que se incorporan al sistema de producción del agricultor (88, 90). Esto podría ser la explicación al gran número de etnovariedades encontradas en un área geográfica restricta como la estudiada. Cuando analizamos estas etnovariedades tanto desde el punto de vista de los caracteres morfológicos, como de los genéticos, encontramos que no existe un 100% de correspondencia entre estas dos variables. Observándose que las etnovariedades más relacionadas genéticamente según la distancia de Nei 1972 ("yuca amarilla" con "tigre" = 0.014, "tres mesina" con "señorita" = 0.033, "paloma rumo" con "piririca" = 0.057, "tijerilla morada" con "tijerilla" = 0.039, "pucallpina" con "yuca blanca" = 0.055), no siempre son las más semejantes desde el punto de vista morfológico. Por ejemplo las etnovariedades "yuca amarilla" y "tigre", de los 14 descriptores morfológicos analizados, estas

etnovariedades difieren en 10 descriptores. Esto puede deberse a que las regiones microsatélites analizadas no necesariamente estén relacionadas a las características morfológicas evaluadas, como fue demostrado en el estudio de caracterización morfológica y genética de accesiones de maíz negro *Zea mayz* (91).

5.2. Comparación de los cultivares dentro de las etnovariedades comerciales

La "yuca" es un cultivo versátil, para economías modernas y atractivo para productores con escasos recursos, debido a esto los pobladores de las diferentes localidades de la cuenca baja del rio Ucayali, cultivan un gran número de etnovariedades de "yuca", produciendo masivamente aquellas variedades que ellos consideran comerciales por presentar ciertas características (rapidez de cosecha, cantidad de raíces, calidad al cocinar, calidad de harina, demanda comercial, entre otros) de gran interés económico para el agricultor (92, 93). Las etnovariedades se reconocen y nombran de acuerdo a características morfológicas que se consideran fáciles de diferenciar, como son la coloración y forma de hojas, tallos y raíces. Sin embargo los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que no hay características morfológicas diferenciales relacionadas específicamente a una determinada etnovariedad, es más se observó que algunas etnovariedades presentan sobreposición en algunos de sus caracteres morfológicos con una o varias etnovariedades. Es decir los caracteres diferenciales (caracteres diagnósticos) son muy variables (plasticidad del carácter), esto puede ser originado por adaptaciones especificas a determinadas zonas, lo que no permite que un cultivar se comporte de la misma forma en todos los ecosistemas (94). Entonces es muy probable que las identificaciones sean realizadas en base a un conjunto de caracteres, los más sencillos de reconocer en las chacras (color de brote, forma de las hojas, color del tallo y textura externa de la raíz). Solo las etnovariedades "piririca" y "señorita" pueden

ser diferenciadas con relativa seguridad en los cultivos de “yuca” en base a sus caracteres morfológicos. Es muy probable que para un agricultor el resto de etnovariedades poco comercializadas puedan ser confundidas entre ellas. Los resultados de esta investigación corroboraron esta afirmación, observando que no existió ninguna confusión en el momento de la designación de las etnovariedades por parte de los agricultores, especialmente en las etnovariedades comerciales. En cultivos es común observar que los agricultores puedan diferenciar las etnovariedades resultantes de la selección de características deseadas según sus necesidades, de aquellas otras etnovariedades que fueron recientemente introducidas a sus cultivos hace menor tiempo.

Los resultados también muestran que individuos reconocidos por los agricultores como etnovariedades diferentes, compartieron el mismo genotipo (dos individuos de señorita de San José de Paranapura y cuatro de “cogollo morado” de Chingana). Esto puede tener dos interpretaciones: i) que la similitud fenotípica no es necesariamente producto de la similitud genotípica, siendo así que diferentes pool de genes pueden generar fenotipos similares (75), como fue registrado entre variedades de maíz *Zea mays* (95, 96) y *Musa sp*. (97, 98). O en su defecto, ii) que el agricultor haya confundido las etnovariedades en el momento de sembrar, ya que no siempre es posible la diferenciación de especies basada solamente en características morfológicas (99, 100), más aun entre variedades dentro de una misma especie, donde existe un gran porcentaje de caracteres morfológicos sobrepuestos y plasticidad morfológica. Al analizar la distancia genética de los seis ejemplares que comparte genotipo (2 ejemplares de “señorita” provenientes de San José de Paranapúra y de cuatro ejemplares de “cogollo morado” de la comunidad de Chingana), con los otros ejemplares de sus respectivas etnovariedades observamos elevados valores de distancia genética (distancia genética media “señorita” = 0.300 y “cogollo morado” = 0.512).

La presencia de dos genotipos compartidos entre un buen número de individuos dentro de las etnovariedades comerciales “piririca” y “señorita” provenientes de diferentes comunidades, muestra que existe un constante intercambio de material de siembra (estacas) seleccionado (genotipo 25 en “piririca” y genotipo 14 en “señorita”) entre los agricultores de esta área, sin una aparente relación con la distancia geográfica de las comunidades, esto ya fue observado en otros países en este tipo de cultivo (62, 101-103).

La presencia de genotipos únicos (genotipos no compartidos entre individuos) muestra que las etnovariedades dentro de cada chacra y cada localidad, están sujetos a la acción de varias fuerzas evolutivas, como la selección artificial realizada por los agricultores locales, el cruzamiento entre diferentes etnovariedades y la migración de genotipos de un lugar a otro que se produce debido a la intercambio entre los pobladores (104).

VI. CONCLUSIONES

- Se encontró un total de 26 etnovariedades morfológicamente distinta en seis comunidades de la cuenca baja del rio Ucayali, presentando diferenciación en la mayoría de descriptores utilizados con excepción del hábito de crecimiento del tallo y del número de lóbulos, lo que permitió diferenciar las etnovariedades en al menos un carácter.

- La caracterización morfológica de las etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz no está determinado por la cantidad de descriptores a evaluar, sino por un conjunto de descriptores que representen mejor la variabilidad dentro de la especie.

- La similitud fenotípica necesariamente no es producto de la similitud genotípica, sino que diferentes genes pueden estar generando fenotipos similares, además de la gran interacción genotipo-ambiente que existe en el cultivo de "yuca".

- La "yuca" *Manihot esculenta* Cratnz a pesar de ser una especie domesticada presenta una gran variabilidad genética, observándose distintos genotipos tanto entre como dentro de las etnovariedades de cada comunidad.

- Los individuos con perfiles genéticos iguales en las distintas comunidades, confirma la existencia de un gran intercambio de clones entre las comunidades de la cuenca baja del río Ucayali.

.

VII. RECOMENDACIONES

Estos resultados son un primer paso para incentivar y continuar con estudios que enfoquen y aclaren muchas interrogantes en esta especie. En función a los resultados presentados se puede definir algunos puntos que pueden ser abordados a futuro.

- Para futuros trabajos en *Manihot esculenta* Cratnz se recomienda ampliar el número de individuos por etnovariedad.

- Considerar trabajar con etnovariedades de cuencas distantes, para observar el entrecruzamiento de los distintos clones y el posible intercambio de estacas que pueda existir entre comunidades.

- Considerar la gran diversidad de etnovariedades encontradas en la cuenca baja del rio Ucayali como stock genético para futuros trabajos de mejoramiento genético de esta especie.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **CEBALLOS H, CRUZ G.** Taxonomía y Morfología de la yuca. En: Ospina, B; Ceballos, H. La yuca en el Tercer Milenio. Sistema Moderno de Producción, Procesamiento, Utilización y Comercialización. CIAT .Col. Vol. 327; 2002**.** p. 17-34.
2. **GRUPO OCÉANO.** Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Océano Editores. Barcelona, ES; 2002**.** p.1032.
3. **DOMÍNGUEZ CE.** yuca: Investigación, Producción y Utilización. *En:* Hershey, Cl; Amaya, A. Germoplasma de yuca: Evolución, Distribución y Colección. p. 77-88. Sauer, C. 1952. Agricultural origins and dispersals. New York, the American Geographical Society. EU; 1982. p. 110.
4. **MÜHLEN GS, MARTINS PS, ANDO A.** Variabilidade genética de etnovariedades de mandioca, avaliada por marcadores de DNA. Sci Agric; 2000; 57:319-328.
5. **HERSHEY CH.** *Manihot* genetic diversity In: Internacional network for cassava genetic resources. Internacional Crop Network Series (IPGRI), Rome, v.10; 1994. p. 111-134.
6. **EMPERAIRE L, PINTON F.** Second, g. gestion dinamique de la diversité variétale du manioc en Amazonie du nord-ouest. Natures Sciences Sociétés, Paris. 1998; 6(2):27-42.
7. **BOSTER JS.** Classification, cultivation, and selection of aguaruna cultivars of *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae). Advances in economic Botany, New York. 1984; 1:34-47.
8. **SALICK J, CELINESE N, KNAPP S.** Indigenous diversity of cassava: generation, Maintenance, use and loss among the amuesha, Peruvian Upper Amazon. Economic Botany, New York. 1997; 51(1):6-19.
9. **AMOROZO MCM**. Agricultura tradicional, espaços de resistência e o prazer de plantar. In: Albuquerque, U.P. et al (orgs.) Atualidades em Etnobiologia e Etnoecologia. Recife: Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia, 2002 p 123-131.

10. **PERONI N, MARTINS PS.** Influência da dinâmica agrícola itinerante na geração de diversidade de etnovariedades cultivadas vegetativamente. Interciencia. 2000;25(1): 22-29.
11. **OLSEN KM, SCHAAL BA**. Evidence on the origin of cassava: phylogeography of *Manihot esculenta*. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 1999; 96(10): 5586–5591.
12. **LÉOTARD G.** Phylogéographie et origine de la domestication du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae): les apports d'un échantillon élargi à l'écotone nord de l'Amazonie.[dissertation] DEA Biologie de l'Evolution et Ecologie, Université Montpellier II, France. 2003
13. **OLSEN KM**. SNPs, SSRs and inferences on cassava's origin. Plant Molecular Biology. 2004; 56: 517–526.
14. **DOMINGUEZ O, CEBALLOS LF, FUENTES C.** Morfología de la planta de yuca. En: yuca: Investigación, producción y utilización. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Programa de yuca; Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD). Cali, 1983. p. 29-49.
15. **ACOSTA RA, TAMAYO AC, PALACIOS R.** Caracterización morfológica y extracción de ADN de 11 clones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la universidad EARTH, Costa Rica. 2006.
16. **PEREIRA KJC.** Agricultura tradicional e manejo da agrobiodiversidade na Amazônia Central: um estudo de caso nos roçados de mandioca nas Reservas de Desenvolvimento Sustentável Amanã e Mamirauá, Amazonas, [Tese Doutorado]; Brasil. Piracicaba, 222 p.– Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo; 2008.
17. **ABADIE T, BERRETTA A.** Caracterización y Evaluación de Recursos fitogenéticos. En: Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur. PROCISUR. Montevideo (Uruguay). 2001. p. 141

18. **OTERO A, DE LA CRUZ M, OYAMA K.** El uso de los RAPDs como marcadores moleculares en plantas. Boletín Sociedad Botánica (México). 1997; 60: 85-118.
19. **FREGENE M, ANGEL F, GÓMEZ R, RODRÍGUEZ F, CHAVARRIAGA P, ROCA W, TOHME J, BONIERBALE M.** A molecular genetic map for cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Theoretical and Applied Genetics. 1997; 95: 431–441.
20. **FREGENE M, SUÁREZ M, MKUMBIRA J, KULEMBEKA H, NDEDYA E, KULAYA A, MITCHEL S, GULLBERG U, ROSLING H, DIXON A, DEAN R, KRESOVICH S.** Simple sequence repeat marker diversity in cassava landraces: genetic diversity and differentiation in an asexually propagated crop. Theoretical and Applied Genetics. 2003; 107: 1083–1093.
21. **BEOVIDES Y, FREGENE M, ALVES A, GUTIÉRREZ JP, BUITRAGO C, MARIN JA, MILIÁN M, RODRÍGUEZ S, CRUZ JA, RUIZ E, GUERRA D, TOLEDO H, ROCA O, ALBERT J, GARCÍA J, OLIVA M.** Análisis de diversidad genética mediante microsatélites (SSR) en cultivares del germoplasma cubano de yuca. Biotecnología Vegetal. 2006; 6(1): 9 - 14.
22. **SIQUEIRA M, QUEIROZ-SILVA J, BRESSAN E, BORGES A, PEREIRA K, PINTO, VEASEY E.** Genetic characterization of cassava (*Manihot esculenta*) landraces in Brazil assessed with simple sequence repeats. Genetics and Molecular Biology. 2009; 32 (1): 104-110.
23. **MOURA E, NETO J, RAMALHO G, DA SILVA D, SAMPAIO J.** Duplicatas no Banco de Germoplasma de Mandioca da Embrapa Amazônia Oriental detectadas por Marcadores Microssatélites. Evolution. 2010; 57: 853-865.
24. **ASARE P, GALYUON I, SARFO J, TETTEH J.** Morphological and molecular based diversity studies of some cassava (*Manihot esculenta* crantz) germplasm in Ghana. African Journal of Biotechnology. 2011; 10(63): 13900-13908.
25. **DIXON A, RAJI A, MARIN J, FREGENE MA.** Simple Sequence Repeat (SSR) Marker Assessment of Genetic Diversity of Cassava Land Races from Nigeria. Project IP3: Improved cassava for the developing world. Output 8-12. CIAT, Cali, Colombia. 2002.

26. **AZUDIA C, MONTE L, DEBOUCK D, FREGENE M.** Simple sequence repeat (SSR) marker assessment of genetic diversity of cassava landraces from Guatemala. Project IP3: Improved cassava for the developing world. Output 8-17, CIAT, Cali. 2002.
27. **MBA REC, STEPHENSON P, EDWARDS K, MELZER S, NKUMBIRA J, GULLBERG U, *et al*.** Simple sequence repeat (SSR) markers survey of the cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genome: towards an SSR-based molecular genetic map of cassava. Theor. Appl. Genet. 2001; 102: 21–31.
28. **LOBO R.** Caracterización de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).En*:* Palma, R. Conservación *in situ* de cultivos nativos y parientes silvestres. Chorica, PE. Seminario taller. 2004. p 136-169.
29. **HERSHEY C, AMAYA A.** Germoplasma de yuca: Evolución, distribución y colección. En: Manual de producción de yuca. Programa de yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali. 1983. p. E15-E27.
30. **SIMMONDS NW.** *Evolution of crop plantain*.3ª. Ed. Longman Londres, UK. 1976. P. 339.
31. **MONTALDO A**. Cultivo de Raíces y Tubérculos Tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 1991: 131-230.
32. **OSPINA B, CEBALLOS H.** La yucA en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali, CO, CIAT. 2002. p. 586.
33. **MONTALDO A.** La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José. CR. 1985. p. 5-28-31-32.
34. **CIAT (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, CO).** Morfología de la planta de yuca: Guía de estudio. Cali, CO. 1981. p. 44.
35. **PÉREZ MZ.** Caracterización Preliminar de 25 materiales de "yuca" (*Manihot esculenta* Crantz) Colectado en los Departamento de Chiquimula, El Progreso, Izabal, Jutiapa y Zacapa. 1987. Licenciado en Ciencias Agrícolas. Universidad de San Carlos Guatemala Facultad de Agronomía. GT. p. 10-11-14.

36. **FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, IT).** Papa, yuca y camote. Cultivo y aprovechamiento. Roma, IT. 1986. p. 54.
37. **NAVARRO F**. La yuca. Managua, NI, IICA. 1983. p. 30.
38. **GRUPO OCÉANO.** Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería. Océano Editores. Barcelona, ES. 2002. p. 1032.
39. **MONTALDO A.** La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica. 1979. p. 386.
40. **BUITRAGO JA.** La yuca en la alimentación animal. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 1990. p. 446.
41. **FUENMAYOR F, SEGOVIA V, ALBARRÁN JG, RODRÍGUEZ A, CABAÑA W.** Banco de Germoplasma de yuca del INIA-CENIP Venezuela. 2005.
42. **INGA SÁNCHEZ H, LÓPEZ PARODI J.** Diversidad de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Jenaro Herrera, Loreto - Perú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Documento Técnico N° 28. 2001.
43. **CATIE (CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA).** Catálogo de la colección de "yuca" (*Manihot esculenta* Crantz) del CATIE. Turrialba. CR. 1981. p. 40.
44. **IBPGR.** Genetic resources of cassava and wild relatives. Rome. 1983. p. 56.
45. **FUKUDA WMG, GUEVARA CL.** Descritores morfológicos e Agronómicos para a caracterizacäo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Bahia, BA. 1998. p.38.
46. **FRANCO TL, HIDALGO R. (EDS.).** Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI) Boletín técnico no. 8.Cali, CO. 2003. p. 89.

47. **FERREIRA ME, GRATTAPAGLIA D.** Introducción al uso de Marcadores Moleculares en el Análisis Genético. 1 ed. Brasilia: EMBRAPA - CENARGEN. 1998. p. 220.
48. **KARP G.** Biología Celular y Molecular. McGraw-Hill Interamericana. México. 1998. p. 746.
49. **HOELZEL A.** Molecular analysis of populations. A practical approach. Department of Biological Sciences. *University Durham*. 1998. p. 237-260.
50. **PRIETO HS.** Aplicación de marcadores moleculares de tipo ADN para detección de arcelina en *Phaseolus vulgars* L. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. 2003. p. 89.
51. **SENIOR M, MURPHY J, GOODMAN M, STUBER W.** Utility of SSRs for determining genetic similarities and relationships in maize using an agarose gel system. Crop Science. 1998; 38: 1088-1098.
52. **VIGOUROUX Y, JAQUETH JS, MATSUOKA Y, SMITH OS, BEAVIS WD, SMITH JS, *et al.*** Rate and pattern of mutation at microsatellite loci in maize. Mol. Biol. Evol. 2002; 19**:** 1251-1260.
53. **ENCARNACIÓN, F.** El bosque y las formaciones vegetales en la llanura Amazónica del Perú. En: *Alma Mater*. 1993. 6:95-114.
54. **DOYLE JJ, DOYLE JL.** Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus. 1987 12: 13-15.
55. **MANIATIS T, FRITSCH EF, SAMBROOK A.** Molecular cloning a laboratory manual. Cold spring harbor laboratory. Second Edition. New York. 1989: 6-60.
56. **CHAVARRIAGA-AGUIRRE P, MAYA MM, BONIERBALE MW, KRESOVICH S, FREGENE MA, TOHME J, KOCHERT G.** Microsatellites in cassava (*Manihot esculenta* Crantz): Discovery, inheritance and variability. Theor Appl Genet. 1998; 97:493-501.
57. **NEI M.** Genetic Distance between Populations. American Naturalist. 1972; 106: 283-292.
58. **BELKHIR K, BORSA P, CHICHI I, RAUFAST N, BONHOMME F.** GENETIX 4.05.2, logiciel sous windowns TM pour la genétique des populations. Laboratoire

génome, populations, interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier, France. 2004.

59. **FELSENSTEIN J.** Phylogeny Inference Package (PHYLIP). Version 3.5. University of Washington, Seattle. Washington. 1993. p.132.
60. **BOSTER JS.** A comparison of the diversity of Jivaroan gardens with that of the tropical forest. *Human Ecology*. 1983; 11: 47–68.
61. **BUDOWSKY G.** Tropical home gardens and living fences: two successful ecotechnologies with world diffusion potencial. Addendum to proceedings N. 7. M.S. Swaminathan Research Foundation. Madras, India. 1993. p. 15.
62. **ELIAS M, MCKEY D.** The unmanaged reproductive ecology of domesticated plants in traditional agroecosystems: an example involving cassava and a call for data. Acta Oecol. 2000; 21: 223–230.
63. **CLAWSON DL.** Harvest security and intraspecific diversity in traditional tropical agriculture. *Economic Botany*. 1985; 39: 56–67.
64. **CABALLERO J.** Maya homegardens: past, present and future. Etnoecologica. 1992; 1(1): 35-54.
65. **LOUETTE D, CHARRIER A, BERTHAUD J.** In situ conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany*. 1997; 51: 20–38.
66. **CASTIÑEIRAS L, FUNDORA MAYOR Z, PICO S, SALINAS E.** The use of home gardens as a component of the national strategy for the *in situ* conservation of plant genetic resources in Cuba. Plant Genetic Resources Newsletter. 2000**;** 123: 9- 18.
67. **ZEVEN AC.** Landraces: A review of definitions and classifications. *Euphytica.* 1998; 104: 127-139.
68. **CHIWONA-KARLTUM L.** A reason to be bitter: cassava classification from the farmer's perspective. Thesis. Stockholm, Karolinska Institutet. 2001.
69. **SILVA JBC, LOPES CA, MAGALHÃES JS.** *Cultura da batata-doce*. In: Cereda, M.P.; Agricultura*:* Tuberosas amiláceas Latino Americanas, São Paulo: Cargill, 2002; 2: 449-503.

70. **MKUMBIRA J, CHIWONA-KARLTURN L, LARGERCRANTZ U, MAHUNGU N, SAKA J, MHONE A, BOKANGA M, BRIMER L, GULLBERG U, ROSLING H.** Classification of cassava into 'bitter' and 'cool' in Malawi: from farmers' perception to characterisation by molecular markers Euphytica. 2003; 132:7-22.
71. **TAPIA CE, GUILLÉN AH, GUTIÉRREZ MA.** Caracterización genética de materiales de piña (*Ananas* spp.) mediante RAPD e ISSR. Fitotec. Mex. 2005; 28 (3): 187-194.
72. **ADUGNA W, LABUSCHAGNE MT, VILJOEN CD.** The use of morphological and AFLP markers in diversity analysis of linseed. Biodiversity and Conservation. 2006. 15: 3193-3205.
73. **VARGAS T.** Caracterización morfológica de 37 accesiones de "yuca" (*Manihot esculenta* Crantz) del banco de germoplasma del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)- Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. CATIE-COLOMBIA. 2010.
74. **BEOVIDES Y, MEDERO V, GONZÁLEZ C, XIQUÉS X, ROMÁN MR, MILIÁN M, *et al.*** Caracterización morfoagronómica de clones de (*Manihot esculenta* Crantz) obtenidos por cultivo *in vitro.* Biotecnología vegetal. 2002; 2(2): 83-88.
75. **DEMEY JR, ZAMBRANO AY, FUENMAYOR F, SEGOVIA V.** Relación entre caracterizaciones molecular y morfológica en una colección de "yuca". Venezuela. INCI. 2003; 28(12): 684-689.
76. **PERONE N, MARTINS PS, ANDO A.** Diversidade inter e intra-específica e uso de análise multivariada para morfologia da mandioca (*Manihot esculeta* Crantz): um estudo de caso. Scientia Agricola. 1999; 56(3): 587-595.
77. **VALADEZ-MOCTEZUMA E, KAHL G, RAMSER J, HÜTTEL B, RUBLÚO- ISLAS A.** Técnicas moleculares para la caracterización de genomas vegetales (Garbanzo) y algunas aplicaciones potenciales. Fitotec. Mex. 2001; 24(1): 103-120.

78. **ENOKI HH.** SSR analysis of genetic diversity among maize inbred lines adapted to cold regions of Japan. *Theor Appl. Genet.* 2002; (104): 1270-1277.

79. **VAZ M, SATOVIC Z, PEGO S, FEVEREIRO P.** Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germplasm using microsatellite markers. *Euphytica.* 2004; (137): 63-72.

80. **ASANTE IK, OFFEI SK.** RAPD-based genetic diversity study of fifty cassava (*Manihot esculenta* Crantz) genotypes. Euphytica. 2003; 131:113-119.

81. **MÜHLEN GS, MARTINS OS, ANDO A.** Variabilidade genética de etnovariedades de mandioca, avaliada por marcadores de DNA. Sci Agric. 2000**;** 57:319-328.

82. **ROA AC; CHAVARRIAGA-AGUIRRE P, DUQUE MC, MAYA M, BONIERBALE W, IGLESIAS C, TOHME J.** Cross-species amplification of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) microsatellite primers within the genus: Polymorphism, genetic diversity and degree of relationship. American Journal of Botany. 2000; 87(11):1647–1655.

83. **ELIAS M, MÜHLEN GS, MCKEY D, ROA AC, TOHME J.** Genetic diversity of traditional South American landraces of cassava (*Manihot esculenta* Crantz): An analysis using microsatellites. Econ Bot. 2004; 58:242-256.

84. **PERONI N, KAGEYAMA PY, BEGOSSI A.** Molecular differentiation, diversity, and folk classification of 'sweet' and 'bitter' cassava (*Manihot esculenta*) in Caicara and Caboclo management systems (Brazil). Genetics Resources and Crop Evolution. 2007; 54: 1333–1349.

85. **ROCHA O, ZALDIMAR M, CASTRO L, CASTRO E, BARRANTES R.** Microsatellite variation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in home gardens of Chibchan Amerindians from Costa Rica. Conservation Genetics. 2008; 9: 107–118.

86. **SIQUEIRA M.** Diversidade genetic de etnovariedades de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em áreas de Cerrado no estado do Mato Grosso do soul e de variedades comerciais por meio de marcadores microssatélites. [Tesis para obtenção do título de mestre em ecologia aplicada]. Universidade de São Paulo. 2008.

87. **SIQUEIRA MBVM, PINHEIRO TT, BORGES A, VALLE TL, ZATARIM M, VEASE E.** Microsatellite Polymorphisms in Cassava Landraces from the Cerrado Biome, Mato Grosso do Sul, Brazil. Biochem Genet. 2010; 48:879–895.
88. **ALZATE G, VALLEJO C, CEBALLOS LH, PÉREZ JC, FREGENE M.** Variabilidad genética de la "yuca" cultivada por pequeños agricultores de la región Caribe de Colombia. Acta Agronómica. 2009; 59(4): 385-393.
89. **MONTERO-ROJAS, CORREA, SIRITUNGA.** Molecular differentiation and diversity of cassava (*Manihot esculenta*) taken from 162 locations across Puerto Rico and assessed with microsatellite markers. AoB PLANTS. 2011. plr010 doi:10.1093/aobpla/plr010.
90. **IGLESIAS C, HERNÁNDEZ LA.** Introducción de diversidad genética mejorada a nivel de campos de agricultores. En: Interfase entre los programas de mejoramiento, los campos de los agricultores y los mercados de la yuca en Latinoamérica. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali, Colombia. 1994. p. 151 - 157.
91. **BRAVO C.** Caracterización morfológica y molecular de accesiones de maíz negro (*Zea mays L.*) mediante Análisis de Secuencias Simples Repetidas. 2009. [Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniería en Procesos Biotecnológicos]. Universidad san francisco de Quito.
92. **CURY R.** Dinâmica evolutiva e caracterização de germoplasma de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), na agricultura autóctone do Sul do Estado de São Paulo. Piracicaba. 1993. p. 103. [Dissertação Mestrado] - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Universidade de São Paulo.
93. **VALLE TL, CARVALHO CRL, RAMOS MTB, MÜHLEN GS, VILLELA OV.** Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas. Bragantia, campinas. 2004; 63(2): 221-226.
94. **FUKUDA G, PEREIRA C, FOLLEGATTI S.** Efeito de idade de colheita sobre a qualidade, produtividade e teor de carotenos em raízes de variedades de mandioca para mesa. Anais do XI Congresso Brasileiro de Mandioca, October 25-28. 2005. campo Grande-MS, Brasil.

95. **BEN-HAR A, CHARCOSSET A, BOURGOIN M, GUIARD J.** Relationships between genetic markers and morphological traits in a maize inbred lines collection. Euphytica. 1995; 84:145-154.

96. **SMITH J**, **CHIN E, SHU H, SMITH O, WALL S, SENIOR M, *et al*.** An evaluation of the utility of SSR *loci* as molecular markers in maize (Z*ea mays* L.): comparisons with data from RFLPs and pedigree. *Theor Appl. Genet.* 1997; *95:*163-173.

97. **ORTIZ R**. Morphological variation in *Musa* germplasm. *Genet.Res. Crop. Evol.* 1997; *44:* 393-404.

98. **CROUCH H, CROUCH J, MADSEN S, VUYLSTEKE D, ORTIZ R.** Comparativeanalysis of phenotypic and genotypic diversity among plantain landraces (*Musa spp*., AAB group). *Theor. Appl. Genet.* 2000; *101:* 1056-1065.

99. **NYE MM.** Mis-measure of manioc (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae). Economic Botany. 1991; 45: 47-57.

100. **POUGH FH, HEISER JB, MCFARLAN D.** A vida dos vertebrados. Atheneus. São Paulo. 1993. p. 834.

101. **PUJOL B, GIGOT G, LAURENT G, PINHEIRO-KLUPPEL M, ELIAS M, MCKEY HM AND MCKEY D.** Germination ecology of cassava (Manihot esculenta Crantz, Euphorbiaceae) in traditional agroecosystems: Seed and seedling biology of a vegetatively propagated domesticated plant. Econ Bot. 2005; 56: 366-379.

102. **SARDOS J, MACKEY E, DUVAL MF, MALAPA R, NOYER JL, LEBOT V.** Evolution of cassava (Manihot esculenta Crantz) after recent introduction into a South Pacific Island system: the contribution of sex to the diversification of a clonally propagated crop. Genome. 2008; 51: 912–921.

103. **MARTINS P.** Biodiversity and agriculture: Patterns of domestication of Brazilian native plants species. An Acad Bras Cienc. 1994; 66:219-224.

104. FREGENE M, ROCA W, OKOGBENIN E, AKANO A, MBA C, CHAVARRIAGA A, *et al.* Cassava's potencial in Asia in the 21st century present situation and future researsh and development needs. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and Institute of Agricultural Sciences of South Vietnam (IAS). Cali, Colombia. 2001.

IX. Anexos

Anexo 1. Etnovariedades de yuca colectadas en seis comunidades de la cuenca baja del rio Ucayali

Etnovariedad	Código	Localidades					
		SAN JOSE DE PARANAPÚRA	CHINGANA	BAGAZÁN	SAPUENA	FLOR DE CASTAÑA	JORGE CHÁVEZ
señorita	SR	5	4		5	5	4
pinsha rumo	PS						4
piririca	PI	4	5		5	5	3
palo negro	PN					5	5
paloma rumo	PL	5					4
tijerilla	TJ				5		
yuca blanca	BL				5		
lacre rumo	LC				5		
cogollo morado	CO		5		5	5	
bolsa rumo	BO				5		
arahuana rumo	AR				5	4	
wasahí rumo	WA				5		
cola de zorro	ZO	5					
sarayacu	SA	5					
yuca vidrillo	VI	5					
concha rumo	CR		5				
yuca tigre	TG		5				
señorita gigante	SG		5				
arpón rumo	AP			4			
tres mesina	TR			5			
piririca del alto	PA			5			
piririca del bajo	PB			5			
yuca pucallpina	PU			5			
tijerilla morada	TM					5	
ungurahui	UN				5	2	
yuca amarilla	AM	5	4	4		5	
TOTAL DE INDIVIDUOS		**34**	**33**	**28**	**50**	**36**	**20**

Anexo 2. Loci, secuencia y tamaño en pares de bases (Pb) de los 12 Primers microsatélites utilizados.

N°	Código	Secuencia de cebadores 5´- 3´	Tamaño (Pb)
1	GA-5[1]	FFAM:TAATGTCATCGTCGGCTTCG R:GCTGATAGCACAGAACACAG	120-130
2	GA-12[1]	FFAM:GATTCCTCTAGCAGTTAAGC R:CGATGATGCTCTTCGGAGGG	140-150
3	GA-21[1]	FFAM:GGCTTCATCATGGAAAAACC R:CAATGCTTTACGGAAGAGCC	110-120
4	GA-126[1]	FNED: AGTGGAAATAAGCCATGTGATG R:CCCATAATTGATGCCAGGTT	170-210
5	GA-131[1]	FFAM:TTCCAGAAAGACTTCCGTTCA R:CTCAACTACTGCACTGCACTC	95-140
6	GA-134[1]	FNED:ACAATGTCCCAATTGGAGGA R:ACCATGGATAGAGCTCACCG	295-310
7	GA-136[1]	FHEX:CGTTGATAAAGTGGAAAGAGCA R:ACTCCACTCCCGATGCTCG	145-165
8	GA-140[1]	FHEX:TTCAAGGAAGCCTTCAGCTC R:GAGCCACATCTACTCGACACC	150-165
9	SSRY4[2]	FNED:ATAGAGCAGAAGTGCAGGCG R:CTAACGCACACGACTACGGA	278–320
10	SSRY9[2]	FHEX:ACAATTCATCATGAGTCATCAACT R:CCGTTATTGTTCCTGGTCCT	267–293
11	SSRY20[2]	FHEX:CATTGGACTTCCTACAAATATGAAT R:TGATGGAAAGTGGTTATGTCCTT	146–188
12	SSRY21[2]	FHEX:CCTGCCACAATATTGAAATGG R:CAACAATTGGACTAAGCAGCA	180–214

[1]Chavarriaga-Aguirre *et al.,* (1998); [2] Mba *et al.,* (2001)

Anexo 3. Promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos para los descriptores morfométricos evaluados en las 26 etnovariedades de *Manihot esculenta* Cratnz del bajo Ucayali

	Código	TI	PI	BL	UN	LA	SR	CO	BO	AR	WA	ZO	SA	VI	PA	PN	TM	CR	TG	SG	PN	AP	TR	PL	PB	PU	AM
LLC (cm)	Prom	24.7	14.5	25.4	20.7	16.3	14.1	15.7	13.4	13.6	15.1	14.0	15.2	14.8	15.0	16.1	19.3	21.4	16.0	20.6	22.1	19.9	16.3	16.0	16.6	21.1	15.9
	mín.	23.7	13.8	24.9	19.9	15.7	13.5	14.2	13.0	13.2	14.7	13.8	14.7	14.7	14.7	15.0	18.9	20.7	15.4	19.8	20.8	18.7	15.4	14.5	14.3	19.0	15.7
	máx.	25.3	14.9	26.0	21.3	17.2	14.8	16.8	13.6	14.1	15.6	14.2	15.6	15.1	15.4	17.1	20.0	21.9	16.4	21.4	23.1	22.9	18.1	17.9	18.5	23.0	16.0
	DS	0.7	0.4	0.4	0.6	0.6	0.5	1.1	0.3	0.5	0.4	0.2	0.4	0.2	0.3	0.8	0.4	0.5	0.5	0.7	1.0	2.0	1.0	1.3	1.8	1.7	0.1
	CV	2.8	2.9	1.6	2.7	3.6	3.6	6.9	2.0	3.3	2.5	1.2	2.4	1.3	2.1	5.3	2.1	2.2	3.0	3.6	4.7	10.0	6.3	8.3	11.1	8.3	0.9
ALC (cm)	Prom	4.3	4.3	4.8	3.0	3.6	3.4	3.5	4.6	4.9	4.1	3.4	3.9	3.9	4.2	5.4	2.4	5.3	4.6	6.3	3.1	3.3	5.2	5.6	5.0	6.4	3.9
	mín.	3.8	4.2	4.4	2.8	3.2	2.9	2.8	4.5	4.6	3.6	2.7	3.3	3.5	3.4	4.9	2.0	5.0	4.3	6.1	3.0	3.0	5.0	4.9	3.7	5.7	3.3
	máx.	4.6	4.5	5.5	3.2	4.0	4.0	4.0	5.0	5.2	4.4	4.2	4.5	4.1	4.6	6.0	3.1	5.6	4.9	6.6	3.3	3.5	5.3	7.0	6.0	7.0	4.2
	DS	0.4	0.1	0.4	0.2	0.4	0.5	0.5	0.2	0.2	0.3	0.7	0.5	0.3	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.8	0.8	0.5	0.4
	CV	9.0	2.6	8.4	5.0	10.3	13.6	13.5	4.7	4.9	8.5	19.7	12.1	6.9	11.0	8.8	17.5	4.1	4.7	3.5	4.3	6.4	2.5	14.8	16.5	7.4	10.1
LP (cm)	Prom	27.3	14.7	27.2	22.7	14.7	15.5	17.2	17.8	16.8	16.2	15.6	16.6	16.6	16.0	19.2	23.5	24.3	21.0	23.4	20.7	20.1	20.5	21.7	22.5	26.2	17.5
	mín.	25.8	14.2	26.3	21.7	14.2	14.9	15.4	15.2	15.7	15.3	14.7	16.3	16.3	15.3	18.3	23.0	23.6	20.1	22.9	18.0	18.5	15.1	18.4	18.4	24.1	16.9
	máx.	29.2	17.4	28.3	23.7	15.3	16.2	18.5	20.0	18.5	16.8	16.0	17.2	17.2	16.9	20.3	24.1	24.7	21.9	23.9	23.3	22.4	25.6	28.7	24.5	30.0	18.0
	DS	1.3	1.3	0.7	0.8	0.4	0.6	1.2	2.0	1.1	0.6	0.6	0.4	0.4	0.6	0.8	0.4	0.4	0.8	0.5	2.1	1.8	4.4	4.1	2.5	2.3	0.5
	CV	4.6	8.3	2.7	3.3	3.0	4.0	6.7	11.2	6.3	4.0	3.8	2.1	2.6	3.9	4.2	1.8	1.8	3.6	2.1	10.4	9.0	21.5	18.7	11.0	8.7	3.1
DC (cm)	Prom	22.1	20.5	15.0	17.2	17.3	17.3	15.3	17.0	17.5	18.3	16.7	15.2	12.5	12.5	13.8	19.5	17.5	14.0	16.5	12.5	13.1	14.7	12.1	13.3	15.0	14.1
	mín.	19.4	15.0	14.0	14.0	14.3	14.0	14.0	14.6	16.0	13.3	13.9	14.3	9.1	11.6	11.3	18.0	15.3	11.1	10.9	11.9	12.9	14.3	11.7	12.7	14.4	12.0
	Máx.	22.8	21.7	22.5	24.6	19.3	19.0	18.3	19.3	21.0	22.2	20.8	15.8	14.7	13.6	16.8	22.2	20.3	16.7	21.3	13.0	13.5	15.0	12.5	13.9	15.4	15.0
	DS	1.3	2.8	3.5	4.3	2.3	2.0	1.7	1.9	2.0	4.3	2.9	0.6	2.5	0.8	2.0	1.6	2.4	2.2	4.1	0.5	0.3	0.3	0.3	0.5	0.4	1.4
	CV	6.1	14.4	21.2	25.0	13.4	11.3	11.2	11.4	11.6	23.8	17.5	3.6	20.2	6.6	14.4	8.1	13.5	15.7	24.7	3.6	2.2	2.0	2.7	4.0	2.7	10.1
DT (cm)	Prom	24.7	24.2	12.0	9.1	7.9	19.7	8.7	8.3	8.0	11.4	9.2	8.3	5.7	12.1	7.8	7.9	8.5	9.6	8.6	6.2	6.0	4.9	5.0	4.7	4.4	7.8
	mín.	23.6	8.0	8.0	8.0	7.0	8.5	5.5	6.0	6.0	5.0	8.0	7.5	5.0	10.0	6.0	7.0	7.5	5.4	8.0	5.4	5.4	4.3	4.8	3.8	3.9	6.4
	Máx.	25.8	27.2	28.1	11.0	10.0	29.0	11.0	10.5	10.0	23.7	11.3	9.6	7.0	13.0	9.0	9.0	10.0	11.4	9.6	7.5	6.5	5.8	5.3	5.5	4.8	9.7
	DS	0.8	9.2	9.9	1.2	1.2	9.5	2.3	1.8	1.8	8.3	1.6	0.8	0.9	1.3	1.4	0.9	1.0	2.5	0.7	1.0	0.5	0.6	0.2	0.8	0.3	1.6
	CV	3.4	48.4	57.7	13.7	15.8	48.3	26.8	22.4	22.1	73.0	17.0	9.8	16.6	10.4	18.5	11.3	11.8	25.9	8.7	15.7	7.8	13.2	4.7	17.3	8.0	20.8
ATP (cm)	Prom	260.7	286.4	335.0	410.6	356.4	279.6	382.2	330.3	270.0	310.3	398.3	321.8	264.6	278.8	310.0	302.8	331.0	372.0	339.8	292.8	319.3	309.6	295.0	322.2	275.8	372.3
	mín	242.0	243.0	280.0	395.0	325.0	245.0	351.0	272.0	217.0	270.0	300.0	270.0	210.0	245.0	260.0	228.0	300.0	360.0	310.0	248.0	292.0	272.0	283.0	306.0	200.0	325.0
	máx	293.0	362.0	410.0	435.0	382.0	333.0	415.0	394.0	335.0	348.0	470.0	387.0	300.0	300.0	350.0	356.0	370.0	395.0	383.0	356.0	365.0	356.0	321.0	341.0	359.0	410.0
	DS	20.4	49.9	53.6	18.1	27.2	41.5	25.3	53.2	46.4	39.4	72.7	52.8	34.0	22.7	40.6	48.8	29.1	16.1	27.3	50.6	31.8	32.8	15.3	13.8	57.5	39.8
	CV	7.8	17.4	16.0	4.4	7.6	14.8	6.6	16.1	17.2	12.7	18.2	16.4	12.8	8.1	13.1	16.1	8.8	4.3	8.0	17.3	10.0	10.6	5.2	4.3	20.8	10.7
APR (cm)	Prom	161.1	286.4	207.5	293.2	219.0	101.7	193.2	139.0	120.8	107.2	171.0	161.4	166.0	152.4	195.4	193.2	121.0	101.4	93.6	110.0	85.0	132.0	96.0	114.0	108.0	183.3
	mín.	128.3	243.0	167.0	205.0	167.0	30.0	150.0	35.0	27.0	20.0	60.0	0.0	0.0	129.0	147.0	173.0	38.0	30.0	33.0	90.0	70.0	120.0	80.0	80.0	80.0	170.0
	máx.	207.0	362.0	287.0	387.0	261.0	205.0	230.0	200.0	148.0	176.0	247.0	272.0	300.0	187.0	262.0	210.0	197.0	238.0	189.0	130.0	90.0	150.0	120.0	140.0	130.0	193.0
	DS	32.8	49.9	46.4	82.0	36.5	66.8	29.0	72.4	52.5	64.6	79.5	129.5	107.8	24.1	46.3	14.4	72.4	90.5	75.5	18.3	10.0	13.0	18.2	27.0	21.7	10.4
	CV	20.4	17.4	22.4	28.0	16.7	65.7	15.0	52.1	43.5	60.3	46.5	80.2	64.9	15.8	23.7	7.4	59.8	89.3	80.6	16.6	11.8	9.9	18.9	23.7	20.1	5.7

Abreviaciones: Descriptores: LLC= Longitud del lóbulo central; ALC= Ancho del lóbulo centra; LP=Largo del peciolo; DC= Distancia entre las cicatrices; DT=Diámetro del tallo; ATP= Altura total de la planta; APR= Altura de la primera ramificación. Etnovariedades: SR= Señorita, PI= Piririca, CR= Concha rumo, SG= Señorita gigante, AM= "yuca" amarilla, CO= Cogollo morado, PL= Paloma rumo, TJ= Tijerilla, SA= Sarayacu, VI= Vidrillo, ZO= Cola de zorro, PS= Pinsha rumo, TG= Tigre, PB= Piririca del bajo, UN= Ungurahui, PU= Pucallpina, AR= Arahuana, WA= Wasahi rumo, PN= Palo negro, BL= "yuca" blanca, AP= Arpón rumo, BO= Bolsa rumo, TR= Tres mesina, LC= Lacre rumo, TM= Tijerilla morada, PA= Piririca del alto

Anexo 4. Genotipos encontrados en los 128 individuos de *Manihot esculenta* Cratnz

	Genotipos
genotipo 1	1141141481482182181091091361363193191031131611612862861321321821922612 75
genotipo 2	1141141481561802121091111441443193191031031611672722861321321601822612 75
genotipo 3	1141141481561802121091111441443193191031031611672862861321321601822612 75
genotipo 4	1141141521561802121091091421423093190991031611672722861321321821822652 65
genotipo 5	1141241481481801821091111361423093190931031551612622621321421821822612 65
genotipo 6	1141241481481801821091111361423093190931031551612623001321421821822612 65
genotipo 7	1141241481481802121091111361423093091031111611612862861321321601822612 75
genotipo 8	1141241481561782101111111421443093190931031611612862861321321821822652 75
genotipo 9	1141241481561782161091111361363193190931131611612862861321321821822652 65
genotipo 10	1141241481561801801091111361423193190931031611612862861321321821822652 65
genotipo 11	1141241481561801821091091361423093191031031611672622721321321821822652 75
genotipo 12	1141241481561801821091111361363093190931111611672803001321321601822612 65
genotipo 13	1141241481561801821091111361423093191031031611672622721321321821822652 75
genotipo 14	1141241481561801821111111361423093090931031611612622861321321821922652 75
genotipo 15	1141241481561801821111111361443193191031111611612802861321321821822612 65
genotipo 16	1141241481561802121091111361443193190931111611672622861321321821822652 75
genotipo 17	1141241481561802121091111361443193191111111671672622861321321821822652 75
genotipo 18	1141241481561802121091111421443093190931031611612862861321321821822652 75
genotipo 19	1141241481561802121111111421443093190931031611612862861321321821822652 75
genotipo 20	1141241481561821881091091441443093190930931611612862861321321821822512 61
genotipo 21	1141241481561882181091091361563193190931111611672722841321321821822612 75
genotipo 22	1141241521561782101091111441443093190931031611672723001321321821922612 65
genotipo 23	1141241521561802101091111441443093190931031611672723001321321821922612 65
genotipo 24	1141241521561802121091111441443093190931031611672723001321321821922612 65
genotipo 25	1141241521561802181091091361423093090931111611612722861321321601822652 75
genotipo 26	1141241521561802181091091361423093090931111611612862861321321601822652 75
genotipo 27	1141241521561822181091111421443093190931031611612622861321321601822652 75
genotipo 28	1141241521562102161091091361443093190931031611612722861321321601822652 75
genotipo 29	1141241521562122121091111361443193190930931611672622721321321601922752 75
genotipo 30	1141241521562122161091091361443093199310316116128628613213216018226527 5
genotipo 31	1141241521562122181091091361443093190931031611612722861321321601822652 75
genotipo 32	1141241521562122181091091361443093190931031611612862861321321601822652 75
genotipo 33	1141241561561781781091091361563193190931131571672723001321321601602612 65
genotipo 34	1141241561561781861111111441443193190931031611612863001321321821822612 65
genotipo 35	1141241561561801801091091361563193190931131571672723001321321601602612 65
genotipo 36	1141241561561801821091111361363093190931111611672803001321321601822612 65
genotipo 37	1141241561561801821091111361363093190931111611672863001321321601822612 65
genotipo 38	1141241561561801821091111361363093190931131611672803001321321601822612 65
genotipo 39	1141241561561802121091111421443193190930931611672622721321321821922612 65
genotipo 40	1241241481481801801091091361363193190931111551612723001321321601822612 75
genotipo 41	1241241481481801821091091361423193191111111671672723001321321821822612 61
genotipo 42	1241241481481801821091111361443193191031131611612622841321321821822612 65
genotipo 43	1241241481481802181091091361363193190931131611612722861321321821822612 65
genotipo 44	1241241481561781861091111361443093190930931611612843001321321821822612 61
genotipo 45	1241241481561801881091111361443093190930931611612843001321321821822612 61
genotipo 46	1241241481561801881091111361443093190931131611612842861321321821822612 61
genotipo 47	1241241481561801881111111421443193190991111571612863001321321601822652 75
genotipo 48	1241241481561802181091111361443193190931131611612862861321321821822652 65
genotipo 49	1241241481561882181091111361443093190930931611612843001321321821822612 61
genotipo 50	1241241481562122181091111361443093191111131611612622621321321821922652 75
genotipo 51	1241241481562122181111117142144319319093113161161286286132132160182265265
genotipo 52	1241241521561802121091111361363093090930931611612723001321321821922612 65
genotipo 53	1241241521561882181091091361423193191031111611612622861321321601922652 75
genotipo 54	1241241561561782181091091421423093191111131551612863001321321601822652 65
genotipo 55	1241241561561802161091091421423093191111131551612863001321321601822652 65
genotipo 56	1241241561561802181091091361423193191111131551612862861321321821922652 65
genotipo 57	1241241561561802181091111361363193191031131611612722861321321601822652 65
genotipo 58	1241241561561882121091111421443193191031031611612622861321321821822652 75

Anexo 5. Distancia genética de Nei 1972, para las 26 etnovariedades evaluadas de *Manihot esculenta* Cratnz.

código	PI	BL	UN	LC	SR	CO	BO	AR	WA	CR	TG	SG	PN	TM	ZO	AM	SA	VI	PL	AP	TR	PA	PB	PU	PS
TJ	0.34	0.30	0.33	0.18	0.32	0.24	0.27	0.32	0.13	0.33	0.48	0.25	0.30	0.03	0.40	0.53	0.99	0.50	0.40	0.08	0.27	0.22	0.44	0.30	0.36
PI		0.35	0.29	0.44	0.39	0.43	0.24	0.50	0.22	0.26	0.26	0.38	0.21	0.37	0.55	0.31	0.62	0.47	0.05	0.27	0.35	0.20	0.18	0.28	0.61
BL			0.27	0.41	0.21	0.48	0.38	0.29	0.20	0.34	0.29	0.24	0.11	0.31	0.38	0.34	0.44	0.41	0.32	0.21	0.21	0.38	0.36	0.05	0.25
UN				0.32	0.27	0.30	0.23	0.27	0.23	0.15	0.08	0.23	0.15	0.31	0.28	0.08	0.28	0.18	0.25	0.20	0.21	0.20	0.21	0.18	0.49
LC					0.42	0.48	0.36	0.23	0.34	0.40	0.31	0.29	0.23	0.16	0.55	0.37	0.97	0.45	0.48	0.15	0.33	0.40	0.47	0.35	0.60
SR						0.39	0.43	0.32	0.21	0.27	0.31	0.05	0.28	0.33	0.48	0.38	0.46	0.21	0.33	0.22	0.03	0.29	0.28	0.12	0.33
CO							0.24	0.61	0.25	0.24	0.53	0.29	0.44	0.22	0.46	0.57	0.67	0.34	0.47	0.22	0.29	0.14	0.40	0.31	0.55
BO								0.27	0.22	0.14	0.38	0.38	0.21	0.25	0.28	0.37	0.56	0.30	0.22	0.21	0.35	0.15	0.16	0.27	0.39
AR									0.32	0.28	0.34	0.32	0.16	0.30	0.30	0.34	0.58	0.36	0.38	0.22	0.25	0.42	0.32	0.26	0.33
WA										0.19	0.32	0.17	0.18	0.13	0.30	0.35	0.54	0.35	0.20	0.09	0.18	0.12	0.21	0.16	0.19
CR											0.27	0.22	0.21	0.31	0.20	0.29	0.42	0.16	0.19	0.19	0.20	0.08	0.10	0.21	0.40
TG												0.27	0.14	0.44	0.36	0.01	0.28	0.30	0.22	0.29	0.28	0.31	0.23	0.20	0.58
SG													0.24	0.22	0.36	0.33	0.47	0.16	0.32	0.13	0.03	0.25	0.29	0.13	0.33
PN														0.25	0.28	0.16	0.40	0.34	0.18	0.14	0.23	0.26	0.17	0.10	0.30
TM															0.34	0.50	0.92	0.50	0.39	0.03	0.24	0.21	0.40	0.25	0.30
ZO																0.35	0.54	0.40	0.37	0.26	0.39	0.31	0.32	0.32	0.32
AM																	0.26	0.33	0.26	0.34	0.35	0.34	0.25	0.25	0.55
SA																		0.41	0.45	0.60	0.47	0.52	0.34	0.34	0.51
VI																			0.35	0.33	0.15	0.30	0.26	0.25	0.55
PL																				0.25	0.28	0.20	0.10	0.24	0.47
AP																					0.15	0.17	0.23	0.15	0.23
TR																						0.24	0.25	0.10	0.32
PA																							0.16	0.23	0.46
PB																								0.24	0.43
PU																									0.22

Abreviaciones: Etnovariedades: SR= Señorita, PI= Piririca, CR= Concha rumo, SG= Señorita gigante, AM= "yuca" yuca amarilla, CO= Cogollo morado, PL= Paloma rumo, TJ= Tijerilla, SA= Sarayacu, VI= Vidrillo, ZO= Cola de zorro, PS= Pinsha rumo, TG= Tigre, PB= Piririca del bajo, UN= Ungurahui, PU= Pucallpina, AR= Arahuana, WA= Wasahi rumo, PN= Palo negro, BL= "yuca" blanca, AP= Arpón rumo, BO= Bolsa rumo, TR= Tres mesina, LC= Lacre rumo, TM= Tijerilla morada, PA= Piririca del alto