



Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Agronomía  
Maestría en Mejoramiento Genético

Tesis de maestría

**Caracterización morfológica y molecular del  
banco de germoplasma de coco (*Cocos nucifera*  
L.) e identidad genética de poblaciones  
descendientes**

Autora

Ing. Suyen Reyes Álvarez

Asesor

Dr. Guillermo del Carmen Reyes Castro

Managua, Nicaragua

Agosto, 2018



Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Agronomía  
Maestría en Mejoramiento Genético

Tesis presentada ante el honorable tribunal examinador  
como requisito final para optar al grado de Maestra en  
Ciencias en Mejoramiento Genético Vegetal

**Caracterización morfológica y molecular del  
banco de germoplasma de coco (*Cocos nucifera*  
L.) e identidad genética de poblaciones  
descendientes**

Autora  
Ing. Agr. Suyen Reyes Álvarez

Managua, Nicaragua  
Agosto, 2018



Universidad Nacional Agraria  
Facultad de Agronomía  
Maestría en Mejoramiento Genético

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la **Facultad de Agronomía** de la **Universidad Nacional Agraria** con sede en Managua, Nicaragua, como requisito parcial para optar al título profesional de **Maestro en Ciencias en Mejoramiento Genético Vegetal**.

Miembros del tribunal examinador

---

Dr. Jorge Ulises Blandón Díaz

Presidente

---

MSc. Juan Carlos Morán Centeno

Secretario

---

MSc. Claudia Vanessa Rivera Zeledón

Vocal

Managua, Nicaragua  
03 de Mayo, 2018

## ÍNDICE GENERAL

Sección	Página
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	4
3.1 Ubicación geográfica del Banco de Germoplasma de Coco	4
3.2 Cultivares en estudio	4
3.3 Determinación molecular de la diversidad genética	5
3.3.1 Colecta de muestras	5
3.3.2 Ubicación del laboratorio	6
3.3.3 Extracción del ADN y programa PCR utilizado	6
3.3.4 Cebadores empleados	6
3.3.5 Procesamiento y análisis estadístico de datos	8
3.3.5.1 Diversidad genética intra e inter cultivar	8
3.3.5.2 Identidad genética de las poblaciones descendientes en relación a los parentales	10

3.4	Caracterización morfológica	11
3.4.1	Descriptores morfológicos	11
3.4.2	Análisis estadístico de descriptores morfológicos	12
3.5	Percepción de las características organolépticas de los cultivares de coco	13
3.5.1	Encuesta	13
3.5.2	Selección de la muestra	14
3.5.3	Análisis estadístico de la encuesta	14
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1	Diversidad genética revelada por microsatélites	15
4.1.1	Diversidad genética intra e inter cultivares	15
4.1.2	Identidad genética de las poblaciones descendientes en relación a los parentales	18
4.2	Caracterización morfológica	21
4.2.1	Descriptores cuantitativos	21
4.2.1.1	Descriptores cuantitativos del tallo	21
4.2.1.2	Descriptores cuantitativos de hoja	21
4.2.1.3	Descriptores cuantitativos de ACF	22
4.2.2	Descriptores cualitativos	24
4.2.3	Análisis multivariado de descriptores morfológicos cuantitativos	26
4.3	Percepción de las características organolépticas de los cultivares de coco	28
4.3.1	Cultivar que produce más y mejor aceite	28
4.3.2	Cultivar que produce más y mejor agua	29
4.3.3	Cultivar que produce más y mejor carne	30
4.3.4	Preferencias generales por cultivar	31
V.	CONCLUSIONES	33

VI. RECOMENDACIONES	34
VII. LITERATURA CITADA	35
VIII ANEXOS	40

## **DEDICATORIA**

Al Dios de mi fe, Padre, Hijo y Espíritu Santo.

A mi familia.

A todos aquellos que se beneficien de la información generada.

Suyen Reyes Álvarez

## AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, creador del cielo y de la tierra, de todo lo visible y lo invisible.

También, mis más sinceros agradecimientos por cada uno de los aportes hechos para lograr este trabajo:

Al Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional, representados por el Comandante Daniel y la Compañera Rosario, a través del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y de los proyectos PASOS-INTA y PAIPSAN-INTA por financiar este trabajo y mis estudios de Maestría.

A mi familia: Dominga Álvarez (Of Course), Silma Juárez (Of Course), Marlene, Marcos, Ahastary, Alfonso, Francelly, Angelee, y Alejandro.

En la UNA: Guillermo Reyes (Of Course), Tatiana y Alexa (By Right), Rosario.

En el laboratorio de la UNA: Heeidy, Rayan, Eliézer.

En el laboratorio del CNIA: Andrea Zamora (of Course), Oswalt Jiménez (Of Course), Donald Juárez, Alonso, Álvaro.

En el CDT Kukra Hill: Juan Martínez (Of Course), Fabio Rosales (Of Course), Samuel, Cristino, Nuñe, Juan Bautista, Santos, Carlos Moya.

A todos los del recorrido del CNIA-INTA.

En el camino: María Brooks (Of Course).

Pasé mucho tiempo recolectando estos nombres pero, mil disculpas por si hay alguno que se me haya escapado.

Suyen Reyes Álvarez

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
1	Origen, fecha de introducción e inventario de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	4
2	Características de los cebadores tipo SSR utilizados en el análisis de diversidad genética de los siete cultivares de coco y sus descendencias del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	7
3	Fórmulas para la estimación de la estructura genética inferida por el Análisis de Varianza Molecular (AMOVA).	10
4	Descriptores morfológicos estudiados de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	12
5	Población encuestada sobre características organolépticas de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	13
6	Número de alelos detectados, heterocigosidad esperada y observada, y coeficientes genéticos de los ocho microsatélites analizados en los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	16
7	Heterocigosidad esperada y observada, y coeficiente de endogamia de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	16
8	Análisis de varianza molecular para siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	17
9	Comparación en pares del coeficiente de diferenciación genética ( $F_{ST}$ ) e identidad genética de Nei (1987) de los cultivares parentales y su descendencia, del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	20
10	Análisis de varianza de descriptores cuantitativos del tallo de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	21
11	Análisis de varianza de descriptores cuantitativos de hoja de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	22
12	Análisis de varianza de descriptores cuantitativos evaluados de los componentes del fruto de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	23

13	Descriptores cualitativos de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	25
14	Varianza explicada y cargas factoriales de los descriptores que más contribuyen en los primeros cuatro componentes principales de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	26
15	Análisis discriminante lineal y valores de las funciones discriminantes de datos estandarizados con las varianzas comunes (FD-Varianzas comunes) de los descriptores cuantitativos de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Ubicación geográfica de las siete poblaciones de coco en el Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	5
2	Dendograma generado del análisis de conglomerados (UPGMA) de los descriptores cuantitativos de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	27
3	Análisis discriminante de descriptores cuantitativos de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	28
4	Preferencias de encuestados en cuanto al cultivar que produce más y mejor aceite del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	29
5	Preferencias de encuestados en cuanto al cultivar que produce más y mejor agua del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	30
6	Preferencias de encuestados en cuanto al cultivar que produce más y mejor carne del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	31
7	Preferencias generales por cultivar del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.	31

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
1	Mapa de la ubicación geográfica del Banco de Germoplasma de coco	40
2	Ficha de recolección de datos morfológicos de tallo y copa por cultivar	41
3	Ficha de recolección de datos morfológicos de hoja por cultivar	41
4	Ficha de recolección de datos morfológicos de fruto por cultivar	42
5	Listado de descriptores morfológicos del tallo evaluados	43
6	Listado de descriptores morfológicos de la hoja evaluados	45
7	Listado de descriptores morfológicos del fruto evaluados	46
8	Descriptores morfológicos de los componentes del fruto (ACF) evaluados	48
9	Metodología para la toma de datos de descriptores para análisis de los componentes del fruto (ACF)	49
10	Encuesta realizada a productores innovadores, consumidores y comerciantes para conocer la percepción sobre el rendimiento y calidad de los cultivares de coco del Banco de germoplasma del CDT-Kukra Hill.	50

## RESUMEN

El banco de germoplasma coco del Centro de Desarrollo Tecnológico Kukra Hill fue establecido en el periodo 1991-1992, con materiales provenientes principalmente de Costa de Marfil, con el propósito de producir híbridos resistentes al Amarillamiento Letal del Cocotero. Para conocer la diversidad y determinar la identidad genética con sus poblaciones descendiente, siete cultivares fueron caracterizados morfológica y molecularmente, como base para un plan de mejora genética del cultivo. Adicionalmente, se aplicaron 25 encuestas en cuatro municipios a agricultores, consumidores y comercializadores de productos del cocotero para determinar las preferencias por los cultivares. La diversidad genética se evaluó utilizando ocho pares de cebadores tipo SSR, en ADN extraído de muestras de hojas tiernas de siete plantas por cultivar. La caracterización morfológica se realizó con 12 plantas por cultivar, a las que se les evaluaron 27 descriptores. Se encontró una alta diversidad genética y morfológica (intra e inter cultivares), principalmente atribuida a la condición heterocigótica de los parentales. La altura de la palma, largo de 11 cicatrices, longitud de raquis y longitud del peciolo fueron los descriptores que más contribuyeron a la diferenciación de los cultivares, que junto a los demás descriptores sentaron las bases para la elaboración de un catálogo de los cultivares existentes en el banco. Las variedades altas o híbridos de nuez verde fueron seleccionados por presentar las características más deseables por la población. En las condiciones actuales no es recomendable la producción de híbridos comerciales, y se sugiere realizar un estudio de la biología floral de los cultivares, previo a proponer cualquier método de mejora, y el uso de herramientas biotecnológicas para acortar los plazos en el proceso de mejora.

**Palabras clave:** mejoramiento genético, endogamia, híbridos comerciales, heterocigotos, diversidad genética, cocotero.

## ABSTRACT

The coconut germplasm bank of the Kukra Hill Technological Development Center was established in the period of 1991-1992, with genetic material coming mainly from Côte d'Ivoire, with the only purpose of producing Lethal Yellowing Disease resistant hybrids. To know the diversity among cultivars and determine the genetic identity with their descendant populations, seven cultivars were characterized morphologically and molecularly, as a basis for a genetic improvement plan of the crop. Additionally, 25 surveys were applied in four municipalities to farmers, consumers and sellers of coconut products to determine preferences for cultivars. The genetic diversity study was carried out using eight pairs of SSR-type primers, with samples of tender leaves of seven plants per cultivar. The morphological characterization was carried out with 12 plants per cultivar, to which 27 descriptors were evaluated. A high genetic and morphological diversity (among and between cultivars) was found, mainly attributed to the heterozygous condition of the parents. The height of the plant, length of 11 scars, length of rachis and length of the petiole were the descriptors that contributed most to the differentiation of the cultivars, which along with the other descriptors laid the basis for the development of a catalog of existing cultivars in the bank. The high varieties or green walnut hybrids were selected because they present the most desirable characteristics for the population. Under current conditions, the production of commercial hybrids is not recommended, and a study of the floral biology of the cultivars is suggested, before proposing any improvement method, and the use of biotechnological tools to shorten the time periods in the improvement process.

**Key words:** genetic improvement, inbreeding, commercial hybrids, heterozygote, genetic diversity, coconut.

## I. INTRODUCCIÓN

El cocotero (*Cocos nucifera* L.), familia de las *Arecaceae*, es monotípica y de origen desconocido, de polinización cruzada en especies altas y de autopolinización en especies enanas (Baudouin y Santos, 2005; Santos *et al.*, 1996). Según el Censo Agropecuario realizado por INIDE-MAGFOR (2012) el 79% de las plantaciones de coco establecidas en Nicaragua se encuentran en la Costa Caribe Sur, en manos de agricultores a pequeña escala.

Cassells (1998) menciona que el cocotero forma parte de la cultura y dieta del caribeño y hasta 1981 constituyó una actividad económica importante que generaba ingreso a las familias, resultante de la venta de aceite de coco a empresas en el Pacífico de Nicaragua.

En Octubre de 1988, el huracán Juana destruyó las plantaciones de coco ubicadas en Corn Island y otras zonas del Caribe (CEPAL, 1988). A raíz de esta situación nacen varias iniciativas para introducir materiales y repoblar las costas.

Según Thienhaus (2001) a inicios de la década del 90 en el siglo pasado, en el marco del Proyecto de emergencia para el cocotero financiado por el gobierno de Francia, se introdujeron al país cultivares que serían progenitores de híbridos resistentes al amarillamiento letal del cocotero (ALC), enfermedad causada por el fitoplasma *Candidatus phytoplasma palmarum*, que desde entonces se reportaba como el principal responsable de la alta mortalidad de cocoteros en muchos países del continente americano y africano.

En este sentido, Thienhaus (2001) menciona que en el ahora Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) Kukra Hill se produjeron 8,500 plántones de MAYPAN (híbrido EAM x APAN) a partir del material introducido, los cuales fueron sembrados en su totalidad en la comunidad de Caño Blanco en Bluefields por un empresario costeño. También, con hijos de los cultivares importados se establecieron plantaciones que fueron usadas para la producción de híbridos por parte de Fundación para la Autonomía y el Desarrollo de la Costa Atlántica de Nicaragua (FADCANIC) y el mismo empresario que había sembrado los plántones de MAYPAN, asumiendo que las poblaciones importadas originales eran cultivares puros.

El banco de germoplasma cuenta actualmente con siete cultivares, procedentes de Costa de Marfil, Malasia, Panamá y Nicaragua. Junto a otros cultivos perennes, el cocotero se encuentra entre los rubros priorizados en la Estrategia de Desarrollo de la Costa Caribe,

impulsada por el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional. Esta iniciativa despierta el interés por los recursos genéticos que se encuentran en el Banco de Germoplasma del CDT Kukra Hill que había sido introducido 24 años atrás.

De acuerdo con Hernández-Villareal (2013) para la conservación de estos materiales genéticos, así como para proponer un plan de mejora y de utilización del germoplasma, es necesario conocer la diversidad genética dentro y entre los cultivares que componen el banco.

El enfoque tradicional de selección de variedades para el mejoramiento genético se ha basado en parámetros agronómicos y morfológicos, pero son altamente influenciados por el ambiente (Ashburner *et al.*, 1997). Manimekalai *et al.* (2005) mencionan que la estimación de la diversidad genética basada en marcadores moleculares supera las limitaciones encontradas de las estimaciones basadas en parámetros morfológicos.

Las técnicas de marcadores moleculares RFLP (Lebrun *et al.*, 1998), RAPD (Ashburner *et al.*, 1997) y AFLP (Perera *et al.*, 1998) han sido utilizadas para evaluar la diversidad genética, sin embargo, de acuerdo con Konan *et al.*, (2011) y Dasanayaka *et al.*, (2009), los marcadores microsatélites son una alternativa más efectiva para evaluar el germoplasma de cocotero.

En el presente estudio se determinó la diversidad genética entre y dentro de los siete cultivares de coco que conforman el banco de germoplasma del CDT-INTA Kukra Hill revelada por marcadores moleculares tipo microsatélites, igualmente se realizó la caracterización morfológica de estos cultivares empleando 9 descriptores cualitativos y 18 descriptores cuantitativos. Se realizó una encuesta para conocer la percepción de productores, consumidores y comercializadores de coco, sobre las características organolépticas y productivas más apreciadas por la población. La investigación pretende crear las bases para iniciar un proceso de mejora genética del cultivo.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Caracterizar morfológica y molecularmente los siete cultivares del Banco de germoplasma de coco del Centro de desarrollo tecnológico Kukra Hill, y determinar la identidad genética de poblaciones descendientes con miras a desarrollar la estrategia de propagación y mejoramiento genético del coco en Nicaragua.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la diversidad genética intra e inter cultivares de coco del banco de germoplasma del CDT-Kukra Hill mediante cebadores moleculares tipo SSR (Secuencias Simples Repetidas).
- Evaluar la identidad genética de las poblaciones descendientes en relación a los parentales.
- Determinar cuáles descriptores morfológicos aportan mayor información para la diferenciación de los cultivares con el propósito de elaborar un catálogo del banco de germoplasma de coco del CDT-Kukra Hill.
- Describir la percepción de productores, consumidores y comerciantes de coco sobre las características organolépticas y productivas de los cultivares del Banco de germoplasma.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación geográfica del Banco de Germoplasma de Coco

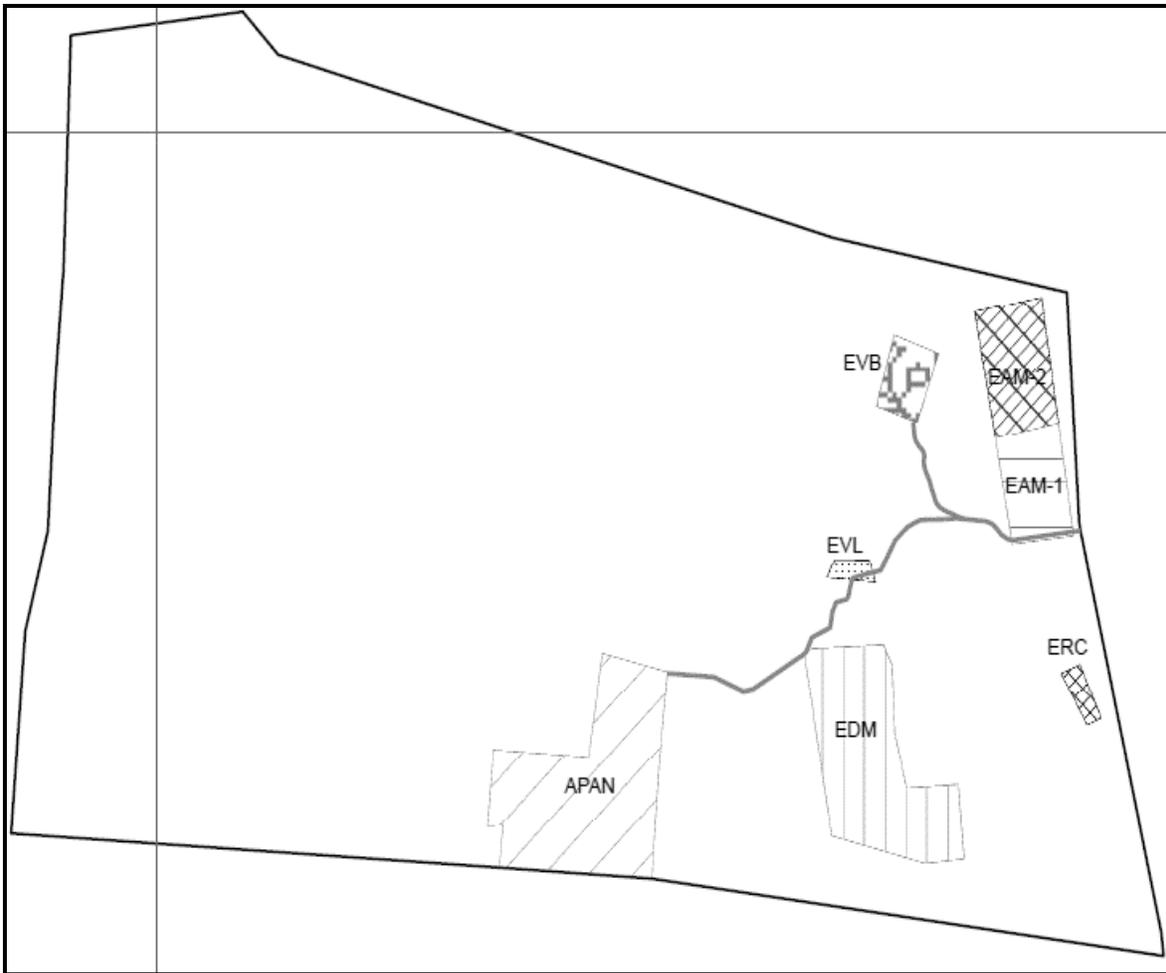
El Banco de Germoplasma de Coco se encuentra ubicado en el CDT-Kukra Hill, comunidad de Manhattan, municipio de Kukra Hill, RACCS, localizado entre las coordenadas 12°15.886' latitud norte y a los 83°44.631' longitud oeste. La zona se caracteriza por tener un clima tropical húmedo. Se han registrado precipitaciones hasta 5,000 mm al año, con una normalidad de 2,000 a 3,000 mm anuales. Los suelos de Kukra Hill son los más fértiles de la RACCS. Son de textura medianamente pesada, con un alto porcentaje de elementos finos, arcilla y limo. La mayor parte del territorio del municipio es una extensa llanura de relieve suavemente ondulado ubicado a 50 msnm, con pendientes de 20-30%. La mayor altura es la loma de Kukra (Kukra Hill) que mide 192 msnm (Kukra Hill, 2017).

#### 3.2 Cultivares en estudio

**Cuadro 1.** Origen, fecha de introducción e inventario de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

No.	Cultivar	Origen	Año de introducción	Clave del nombre	No. individuos Julio 2017
1	Enano Amarillo de Malasia (Padres)	Indonesia	1992	EAM-1	208
2	Enano Amarillo de Malasia (Hijos)	Nicaragua	2002	EAM-2	368
3	Enano Rojo de Camerún	Costa de Marfil, África	1995	ERC	9
4	Enano Verde de Brasil	Costa de Marfil, África	1994	EVB	221
5	Enano Dorado de Malasia	Nicaragua	1994	EDM	240
6	Enano Verde Local	Nicaragua	1994	EVL	21
7	Alto de Panamá	Panamá	1994	APAN	631

La distribución geográfica de los cultivares en el banco de germoplasma se presenta en la Figura 1. El mapa completo para la ubicación del sitio se encuentra en el Anexo 1.



**Figura 1.** Ubicación geográfica de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS. APAN (Alto de Panamá), EVB (Enano Verde del Brasil); EVL (Enano Verde Local), EDM (Enano Dorado de Malasia), ERC (Enano Rojo de Camerún), EAM-1 (Enano Amarillo de Malasia Lote 1), EAM-2 (Enano Amarillo de Malasia Lote 2).

### 3.3 Determinación molecular de la diversidad genética

Se realizaron dos estudios para determinar: (1) el parentesco genético dentro y entre los siete cultivares del banco de germoplasma y (2) la identidad genética de la descendencia originada de los siete cultivares con sus parentales.

#### 3.3.1 Colecta de muestras

Se colectaron dos folíolos de cada lado de la hoja número uno, de los que se cortó aproximadamente 20 centímetros de longitud de cada folíolo, omitiendo los extremos. Por cada cultivar se seleccionaron al azar 7 palmas padres y 7 palmas hijas (14 muestras por

cultivar), para un total de 98 muestras en el estudio. Las muestras se empacaron envolviéndolas en papel toalla y en bolsas plásticas rotuladas debidamente, y se colocaron en un termo con hielo en el cual fueron trasladadas al laboratorio. Una vez en el laboratorio fueron almacenadas a -20°C para su posterior extracción de ADN.

### **3.3.2 Ubicación del laboratorio**

El laboratorio de Biotecnología del Centro Nacional de Investigación Agropecuaria (CNIA), del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), está ubicado en el kilómetro 14 ½ Carretera Norte, en la ciudad de Managua, localizado entre las coordenadas 12° 08' 36'' latitud norte y a los 86°09' 49'' longitud oeste.

### **3.3.3 Extracción del ADN y programa de PCR utilizado**

El ADN se extrajo empleando el DNeasy minikit QIAGEN, con muestras de tejido de 20 mg, usando nitrógeno líquido para la maceración de los tejidos.

Las reacciones PCR se realizaron en volumen de 25 ul conteniendo 2 ul de ADN genómico, 2 ul de cada pareja de cebadores, 12.5 ul de DreamTaq Hot Start Green PCR Master Mix (2X) y 6.5 ul de agua libre de nucleasas. La amplificación se llevó a cabo en un termociclador MasterCycler®Pro–Eppendorf programada a 94°C por 5 minutos para la desnaturalización, seguido de 35 a 40 ciclos de 1 minuto a temperaturas entre 51-55 °C para el anidamiento, variando dependiendo del tipo de cebadores SSR utilizado, 2 minutos a 72°C de elongación, y una elongación final de 5 minutos a 72°C.

Concluida la amplificación se adicionó 4 ul del colorante de carga de ADN Thermo Scientific 6X a cada reacción de producto amplificado. Posteriormente, se corrieron en gel de agarosa de alta resolución al 2%, teñida con bromuro de etidio, en una programación de electroforesis de 120 minutos, a 330 A y 90 V y visualizado en un sistema de documentación de geles Doc-It® Life Science Software.

### **3.3.4 Cebadores empleados**

Se utilizaron ocho pares de cebadores SSR seleccionados de estudios de diversidad por ser los más polimórficos, y de uso común en el cultivo del cocotero cuya descripción de encuentra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Cebadores tipo SSR utilizados en el análisis de diversidad genética de los siete cultivares de coco y sus descendencias del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

No	Locus	Cebador Delantero (5'-3')	Cebador Reverso (5'-3')	Motif Repetido	Autores que referencian el uso del cebador	No de alelos detectados en el estudio	Tamaño del producto (pb)
1	CnCirE2	TCGCTGATGAATGCTTGCT	GGGGCTGAGGGATAAACC	(CT) <sub>17</sub> (GT) <sub>6</sub>	Shalini <i>et al.</i> (2006)	15	115-175
2	CAC56	ATTCTTTTGGCTTAAAACATG	TGATTTTACAGTTACAAGTTTGG	(CA) <sub>14</sub>	Manimekalai <i>et al.</i> (2005) Perera <i>et al.</i> (2001)	7 10	144-168
3	CNZ21	ATGTTTTAGCTTCACCATGAA	TCAAAGTTCAAGAAGACCTTTG	(CT) <sub>30</sub>	Teulat <i>et al.</i> (2000)	14	231-261
4	CNZ37	GTGGATAACTCATTTTCAGGTG	TAAGAAAAGCTGAGAGGGAGAT	(CT) <sub>7</sub> CC(CT) <sub>13</sub> (GT) <sub>5</sub> N <sub>23</sub> (GT) <sub>29</sub>	Teulat <i>et al.</i> (2000)	14	196-248
5	CNZ10	CCTATTGCACCTAAGCAATTA	AATGATTTTTCGAAGAGAGGGTC	(CT) <sub>18</sub> (GT) <sub>17</sub>	Dasanayaka <i>et al.</i> (2008) Rajesh <i>et al.</i> (2014)	5 3	105-175
6	CNZ18	ATGGTTCAGCCCTTAATAAAC	GAAC TTTGAAGCTCCCAATCAT	(CT) <sub>15</sub> TT(CT) <sub>3</sub>	Teulat <i>et al.</i> (2000)	13	103-127
7	CN11E6	TACTTAGGCAACGTTCCATTC	TAACCACCAGAAAAGCAAAAAGATT	(CT) <sub>21</sub>	Teulat <i>et al.</i> (2000)	16	85-128
8	CN2A4	CAGGATGGTTC AAGCCCTTAA	GGTGG AAGAGGGGAGAGATTGA	(CT) <sub>15</sub> TT(CT) <sub>3</sub>	Teulat <i>et al.</i> (2000)	13	87-111

Pares de bases (pb)

### 3.3.5 Procesamiento y análisis estadístico de datos

Cada una de las geles resultantes del proceso análisis molecular fue medida comparando las distancias en pares de bases en base a la escalera molecular utilizada, por medio de una regla y papel milimetrado. Con los datos de las mediciones resultantes se elaboró una base datos en Excel para su posterior análisis estadístico.

Usando el programa Arlequin 3.5.2.2 (Excoffier *et al.*, 2005) y el programa GenAIEx 6.503 (Peakall y Smouse, 2012) se estimó el índice de diversidad genética de Nei (1987), número de alelos por locus, heterocigocidad observada, heterocigocidad esperada, y las F-estadísticas de Wright (Wright, 1951).

#### 3.3.5.1 Diversidad genética intra e inter cultivares

Para determinar la diversidad genética intra e inter cultivares se realizó la estimación de los siguientes parámetros genéticos a nivel de toda la población en estudio y entre cultivares:

**Número total de alelos detectados.** Se estimó por conteo directo, el número de alelos diferentes detectados para cada cebador.

**Heterocigocidad esperada.** Nei (1987) asegura que el promedio de heterocigocidad o diversidad genética es el método de medición más adecuado de la variación genética, pues no depende de la arbitrariedad de la definición de polimorfismo y puede ser definida sin ambigüedad en términos de frecuencias alélicas. La heterocigocidad esperada de una población ( $H_e$ ) es la media de los valores obtenidos para cada locus en dicha población.

$$H_e = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L (1 - \sum_{j=1}^n P_{il}^2) \quad (0 \leq H_e \leq 1)$$

Dónde  $P_{il}$  es la frecuencia del alelo  $j$  en el locus  $l$  y  $L$  es el número total de loci analizados.

**Heterocigocidad observada ( $H_o$ ).** Para una población,  $H_o$  se calcula como la media inter-loci de la frecuencia genotípica de los individuos heterocigotos mediante la expresión:

$$H_o = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \frac{(N_{heterocigotos})_i}{N_i} \quad (0 \leq H_o \leq 1)$$

Donde, L es el número de loci analizado en población objeto de estudio, ( $N_{\text{heterocigotos}}$ ) i es el número absoluto de individuos heterocigotos para el locus i y  $N_i$  es el número total de individuos analizados para el locus i (Caujapé-Castells, 2006).

La diversidad genética total, inter e intra- poblacional se estimó mediante las F-estadísticas de Wright (Wright, 1951):

**Coefficiente global de diferenciación genética entre poblaciones ( $F_{ST}$ ).** mide la reducción en la heterocigosis debida a diferenciación genética entre poblaciones, y se calcula con la siguiente expresión:

$$F_{ST} = \frac{(Ht - Hs)}{Ht}$$

donde Ht es el promedio de la heterocigosis esperada en la población total, para todos los loci y Hs es el promedio de la heterocigosis esperada dentro de subpoblaciones para todos los loci.

**Coefficiente de endogamia dentro de poblaciones ( $F_{IS}$ ).** describe la distribución de los genotipos dentro de las poblaciones, y nos indica qué tan lejos se encuentra una población del equilibrio de Hardy-Weinberg, se calcula con la siguiente expresión:

$$F_{IS} = \frac{(Hs - Ho)}{Hs}$$

Dónde Hs es la heterocigosis promedio por subpoblación, y la Ho es la heterocigosis observada.

**Coefficiente de endogamia total ( $F_{IT}$ ).** La correlación entre los genes dentro de los individuos (I) en relación con los genes de la población total (T) es representada por  $F_{IT}$ , que corresponde con la endogamia total, que es calculada con la siguiente expresión:

$$(1 - F_{IT}) = (1 - F_{ST})(1 - F_{IS})$$

**Análisis de varianza molecular (AMOVA).** El AMOVA (Excoffier *et al.*, 1992) determina la proporción de la variación genética en general atribuible a la variación dentro de las poblaciones, entre las poblaciones y entre los grupos de poblaciones en una región. Este análisis también puede usarse para determinar la distribución relativa a la variabilidad genética entre grupos, entre poblaciones dentro de grupos o dentro de las poblaciones.

El Cuadro 3 muestra la metodología utilizada para los cálculos del AMOVA.

**Cuadro 3.** Metodología para la estimación de la estructura genética inferida por el Análisis de Varianza Molecular (AMOVA).

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados (SSD)	Cuadrados Medios Esperados
Entre poblaciones	P - 1	SSD (AP)	$n\sigma_a^2 + 2\sigma_b^2 + \sigma_c^2$
Entre individuos/dentro de poblaciones	N - P	SSD (AI/WP)	$2\sigma_b^2 + \sigma_c^2$
Dentro de individuos	N	SSD (WI)	$\sigma_c^2$
Total	2N - 1	SSD (T)	$\sigma_T^2$

Donde  $n$  y las F-estadísticas están definidas por:

$$n = \frac{2N - \sum_{p \in P} \frac{2N^2 p}{N}}{P - 1}$$

$$F_{ST} = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_T^2}, \quad F_{IT} = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_b^2}{\sigma_T^2} \quad \text{and} \quad F_{IS} = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_b^2 + \sigma_c^2}.$$

Y donde, N es el número total de individuos para los datos genotípicos o el número total de copias del gen de los datos haplotípicos; P es el número total de poblaciones;  $N_p$  es el número de individuos de la población  $p$  para datos genotípicos o el total del número de copias de genes en la población  $p$  para datos haplotípicos; SSD (AP) es la suma de cuadrados de las desviaciones entre poblaciones; SSD (AI/WP) es la suma de cuadrados de las desviaciones entre individuos, dentro de las poblaciones; SSD (WI) es la suma de cuadrados de las desviaciones dentro de individuos; SSD (T) es el total de la suma de cuadrados de las desviaciones.

### 3.3.5.2 Identidad genética de las poblaciones descendientes en relación a los parentales

Para evaluar la identidad genética de las poblaciones descendientes en relación a los parentales se realizó la comparación en pares de los valores de diferenciación genética entre poblaciones ( $F_{ST}$ ), y del cálculo de la distancia genética (Nei, 1987).

La distancia genética ( $D$ ) es la estimación entre dos individuos que puede ser descrita por la variación alélica (Nei, 1987), y se calcula con la expresión:

$$D = -\ln_e I$$

Para esto es necesario primeramente estimar la Identidad genética ( $I$ ). Para un determinado locus con  $k$  alelos, si  $x_i$  e  $y_i$  son las frecuencias del alelo  $i$  en las poblaciones  $X$  e  $Y$ , respectivamente, la "identidad genética" (similitud) se define como:

$$I = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{\sum x_i^2 \sum y_i^2}}$$

donde la sumatoria se establece para todos los alelos. Cuando se consideran los datos de varios loci, la identidad (similitud) promedio es:

$$I = \frac{J_{xy}}{\sqrt{J_x J_y}}$$

donde  $J_x$ ,  $J_y$  y  $J_{xy}$  son, respectivamente, las medias aritméticas de los valores  $x_i^2$ ,  $y_i^2$ , y  $x_i y_i$ , calculados para cada uno de los loci.

### **3.4 Caracterización morfológica**

#### **3.4.1 Descriptores morfológicos**

Se seleccionaron 9 plantas del cultivar ERC y 12 plantas de los restantes seis cultivares empleando el Muestreo Aleatorio Simple. La plantación ERC ha sido disminuida por el ataque de *Strategus aloeus*. Se realizó el muestreo en el total de las plantas existentes de este cultivar.

Se evaluaron 27 descriptores morfológicos de acuerdo a las metodologías de Santos *et al.*, (1996). En los anexos del 5 al 7 se describe detalladamente los procedimientos de medición para cada descriptor. En el Cuadro 4 se nombran los descriptores morfológicos cualitativos y cuantitativos empleados.

**Cuadro 4.** Descriptores morfológicos estudiados de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

Descriptor		Unidad de medida	Descriptor		Unidad de medida	
<b>Cuantitativos</b>			<b>Cualitativos</b>			
Tallo	Perímetro del tallo a 20 cm.	cm	Tallo	Forma tallo	Escala 1-4	
	Perímetro del tallo a 1.5 m	cm			Forma base	Escala 1-3
	Altura de la palma	m	Copa	Forma copa	Escala 1-4	
	Longitud entre 11 cicatrices	cm				
Hoja	Número de hojas	Unidades	Hoja	Color del pecíolo	Escala Munsell	
	Longitud del pecíolo	cm				
	Ancho del pecíolo	cm	Fruto	Establecimiento	Escala 1-5	
	Longitud de raquis	cm			Color	Escala Munsell
	Número de folíolos	Unidades			Forma Polar	Escala 1-4
	Longitud de folíolo	cm			Forma Ecuatorial	Escala 1-3
	Ancho del folíolo	cm			Forma polar endocarpo	Escala 1-4
ACF*	Grosor epi y meso carpo	mm				
	Grosor endocarpo	mm				
	Grosor endospermo solido	mm				
	Peso endospermo sólido	g				
	Endospermo líquido	ml				
	Rendimiento en aceite	ml				
	Brix	°Bx				

\*Análisis de los componentes del fruto

### 3.4.2 Análisis estadístico de descriptores morfológicos

Los descriptores fueron analizados individualmente pretendiendo determinar aquellos que fueran claves para la diferenciación entre los cultivares. Para el análisis de los datos de los descriptores cuantitativos se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilks modificado, resultando todos normales ( $\alpha > 0.05$ ). Los patrones de variación y el agrupamiento de conglomerados fue llevado a cabo siguiendo la metodología propuesta por Zizumbo *et al.*, (2005), Zizumbo y Colunga (2001) y Zizumbo y Piñero (1998), de acuerdo a lo siguiente: (a) Análisis de varianza de una sola vía con método lineal general (one-way ANOVA with general linear method, en inglés) para determinar las diferencias significativas entre las poblaciones en cada uno de los descriptores, y la prueba de rangos múltiples de Duncan ( $p < 0.05$ ) (b) análisis de componentes principales (PCA) de la matriz de correlación con los datos previamente estandarizados; (c) análisis de conglomerados (unweighted pair-group method using an arithmetic average, UPGMA). Para este último, los elementos de la matriz fueron estandarizados, y la matriz de similaridad se obtuvo usando la distancia Euclídea al

cuadrado; (d) análisis discriminante incluyendo todos los descriptores cuantitativos. Los descriptores cualitativos se representan en términos de porcentajes.

### 3.5 Percepción de las características organolépticas de los cultivares de coco

#### 3.5.1 Encuesta

Se realizó una encuesta con el objetivo de indagar la apreciación de productores, consumidores y comercializadores de algunos parámetros organolépticos y productivos en el cocotero. Constó de 14 preguntas de respuestas múltiples, para determinar principalmente:

- a) El cultivar que produce más y mejor aceite,
- b) El cultivar que produce más y mejor agua,
- c) El cultivar que produce más y mejor carne,
- d) El cultivar que produce más frutos por año,
- e) Preferencias por tipo de cultivar y
- f) Preferencias para el aprovechamiento del cultivar seleccionado

Las apreciaciones generadas sirven de herramientas para determinar las características a buscar en el proceso de mejoramiento genético del cultivo. El instrumento elaborado se encuentra en el Anexo 10.

Se aplicaron 25 encuestas distribuidas en 4 municipios de la RACCS (11 comunidades) a 25 hombres y mujeres (28%), productores (67%), consumidores (82%) y comerciantes (32%) de coco. El Cuadro 5 resume las características de la población entrevistada.

**Cuadro 5.** Población encuestada sobre características organolépticas de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

Municipio	No. Comunidades	Encuestados					Categorización personal**		
		Hombres		Mujeres		Total	Pro*	Con*	Com*
		20-30 años	> 31 años	20-30 años	> 31 años				
Laguna de Perlas	4	1	3	0	5	9	22	11	11
Bluefields	1	0	5	0	0	5	10	25	20
El Tortuguero	4	0	4	1	0	5	10	25	0
Kukra Hill	2	1	4	0	1	6	25	21	21
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>25</b>			

\*Pro = Productores; Con= Consumidores; Com: Comercializadores

\*\* Cada encuestado podía seleccionar más de una opción.

### 3.5.2 Selección de la muestra

El universo de estudio lo constituyeron todos los protagonistas registrados en las bases de datos de actividades de transferencia e investigación de la delegación INTA RACCS de los últimos tres años (2014-2016), que sumaron un total de 4,589 personas.

A este universo se aplicaron los siguientes criterios de selección:

- 1) Encontrarse registrados en la base de datos del INTA : 4,589 aplican
- 2) Tener al menos 0.5 mz sembrada de cocos en producción: 325 aplican
- 3) Haber cosechado de su parcela de coco al menos dos veces: 80 aplican
- 4) Tener los dos tipos de cultivares diferentes en las parcelas (un enano y un alto): 25 aplican.

Una vez determinado el número total de posibles encuestados, se aplicó la “Fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra en poblaciones finitas para estudios cuya variable principal es de tipo cualitativo” referida por Aguilar-Barojas (2005):

$$n = \frac{k^2 * p * q * N}{(e^2 * (N - 1)) + k^2 * p * q}$$

Donde, **N** es el tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados); **k** es una constante que depende del nivel de confianza (95% = 1.96); **e** es el error muestral deseado (5%); **p** es la proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio (0.5); **q** es la proporción de individuos que no poseen esa característica (0.5).

$$N = 25 \quad k = 1.96 \quad p = 0.5 \quad q = 0.5 \quad e = 0.50 \quad \mathbf{n = 24}$$

Al momento de aplicar la fórmula se observa que el número resultante difiere en uno al número total de posibles encuestados, por tanto se toma la decisión de entrevistarlos a todos.

### 3.5.3 Análisis estadístico de la encuesta

Las respuestas de la encuesta fueron tabuladas en una base de datos en Microsoft Excel, a las que se le realizó un análisis descriptivo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Diversidad genética revelada por microsatélites

#### 4.1.1 Diversidad genética intra e inter cultivares

Las ocho parejas de cebadores identificaron 51 alelos, con un promedio de 6.375 alelos por locus, en un rango de cuatro (CN2A4) a 10 (CAC56) secuencias simples repetidas polimórficas en los siete cultivares evaluados (Cuadro 6). Seis resultaron polimórficos. El porcentaje de loci polimórficos (P) fue de 26.78 con un intervalo de 12.5 (EVL, EVB) a 37.5 (APAN, EAM-2, ERC) (Cuadro 7).

El promedio de la heterocigosidad esperada ( $H_e$ ) fue mayor que el promedio de la observada ( $H_o$ ). La  $H_e$  varió de 0.615 (CN2A4) a 0.846 (CAC56), con un promedio de 0.783 (Cuadro 6), y la  $H_o$  varió de 0.020 (CNZ37) a 0.653 (CAC56), y promedio 0.194.

El análisis de la diversidad entre los cultivares muestra que la  $H_e$  varió de 0.235 (APAN) a 0.5185 (EDM, EVB, EAM-1), con un promedio de 0.4412 (Cuadro 7), y la  $H_o$  varió de 0.1667 (APAN) a 1.0000 (EDM, EVB, EAM-1), con un promedio de 0.7619. El cultivar APAN a diferencia de los demás cultivares, presenta valores de  $H_e$  (0.235) mayores a los de  $H_o$  (0.1667).

La diversidad genética es en ocasiones referida como a la heterocigosidad esperada o la probabilidad que dos alelos escogidos al azar en una población sean diferentes (Dasanayaka *et al.*, 2009). Rajesh *et al.*, (2008) y Pacheco *et al.*, (2014) mencionan que cuando la heterocigosidad observada es menor a la esperada existe una tendencia hacia la endogamia dentro de la población, prediciendo un comportamiento autógeno. En el caso contrario indica una baja presencia de homocigotos, prediciendo un comportamiento alógeno.

La  $F_{ST}$  varió entre los locus de 0.591 (CAC56) a 0.958 (CNZ21), con una media de 0.861 indicando un alto nivel de diferenciación entre los cultivares detectada por estos locus (Cuadro 6).

Se registraron coeficientes negativos de endogamia ( $F_{IS}$ ) en cuatro de los seis locus (CAC56, CNZ21, CN2A4, CN11E6), indicando un exceso de heterocigotos detectados por estos locus.

**Cuadro 6.** Número de alelos detectados, heterocigosidad esperada y observada, y coeficientes genéticos de los ocho microsatélites analizados en los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

Locus	NTa	He	Ho	F <sub>IS</sub>	F <sub>IT</sub>	F <sub>ST</sub>
<b>CAC56</b>	10	0.846	0.653	-0.898	0.225	0.591
<b>CnCirE2</b>	7	0.826	0.020	0.417	0.975	0.957
<b>CNZ10</b>	6	0.821	0.000	-	1.000	1.000
<b>CNZ18</b>	5	0.779	0.000	-	1.000	1.000
<b>CNZ21</b>	7	0.831	0.041	-0.167	0.951	0.958
<b>CNZ37</b>	5	0.704	0.020	0.451	0.971	0.947
<b>CN2A4</b>	4	0.615	0.286	-1.000	0.533	0.767
<b>CN11E6</b>	7	0.837	0.531	-0.896	0.363	0.664
<b>Media</b>	6.375	0.783	0.194	-0.349	0.752	0.861

NTa (Número total de alelos), Ho (Heterocigosidad observada), He (Heterocigosidad esperada), F<sub>IS</sub> (Coeficiente de endogamia dentro de poblaciones), F<sub>IT</sub> (Coeficiente de endogamia total), F<sub>ST</sub> (Coeficiente global de diferenciación genética entre poblaciones).

**Cuadro 7.** Heterocigosidad esperada y observada, y coeficiente de endogamia de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

Cultivar	%P	He	Ho	F <sub>IS</sub>
<b>EVL</b>	12.50	0.42328	0.57143	-0.36842
<b>APAN</b>	37.50	0.23545	0.16667	0.30000
<b>EDM</b>	25.00	0.51852	1.00000	-1.00000
<b>EVB</b>	12.50	0.51852	1.00000	-1.00000
<b>EAM-2</b>	37.50	0.36949	0.69048	-0.93333
<b>EAM-1</b>	25.00	0.51852	1.00000	-1.00000
<b>ERC</b>	37.50	0.50441	0.90476	-0.85019
<b>Media</b>	26.78	0.44117	0.76190	-0.69313

%P (Porcentaje de loci polimórficos), He (Heterocigosidad esperada), Ho (Heterocigosidad observada), F<sub>IS</sub> (Coeficiente de endogamia dentro de poblaciones).

La alta frecuencia de heterocigotos detectada en los loci en todos los cultivares sugiere la ocurrencia de cruzamiento en el lugar de origen de estos cultivares. Rajesh *et al.*, (2008) reportan situación similar en Sri Lanka con genotipos provenientes de las islas del archipiélago Andaman y Nicobar, en India.

**Cuadro 8.** Análisis de varianza molecular para siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

Fuente de variación	Gl	SC	Cvar	Cvar corregido	% var
Entre cultivares	6	524.750	3.11973	3.11973	80.09
Entre individuos dentro de los cultivares	91	9.643	-0.33477	0.00000	0.00
Dentro de los individuos	98	76.000	0.77551	0.77551	19.91
<b>Total</b>	<b>195</b>	<b>610.393</b>	<b>3.56047</b>	<b>3.89524</b>	

**F<sub>ST</sub> = 0.87621 (P valor = 0.0001)**

Gl(Grados de libertad), SC (Suma de cuadrados), Cvar (Componentes de la varianza), %var (Porcentaje de variación), F<sub>ST</sub> (Coeficiente global de diferenciación genética entre poblaciones).

Según Martínez *et al.*, (2009) y Eguiarte *et al.*, (2010) la F<sub>IS</sub> corresponde a la correlación alélica dentro de las poblaciones que es influenciada por la endogamia, y que cuando el valor total difiere de 0 sugiere tendencia a la endogamia en esa proporción. Los valores de F<sub>IS</sub> son de 0 si las poblaciones se encuentran en las proporciones esperadas si los apareamientos fueran estrictamente al azar (Hardy-Weinberg), y puede llegar hasta 1 si sólo se encuentran individuos homocigotos en la población (lo cual generalmente es una consecuencia de la endogamia extrema). Si la F<sub>IS</sub> es negativa, quiere decir que se tiene un exceso de heterocigotos. Del mismo modo, la F<sub>ST</sub> = 0 indica que las frecuencia alélicas son idénticas en todas las poblaciones estudiadas.

Estudios preliminares indican que los cultivares de cocotero alto son de polinización cruzada (alógamas) y los cultivares enanos son predominantemente autógamos (Shalini *et al.*, 2006 y Rajesh *et al.*, 2014). Sin embargo, hay oportunidad que la autopolinización pueda también ocurrir en cultivares de cocotero altos (Rajesh *et al.*, 2014). En el caso de los cultivares enanos, Teulat *et al.*, (2000) reportan que el cultivar Enano Niu Leka Dwarf en Fiji es conocido por ser de polinización cruzada y que es heterocigoto para muchos loci.

Por otro lado, Patel (1938) y Bourdeix (1999) realizaron estudios que revela la existencia de variación en el comportamiento reproductivo del cocotero influenciado por las condiciones ambientales. Reportan periodos del año donde no existe coincidencia en la maduración del polen en flores femeninas y masculinas que aumentan las probabilidades de polinización cruzada, y en Costa de Marfil, Bourdeix (1999) observó periodos donde hubo una alta floración y por ende un alto rendimiento de nueces, relacionado a los altos índices de

autopolinización. En el estudio de Manthirratna (1971) en Sri Lanka reveló que el polen de coco puede ser encontrado a una distancia de 180 metros desde su fuente de emisión.

Entre cultivares, existe una diversidad significativamente alta ( $P=0.0001$ ). El análisis de varianza molecular (AMOVA) (Cuadro 8) muestra un valor de  $F_{ST}$  de 0.87621 (87.62%). Para seis cultivares (EVL, ADM, EVB, EAM-2, EAM-1, ERC) se detectaron coeficientes negativos de endogamia ( $F_{IS}$ ), indicando un exceso de heterocigotos en estos cultivares (Rajesh *et al.*, 2008).

Rajesh *et al.*, (2014) mencionan que el flujo genético entre poblaciones es mayormente vía movimiento de polen. Siendo que la polinización es mayormente realizada por insectos, la dispersión del polen está sujeta a los rangos de vuelo de estos. Esto contribuye a un restringido flujo de genes e incrementa la posibilidad que individuos que están físicamente próximos se crucen entre ellos. Ambos efectos, podrían promover la diferenciación entre poblaciones.

#### **4.1.2 Identidad genética de las poblaciones descendientes en relación a los parentales**

Según Nei (1972), los valores de la identidad genética pueden variar entre cero (para poblaciones completamente distintas) hasta uno (si son genéticamente idénticas), pudiendo ser consideradas como porcentajes de identidad al establecer las comparaciones en pares.

El Cuadro 9 muestra los valores de diferenciación e identidad genética (Nei, 1987) obtenidos para los diferentes cultivares analizados con sus descendencias. Las descendencias de los cultivares EDM, EVB y EAM-1 muestran un 100% de identidad genética con relación a sus parentales para los loci estudiados; las descendencias de los cultivares EVL (0.997), APAN (0.994), EAM-2 (0.999) y ERC (0.998) muestran una identidad genética con relación a sus padres que varía del 94 al 99%. Considerando que se estima hasta un 5% de variación en el comportamiento reproductivo de las plantas, los valores de identidad genética estimados para la descendencia de todos los cultivares estudiados muestran un comportamiento autógeno.

El coeficiente de diferenciación genética calculado en la comparación en pares de los cultivares con su descendencia muestra que para las descendencias de los cultivares EDM, EVB y EAM-1 no existe diferenciación (0.000), y para la descendencia de los cultivares EVL (0.025), APAN (0.040), EAM-2 (0.012) y ERC (0.030) los valores son inferiores a 0.05, denotando una escasa diferenciación genética (Hartl y Clark, 1997; González 2011). Estos

resultados corroboran que la alta frecuencia de heterocigotos detectada en los loci en todos los cultivares (Cuadro 7) se deba al cruzamiento en el lugar de origen de los parentales.

Los cultivares del Banco de Germoplasma de coco del CDT Kukra Hill estaban destinados a la producción de híbridos con resistencia al ALC, partiendo de la procedencia confiable de la semilla. Konan *et al.*, (2007) reporta que fue hasta el año 2007 cuando en Costa de Marfil inicia el uso de herramientas moleculares en el estudio de las poblaciones de cocotero existentes en el Banco Internacional del Cocotero, encontrando altos valores de diversidad genética dentro de la colección. Por tanto, antes de esta fecha, la selección de cultivares en el Banco Internacional del Cocotero se basaba en parámetros morfológicos y agronómicos únicamente.

Partiendo del concepto de que un híbrido es el cruzamiento de dos individuos puros homocigotos para uno o varios alelos, las llamadas líneas puras, los resultados de este estudio permiten afirmar que los cultivares de coco del Banco de Germoplasma no prestan la condición genéticas para cumplir con este propósito. Se presume que los cultivares del Banco de Germoplasma provienen de poblaciones de cocoteros con poco control de la polinización, generando una variabilidad dentro de las poblaciones descendientes detectada en este estudio. Similares resultados son reportados por Baudouin *et al.*, (2008) en poblaciones descendientes del cultivar Alto de Panamá del Banco de Germoplasma que habían sido establecidos por FADCANIC sobre el Río Wawashang, Laguna de Perlas, Nicaragua.

Todas las poblaciones descendientes de los cultivares del Banco de Germoplasma del CDT Kukra Hill que han sido distribuidas en toda la región, podrían estar presentando una alta variabilidad visiblemente perceptible debido a la condición heterocigota de los parentales, y podría estar asociada a una disminución en el rendimiento en campo.

**Cuadro 9.** Comparación en pares del coeficiente de diferenciación genética ( $F_{ST}$ ) e identidad genética de Nei (1987) de los cultivares parentales y su descendencia, del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

	EVL	EVLH	APAN	APANH	EDM	EDMH	EVB	EVBH	EAM-2	EAM-2H	EAM-1	EAM-1H	ERC	ERCH
<b>EVL</b>	<b>0.997</b>	0.000	0.000	0.000	0.190	0.190	0.104	0.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>EVLH</b>	<b>0.025</b>	0.000	0.000	0.000	0.182	0.182	0.085	0.085	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>APAN</b>	0.909	0.899	<b>0.994</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.338	0.325	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>APANH</b>	0.873	0.863	<b>0.040</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.334	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>EDM</b>	0.826	0.825	0.845	0.809	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.138	0.138	0.072	0.071	0.214	0.214	0.222	0.220
<b>EDMH</b>	0.826	0.825	0.845	0.809	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	0.138	0.138	0.072	0.071	0.214	0.214	0.222	0.220
<b>EVB</b>	0.840	0.852	0.895	0.859	0.783	0.783	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.304	0.311	0.311	0.311	0.251	0.268
<b>EVBH</b>	0.840	0.852	0.895	0.859	0.783	0.783	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	0.304	0.311	0.311	0.311	0.251	0.268
<b>EAM-2</b>	0.861	0.853	0.666	0.628	0.768	0.768	0.691	0.691	<b>0.999</b>	<b>0.999</b>	0.314	0.314	0.075	0.074
<b>EAM-2H</b>	0.876	0.869	0.685	0.643	0.783	0.783	0.800	0.800	<b>0.012</b>	<b>0.012</b>	0.321	0.321	0.074	0.073
<b>EAM-1</b>	0.876	0.869	0.845	0.809	0.752	0.752	0.800	0.800	0.653	0.756	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	0.074	0.073
<b>EAM-1H</b>	0.876	0.869	0.845	0.809	0.752	0.752	0.800	0.800	0.653	0.756	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	0.074	0.073
<b>ERC</b>	0.826	0.819	0.795	0.759	0.705	0.705	0.733	0.733	0.734	0.750	0.750	0.750	0.074	<b>0.998</b>
<b>ERCH</b>	0.840	0.833	0.809	0.773	0.721	0.721	0.731	0.731	0.744	0.760	0.760	0.760	<b>0.030</b>	<b>0.030</b>

Coefficiente de diferenciación genética (abajo); identidad genética (arriba). APAN (Alto de Panamá Parental); APANH (Alto de Panamá Hijo); EVB (Enano Verde del Brasil Parental); EVBH (Enano Verde del Brasil Hijo); EVL (Enano Verde Local Parental); EVLH (Enano Verde Local Hijo); EDM (Enano Dorado de Malasia Parental); EDMH (Enano Dorado de Malasia Hijo); ERC (Enano Rojo de Camerún Parental); ERCH (Enano Rojo de Camerún Hijo); EAM-1 (Enano Amarillo de Malasia Lote 1 Parental), EAM-1H (Enano Amarillo de Malasia Hijo del Lote EAM-1); EAM-2 (Enano Amarillo de Malasia Lote 2 Hijo del Lote EAM-1); EAM-2H (Enano Amarillo de Malasia Lote 2 Hijo del Lote EAM-2, nieto del EAM-1).

## 4.2 Caracterización morfológica

### 4.2.1 Descriptores cuantitativos

#### 4.2.1.1 Descriptores cuantitativos del tallo

Los descriptores evaluados del tallo presentan diferencias estadísticamente significativas entre cultivares. El Cuadro 10 muestra los resultados del análisis de varianza y separación de medias.

**Cuadro 10.** Análisis de varianza de descriptores cuantitativos del tallo de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

Cultivar	Diámetro 0.2 m	Diámetro 1.5 m	Altura	Cicatrices
APAN	168.33 a	100.33 a	3.80 d	70.67 a
EAM-1	85.83 bc	71.58 bc	7.32 a	33.75 c
EAM-2	76.67 cd	67.75 cd	4.76 c	41.50 b
EDM	90.25 b	74.42 b	5.76 b	42.92 b
ERC	74.00 d	66.89 d	4.60 c	40.65 b
EVB	78.58 cd	64.67 de	2.75 e	29.84 c
EVL	90.92 b	62.25 e	3.98 c	33.34 c
<b>P-valor</b>	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **
<b>CV</b>	11.60	7.12	14.38	4.31
<b>R<sup>2</sup></b>	0.89	0.86	0.82	0.99

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

El cultivar APAN registró valores superiores en tres descriptores de tallo evaluados (diámetro a 0.2 m, diámetro a 1.5 m, y largo de 11 cicatrices) con relación al resto de los cultivares, seguido del cultivar EDM para los cuatro descriptores. A pesar de ser un cultivar alto el APAN (3.80) es superado en altura por cinco cultivares enanos (EAM-1, EAM-2, EDM, ERC y EVL).

Los cultivares de nuez verde (EVL, EVB) registraron consistentemente los menores valores de las características del tallo (Cuadro 10). Los cultivares de nuez amarilla-roja-naranja (EAM-2, EDM, ERC) resultaron con la misma categoría estadística y superiores a los tres cultivares anteriores. El cultivar APAN resultó con el mayor largo de 11 cicatrices y superior significativamente al resto.

#### 4.2.1.2 Descriptores cuantitativos de hoja

Los descriptores cuantitativos de hoja presentaron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares. El Cuadro 11 muestra los resultados del análisis de varianza y separación de medias.

El cultivar APAN en seis descriptores evaluados es superior significativamente al resto, seguido del EVL en cinco descriptores. Para el descriptor número de hojas, el APAN (30.09) es superado por dos cultivares enanos (EAM-1 con 31.67 y EAM-2 con 34.58), que pudiera estar relacionado a la producción de más racimos por palma, propio de los cultivares enanos. Zizumbo y Colunga (2001) mencionan que cuando un cultivar tiene la hoja más corta permite sembrar este cultivo en altas densidades, y tienen una mayor producción de hojas, equivalente a una mayor producción de racimos por palma, es decir, una mayor productividad de nueces por hectárea. En este sentido esta característica podría ser una útil como marcador para la selección de hembras en programas de mejoramiento de la producción.

**Cuadro 11.** Análisis de varianza de descriptores cuantitativos de hoja de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

Cultivar	Número hojas	Longitud peciolo	Ancho peciolo	Longitud raquis	Número foliolos	Longitud foliolos	Ancho foliolos
APAN	30.09 b	147.92 a	7.26 a	562.50 a	110.00 a	119.32 a	5.38 a
EAM-1	31.67 b	86.42 c	4.98 d	293.83 f	94.25 b	97.00 b	4.76 ab
EAM-2	34.58 a	102.75 b	5.88 c	427.50 c	96.34 b	101.94 b	4.52 bc
EDM	25.42 cd	102.50 b	5.63 c	413.33 cd	97.34 b	101.29 b	3.70 d
ERC	23.63 d	101.56 b	6.18 b	362.22 e	98.88 b	84.56 c	4.22 bcd
EVB	26.59 c	107.25 b	6.29 b	397.00 d	96.58 b	97.21 b	3.85 cd
EVL	23.92 cd	105.17 b	6.29 b	471.58 b	111.67 a	95.84 b	3.89 cd
<b>P-valor</b>	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **
<b>CV</b>	4.18	8.40	2.00	6.96	1.87	2.86	6.88
<b>R<sup>2</sup></b>	0.96	0.81	0.98	0.89	0.96	0.96	0.87

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

En la longitud de raquis hay una clara diferenciación entre los siete cultivares. Los datos son coincidentes a los encontrados por Zizumbo y Colunga (2001) donde en un análisis de componentes principales, el primer componente explica el 51% de la variación, que incluye el descriptor longitud de hoja (equivalente para nuestro estudio a longitud de raquis) como una de las características que mejor contribuye al modelo.

#### 4.2.1.3 Descriptores cuantitativos evaluados de ACF (Análisis componentes del fruto)

Los componentes del fruto presentaron algunas diferencias estadísticas entre cultivares. El Cuadro 12 muestra los resultados del análisis de varianza y separación de medias.

Los cultivares APAN (699.59) y EAM-2 (407.08) tienen el mayor contenido de endospermo líquido con relación al resto de los cultivares. Sin embargo, para el grosor del endospermo sólido y grados brix del endospermo líquido no existe una diferenciación clara. El cultivar

APAN es superior para cinco descriptores en comparación al resto, seguido del cultivar EVB en cuatro descriptores.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza de descriptores cuantitativos evaluados de los componentes del fruto de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

Cultivar	G/E+M	G/E	G/EdsS	P/EdsS	ml/EdsL	B°/EdsL	ml/A30C	RA %
APAN	2.80 ab	0.46 a	0.82 a	236.50 b	699.59 a	4.68 b	2450 a	31.42 b
EAM-1	2.90 a	0.23 d	0.34 c	103.00 f	317.50 c	5.16 ab	1550 b	45.65 a
EAM-2	1.90 c	0.30 c	0.55 abc	160.00 d	407.08 b	5.22 ab	1620 b	30.71 b
EDM	2.00 c	0.32 c	0.77 a	145.00 e	314.59 c	5.08 ab	1025 d	21.44 d
ERC	1.45 d	0.38 b	0.60 abc	217.50 c	314.38 c	5.45 a	1210 c	16.88 e
EVB	2.50 b	0.43 a	0.76 ab	300.00 a	347.08 c	5.60 a	1600 b	16.18 e
EVL	1.70 cd	0.34 bc	0.48 bc	76.50 g	299.17 c	5.46 a	650 e	25.77 c
<b>P-valor</b>	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **	<0.0001 **	0.0443 *	<0.0001 **	<0.0001 **
<b>CV</b>	6.61	5.80	17.84	2.63	6.06	4.14	3.59	3.13
<b>R<sup>2</sup></b>	0.96	0.96	0.81	0.99	0.98	0.78	0.99	0.99

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). G/E+M (Grosor epicarpo + mesocarpo), G/E (Grosor endocarpo), G/EdsS (Grosor endospermo sólido), P/EdsS (Peso endospermo sólido), ml/EdsL (ml endospermo líquido), B°/EdsL (°Brix endospermo líquido), ml/A30C (ml de aceite de 30 cocos), RA% (Porcentaje de rendimiento en aceite).

La relación gramo de copra por mililitro de aceite permite determinar que el cultivar EAM-1 (45.65) produce más aceite que el Alto de Panamá (31.42). Bourdeix *et al.*, (2010) registran datos de rendimiento en aceite entre 64-70% en dependencia del cultivar. Las diferencias con los encontrados en el presente estudio pueden deberse a la técnica de extracción del aceite, ya que para efectos de este estudio se realizó de forma artesanal.

La condición heterocigota del EAM-1 podría estar demostrando ventaja sobre el homocigoto, proveniente del cruzamiento con el Jamaica Tall detectado en las plantaciones de Costa de Marfil, en el estudio realizado por Baudouin *et al.*, (2008) de donde son originarias estas plantaciones. Por otro lado, es observable en el cultivar EAM-2 una disminución en el rendimiento en aceite (14.94%), que probablemente esté asociada a la heterocigosidad de sus parentales.

Harries (1970) menciona que con los cultivares enanos, comparados a los altos tienen una masa y tamaño de nuez más pequeña, aunque tienen un porcentaje más alto de endospermo sólido, indicando una producción más alta de copra por nuez. Zizumbo *et al.*. (2005) encontraron que la cantidad ( $h^2=0.88$ ) y porcentaje de agua ( $h^2=0.83$ ), la masa de la nuez ( $h^2=0.82$ ) y carne ( $h^2=0.67$ ) presentan altos valores de heredabilidad ( $h^2>0.5$ ). Esta característica de los cultivares enanos sumada a una mayor producción de racimos, mayor

producción de nueces por racimos, y mayor precocidad, podrían superar sustancialmente la producción total por manzana comparada a los cultivares altos.

La evaluación de los componentes del fruto por sus altos coeficientes de heredabilidad pueden ser utilizados en la selección de los mejores parentales para la producción de híbridos.

#### **4.2.2 Descriptores cualitativos**

Las descriptores color del fruto, forma de la copa, forma polar del fruto, forma ecuatorial, y forma polar del endocarpo, son homogéneos intra-cultivar (Cuadro 13), a pesar de lo referido por Baudouin y Santos (2005) relacionado a estas características son altamente influenciadas por el medio ambiente.

La variación existente en la coloración de los frutos en el cultivar APAN puede deberse a su característica alógama, resultados consistentes con los estudios de Zizumbo y Piñero (1998) y Harries (1978), en la evaluación de caracteres morfológicos del fruto que mostraron menor nivel de variación en cultivares de coco enanos por su característica predominantemente autógama.

El establecimiento de frutos en el cultivar EAM-1 registra que 92% de las palmas producen cantidades iguales o mayores a 81 frutos, y el 83% en el cultivar EAM-2, valores superiores al APAN y EVB donde el 67% de las palmas producen entre 51-80 frutos, demostrando mayor producción en los cultivares enanos.

La información generada del levantamiento de datos morfológicos de estos cultivares, tanto cualitativos como cuantitativos, puede en un futuro inmediato servir de herramienta para la elaboración de un catálogo de la diversidad en los cultivares existentes del Banco de Germoplasma de cocotero del CDT Kukra Hill.

**Cuadro 13.** Descriptores cualitativos de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCs.

Carácter	Clasificación	Cultivares (Porcentajes)							
		APAN	EAM-1	EAM-2	EDM	ERC	EVB	EVL	
<b>Tallo</b>	Forma tallo	92	75	100	100	56	100	100	
	Curvo	8	25	-	-	44	-	-	
	Sin base	-	17	25	-	100	33	-	
	Base baja	-	87	75	100	-	67	100	
	Base alta	100	-	-	-	-	-	-	
<b>Copa</b>	Forma copa	-	-	100	100	-	100	-	
	Semiesférica	100	-	-	-	-	-	-	
	Forma de X	-	100	-	-	100	-	100	
<b>Fruta</b>	Establecimiento de frutos	8	-	-	33	33	8	33	
	21-50 frutos/palma	67	8	17	50	11	25	42	
	51-80 frutos/palma	25	92	83	17	56	67	25	
	≥81 frutos/palma	100	100	100	-	-	100	100	
	Forma Polar	-	-	-	-	100	-	-	
	Forma de pera	-	-	-	-	-	-	-	
	Elíptico	-	-	-	100	-	-	-	
	Redondo	100	100	100	100	100	100	100	
	Forma Ecuatorial	-	-	-	-	-	-	-	
	Forma polar endocarpo	-	-	-	100	-	-	-	
Color del fruto	Puntiagudo	-	-	-	-	100	-	-	
	Casi redondo	100	100	100	-	-	100	100	
	Porcentaje	*	100	100	100	100	100	100	
	Color Munsell	*	Amarillo	Amarillo	Naranja moderado	Amarillo rojizo	Amarillo-verde moderado	Amarillo-verde moderado	
		**	100	100	100	100	100	100	
<b>Hoja</b>	Color del pecólo	**	Amarillo	Amarillo	Amarillo-verde moderado	Amarillo-verde fuerte	Amarillo-verde moderado	Amarillo-verde moderado	
	Color Munsell	**	Olivo	Olivo	Olivo	Olivo	Olivo	Olivo	

\* Presenta cinco tonalidades diferentes: Rojo amarillento (34%); Amarillo rojizo (17%); Café fuerte (17%); Café olivo (16%); Rojo (16%).

\*\* Presenta dos tonalidades diferentes: Amarillo-verde moderado (50%); Verde-amarillo fuerte (50%).

### 4.2.3 Análisis multivariado de descriptores morfológicos cuantitativos

El Análisis de Componentes Principales (PCA) usando la matriz de correlación con las descriptores previamente estandarizadas explica el 94% de la variación en los primeros cuatro componentes (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Varianza explicada y cargas factoriales de los descriptores que más contribuyen en los primeros cuatro componentes principales de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

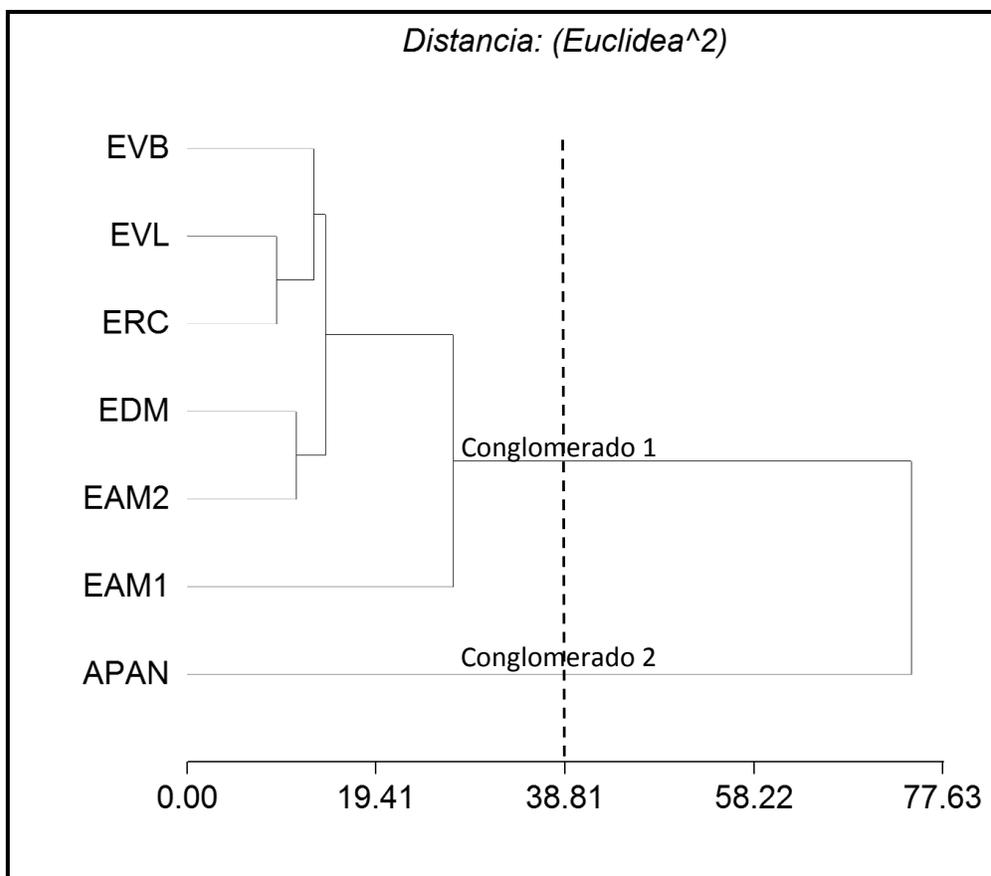
	Componente 1		Componente 2		Componente 3		Componente 4	
<b>Varianza explicada (%)</b>	58		23		8		5	
<b>Varianza acumulada (%)</b>	58		81		89		94	
<b>Cargas factoriales</b>	Long pec	0.31	A palma	0.40	No. Fol	0.52	Endos Sol	0.53
	Endos Liq	0.31	No. Hoj	0.40	A palma	0.32	A palma	0.34
	Cir20cm	0.30	G/ E+M	0.30				
	L11Cic	0.30						

Long pec (longitud de peciolo), Endos Liq (endospermo líquido), Cir20cm (circunferencia a 20 cm), L11Cic (Longitud de 11 cicatrices), A palma (altura de la palma), No. Hoj (número de hojas), G/E+M (Grosor epicarpo+mesocarpo), No.Fol (número de foliolos), Endos Sol (endospermo sólido).

El componente 1 explica el 58% de la variación (Cuadro 14), y los descriptores que mejor contribuyen al modelo (con un coeficiente de la función igual o mayor al valor absoluto de 0.30) fueron longitud del peciolo, endospermo líquido, circunferencia a 20 cm, y longitud de 11 cicatrices. El segundo componente explica el 23% de la variación y los descriptores que mejor contribuyen al modelo fueron: altura de la palma, numero de hojas, grosor del epicarpo y mesocarpo (Cuadro 14). Estos resultados coinciden con los reportados por Zizumbo y Colunga (2001), Zizumbo y Piñero (1998) y Zizumbo *et al.*, (2005).

Tomando como distancia de corte a 38.81, el análisis de conglomerados (Figura 2) de los descriptores morfológicos cuantitativos nos permite diferenciar dos agrupaciones, coincidentemente con la categoría enana (Conglomerado 1) y alta (Conglomerado 2) de los cultivares, y dentro de los cultivares enanos una diferenciación clara del cultivar EAM-1 con relación al resto.

Al realizar un análisis discriminante lineal (Figura 3), el eje canónico 1 explica el 96.27% de la variación entre cultivares (Cuadro 15). A partir de la primera función discriminante estandarizada por las covarianzas comunes puede verse que la altura de la palma es el descriptor más importante para la discriminación sobre este eje.

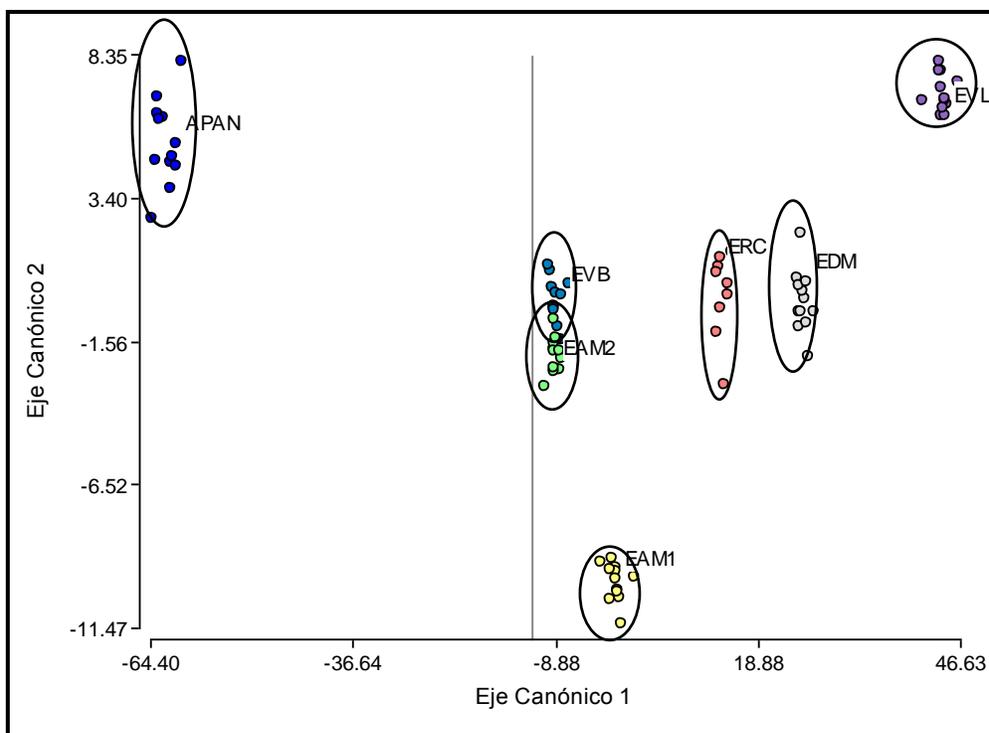


**Figura 2.** Dendrograma generado del análisis de conglomerados (UPGMA) de los descriptores cuantitativos de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS. Correlación cofenética= 0.961.

**Cuadro 15.** Análisis discriminante lineal y valores de las funciones discriminantes de datos estandarizados con las varianzas comunes (FD-Varianzas comunes) de los descriptores cuantitativos de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

	Eje canónico 1		Eje canónico 2	
<b>Varianza explicada (%)</b>	96.27		2.56	
<b>Varianza acumulada (%)</b>	96.27		98.83	
<b>FD-Varianzas comunes</b>	Altura palma	0.64	Largo raquis	0.97
	Long foliolo	0.44	L 11 cicatrices	0.34
	Ancho foliolo	0.28	No foliolos	0.34

Long foliolo (longitud de foliolo), L 11 cicatrices (longitud de 11 cicatrices), No foliolos (número de foliolos).



**Figura 3.** Análisis discriminante de descriptores cuantitativos de los siete cultivares de coco del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

### 4.3 Percepción de las características organolépticas de los cultivares de coco

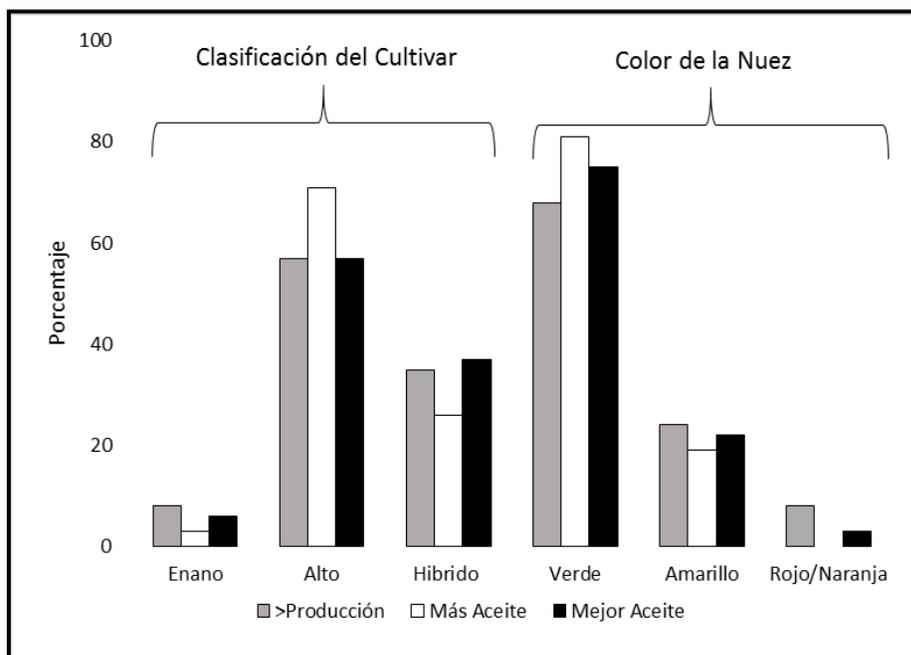
#### 4.3.1 Cultivar que produce más y mejor aceite

Los protagonistas seleccionan a la combinación de cultivares altos-nuez verde como los mejores cocos para la producción de aceite y los que tienen más y mejor rendimiento (Figura 4). El 92% de los encuestados no encuentran diferencias entre un aceite producido de una variedad alta y otro producido de una enana. Solo el 8% menciona que los distinguen por el olor (4%) y por el color (4%).

Los resultados de la caracterización morfológica demuestran que el cultivar que tiene un mayor rendimiento en aceite por gramo de carne producida es el EAM-1 (45.65), y que la percepción en cuanto al rendimiento no está ligada al tamaño de la nuez, como es lo expresado por los entrevistados (Cuadro 12).

Dentro de la escala resistencia-susceptibilidad presentada en el artículo de Harries (2001) la combinación cultivar alto-nuez verde (Alto del atlántico), es altamente susceptible al ALC. Baudouin *et al.*, (2009) reportan pérdidas por causa de la enfermedad del 89 al 94% en

plantaciones de cultivares altos de nuez verde, en comparación entre 0 y 4% en cultivares enanos de nuez rojo-naranja, estos últimos entre los menos favoritos de los entrevistados.



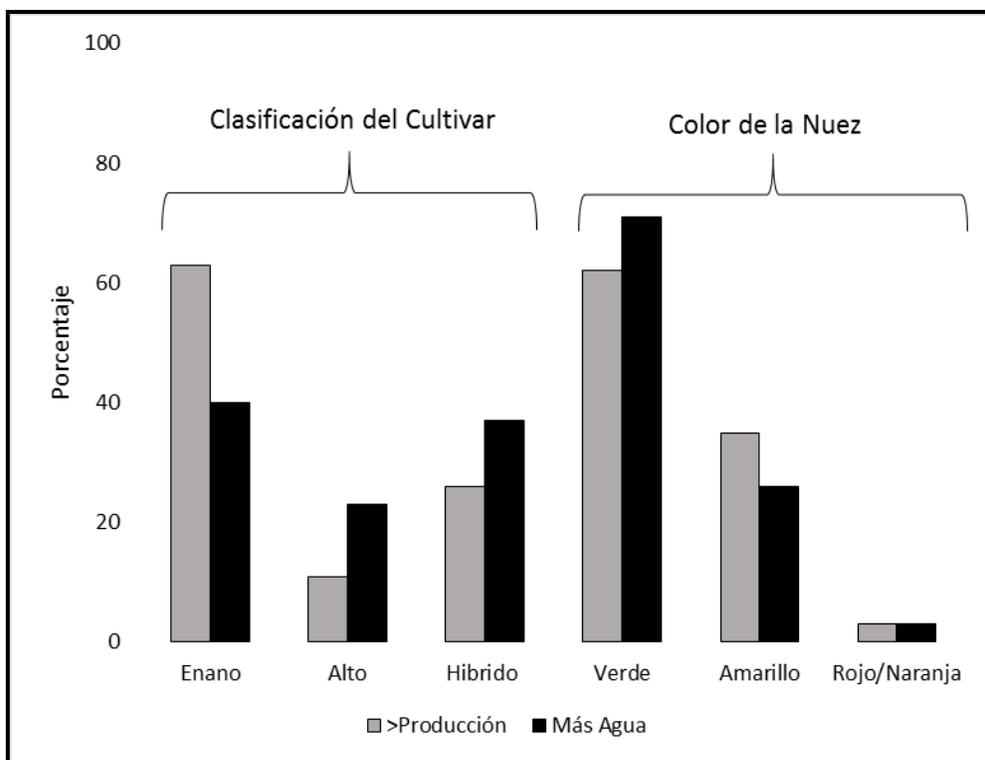
**Figura 4.** Preferencias de encuestados en cuanto al cultivar de coco que produce más y mejor aceite del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

#### 4.3.2 Cultivar que produce más y mejor agua (endospermo líquido)

Los protagonistas seleccionan a la combinación de cultivares enanos-nuez verde como los mejores cocos para la producción de agua y los que tienen más y mejor rendimiento (Figura 5). 64% de los encuestados encuentran diferencias entre el agua de una variedad alta y otra de una enana por la dulzura.

Los resultados de la caracterización morfológica realizada demuestran que en cuanto al contenido de agua, los cultivares APAN (699.59) y el EAM-2 (407.08) producen más, coincidiendo con la percepción de los encuestados; para el grado de dulzura (Cuadro 12), este mismo estudio muestra que no existe diferencia entre los cultivares, demostrando lo contrario a lo percibido por los entrevistados.

Oropeza (2015) menciona que en el periodo 1995-2010 hubo un incremento en la demanda de agua de coco de 1000 veces, representando para el 2013, 400 millones de dólares en ventas de agua de coco en Brasil.



**Figura 5.** Preferencias de encuestados en cuanto al cultivar de coco que produce más y mejor agua del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

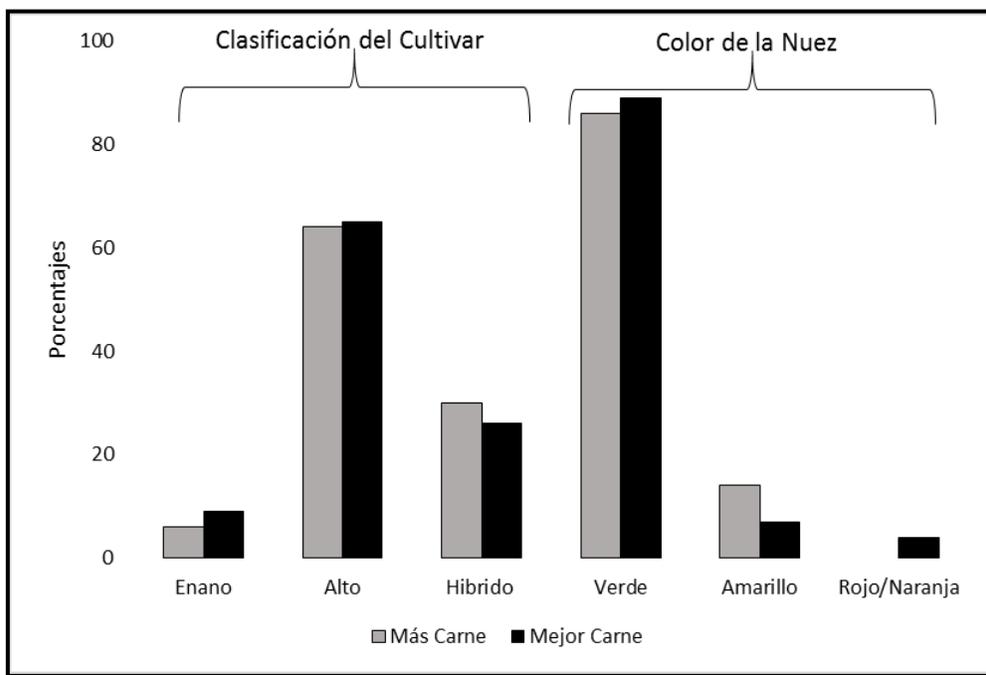
#### 4.3.3 Cultivar que produce más y mejor carne (endospermo sólido)

Los protagonistas seleccionan a la combinación de cultivares altos-nuez verde como los cocos que tienen más y mejor carne (Figura 6). El 60% de los encuestados pueden diferenciar la carne de una variedad alta y otra producida de una enana, por el grosor (70%), la dulzura (24%) y el sabor (6%).

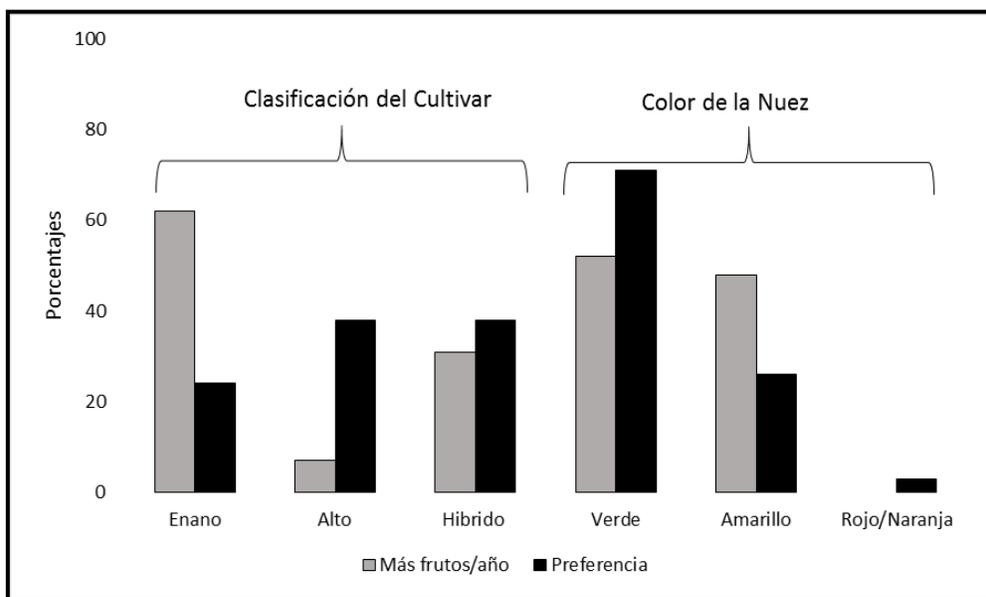
El levantamiento morfológico realizado muestra que no existe diferencias en el grosor de la carne entre los cultivares en estudio, pero si en el peso, siendo el EVB (300.00) el que supera significativamente al resto de cultivares, aspecto que es contrario a la percepción de los entrevistados (Cuadro 12). FUNICA (2000 a, 2000b y 2000c) corrobora estos resultados. Reportan datos de producción de copra fresca por nuez de los cultivares enanos (ERC, EVB, EAM), y los cultivares altos de nuez verde (APAN) que realizándoles el análisis estadístico demuestran que no existe diferencia significativa, a pesar de las diferencias en el tamaño de la nuez.

#### 4.3.4 Preferencias generales por cultivar

Los protagonistas seleccionan a la combinación de cultivares enanos-nuez verde como los cocos que producen más nueces por año (Figura 7).



**Figura 6.** Preferencias de encuestados en cuanto al cultivar de coco que produce más y mejor carne del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.



**Figura 7.** Preferencias generales por cultivar del Banco de Germoplasma en el CDT Kukra Hill, RACCS.

El 76% de los encuestados escogerían variedades altas o híbridos de nuez verde para establecerlos en sus parcelas, con los propósitos de vender coco seco (23%), producir y vender aceite (17%), y para vender coco de agua (10%).

El comportamiento de la biología floral del cocotero ha favorecido que los cultivares enanos sean los que produzcan más nueces por racimo en comparación a los cultivares altos. Para los propósitos de comercialización de la mayoría de los entrevistados, los enanos son una alternativa para suplir su necesidad.

Conocer la percepción de los productores, consumidores y comercializadores de coco es importante para predecir el nivel de aceptación de las propuestas de híbridos que puedan generarse en un futuro. Todo plan de mejora genética del cultivo del cocotero debe incluir estos parámetros, a fin de garantizar llenar las expectativas de la población meta.

## V. CONCLUSIONES

- El empleo de marcadores moleculares microsatélites reveló una alta diferenciación genética intra y entre cultivares de coco ( $F_{ST}=0.87621$ ), principalmente atribuida a la condición heterocigota de los parentales en el lugar de origen.
- Las descendencias de los cultivares EDM, EVB y EAM-1 registraron 100% de identidad genética ( $F_{ST} = 0.00$ ;  $I = 1.00$ ) con relación a sus parentales. Las poblaciones descendientes de los cultivares EVL ( $F_{ST}= 0.025$ ;  $I=0.997$ ), APAN ( $F_{ST}= 0.040$ ;  $I=0.994$ ), EAM-2 ( $F_{ST}= 0.012$ ;  $I=0.999$ ) y ERC ( $F_{ST}= 0.030$ ;  $I=0.998$ ) registraron 94 al 99% de identidad genética con relación a sus padres, comportamiento propio de las poblaciones autógamias.
- La altura de la palma, largo de 11 cicatrices, longitud de raquis y longitud del peciolo son descriptores morfológicos que más aportan a la diferenciación de los cultivares. Junto con los demás descriptores constituyen una herramienta para la elaboración de un catálogo de la diversidad en los cultivares existentes del Banco de Germoplasma de coco del CDT Kukra Hill.
- De acuerdo a la percepción de los productores, consumidores y comerciantes de coco, dentro del plan de mejora genética podrían tener una mejor aceptación las variedades altas o híbridos de nuez verde, con propósito de comercialización de nuez seca, o producción de aceite (endospermo solido grueso, nuez grande, estopa delgada, y un promedio de producción  $\geq 150$  nueces/palma/año).

## **VI. RECOMENDACIONES**

- No producir y/o distribuir híbridos comerciales generados a partir de los cultivares existentes en el CDT Kukra Hill.
- Evaluar el comportamiento de la biología floral de las variedades en estudio antes de proponer cualquier método de mejora genética del cultivo.
- Utilizar herramientas biotecnológicas para producir individuos altamente homocigotos y acortar los periodos en el ciclo del cultivo.

## VII. LITERATURA CITADA

Aguilar-Barojas, S. 2005. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco* 11(1-2): 333-338.

Ashburner, GR; Thompson, WK; Halloran, GM. 1997. RAPD analysis of south Pacific coconut palm accessions. *Crop Sci.* 37:992-997.

Baudouin, L; Santos, G. 2005. Morphometric methods of determining diversity in coconut. En Batugal, P.V. Ramanatha, & R. Oliver, J. (eds.). *Coconut Genetic Resources*. (p.p. 209-224) (En línea). International Plant Genetic Resources Institute-Regional Office for Asia, the Pacific and Oceania (IPGRI-APO), Serdang, Selangor DE, Malaysia. Consultado 11 ene. 2017. Disponible en [http://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx\\_news/Coconut\\_genetic\\_resources\\_1112.pdf](http://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx_news/Coconut_genetic_resources_1112.pdf)

\_\_\_\_\_; Lebrun, P; Berger, A; Myrie, W; Been, B; Dollet, M. 2008. The Panama Tall and the Maypan hybrid coconut in Jamaica: did genetic contamination cause a loss of resistance to Lethal Yellowing? *Euphytica* 161(3):353-360.

\_\_\_\_\_; Philippe, R; Dery, S; Quaicoe, R; Dollet, M. 2009. General overview of genetic research and experimentation on coconut varieties tolerant/resistant to Lethal Yellowing Diseases. *OCL* 16 (2) 127-131.

Bourdeix, R. 1999. Selection and breeding. En: *Modern Coconut Management* (Ed.) Ohler, L.G.. Intermediate Technology Publications. London, pp. 117-196.

\_\_\_\_\_; Batugal, P; Oliver, JT; George, MLC. 2010. *Catalogue of Conserved Coconut Germplasm* (En línea). Biodiversity International, Serdang, Malaysia. Consultado 11 ene. 2017. Disponible en <http://www.cogentnetwork.org/index.php/conserved-germplasm-catalogue>

Cassells, MRA. 1998. Evaluación, análisis y perspectivas de las principales plantaciones cocoteras (*Cocus nucifera* L.) en la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS). Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 46 p.

Caujapé-Castells, J. 2006. *Brújula para Bótanicos Desorientados en la Genética de Poblaciones* (En línea). Exegen Ediciones. Gran Canaria, España. Consultado 11 ene. 2017. Disponible en <http://www.jardincanario.org/documents/4788378/4795721/9.pdf/bfbd1ccf-8d24-4a74-9573-a99e5c6d592d>

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CL). 1988. Daños ocasionados por el huracán Joan en Nicaragua: sus efectos sobre el desarrollo económico y las condiciones de vida, y requerimientos para la rehabilitación y reconstrucción (En línea). Consultado 11 ene. 2017. Disponible en [http://www.cepal.org/publicaciones/xml/9/40889/Huracan\\_Joan\\_Nicaragua\\_1988.pdf](http://www.cepal.org/publicaciones/xml/9/40889/Huracan_Joan_Nicaragua_1988.pdf)

Dasayanaka, PN; Everard, JMDT; Karunanayaka, EH; Nandadasa, HG. 2009. Analysis of coconut (*Cocos nucifera* L.) diversity using microsatellite markers with emphasis on management and utilization of genetic resources. *J. Natn.Sci.Foundation Sri Lanka* 37 (2):99-109.

Eguiarte, LE; Aguirre-Planter, E; Scheinvar, E; Gonzalez G, A; Souza, V. 2010. Flujo génico, diferenciación y estructura genética de las poblaciones, con ejemplos en especies de plantas mexicanas (En línea). Universidad Autónoma de México. Consultado 11 ene 2017. Disponible en <http://www.ecotips.com.mx/Bioconservacion/EguarteFlujogenetico.pdf>

Excoffier, L; Smouse, P; Quattro, J. 1992 Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: Application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics* 131:479-491.

\_\_\_\_\_; Laval, G; Schneider, S. 2005. Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics Online* 1:47-50.

FUNICA (Fundación para el desarrollo tecnológico agropecuario y forestal de Nicaragua). 2000a. Ficha tecnológica: Coco Enano Amarillo de Malasia (En línea). Consultado 11 ene. 2017. Disponible en [http://www.funica.org.ni/docs/cult\\_div\\_09.pdf](http://www.funica.org.ni/docs/cult_div_09.pdf)

\_\_\_\_\_. 2000b. Ficha tecnológica: Coco Enano Rojo de Camerún (En línea). Consultado 11 ene.2017. Disponible en: [http://www.funica.org.ni/docs/cult\\_div\\_10.pdf](http://www.funica.org.ni/docs/cult_div_10.pdf)

\_\_\_\_\_. 2000c. Ficha tecnológica: Coco Enano Verde del Brasil (En línea). Consultado 11 ene. 2017. Disponible en [http://www.funica.org.ni/docs/cult\\_div\\_11.pdf](http://www.funica.org.ni/docs/cult_div_11.pdf)

González G, EA. 2011. Análisis de la diversidad genética en poblaciones naturales de especies vegetales amenazadas: *Ilex perado* ssp. *Lopezlilloi* (Aquifoliaceae), *Silene nocteolens* (Caryophyllaceae) y *Sorbis aria* (Rosaceae) (En línea). Universidad de las Palmas de Gran Canaria. Consultado 11 ene. 2017. Disponible en <http://www.banmac.ulpgc.es/sites/default/files/Tesis%20Doctoral%20%28Edna%20Gonz%C3%A1lez%29.pdf>

Harries, HC. 1970. The Malayan dwarf supersedes the Jamaica tall Coconut 1. Reputation and performance. *Oleagineux* 25 (10):527-531.

\_\_\_\_\_. 1978. The evolution, dissemination and classification of *Cocos nucifera* L. Botanical Review 44: 265–319.

\_\_\_\_\_. 2001. Coconut Varieties and Lethal Yellowing: A regional perspective for the Americas. Palms 43 (3), 148-150.

Hartl, DL; Clark, AG. 1997. Principles of population genetics. Sinauer Associates, Inc. USA. 542 p.

Hernandez-Villareal, AE. 2013. Caracterización Morfológica de Recursos Filogenéticos. Revista Bio Ciencias 2(3): 113-118.

INIDE-MAGFOR (Instituto nacional de información de desarrollo-Ministerio Agropecuario y forestal, NI). 2012. IV Censo Nacional Agropecuario (En línea). Consultado 11 ene. 2017. Disponible en <http://www.inide.gob.ni/Cenagro/INFIVCENAGRO/IVCENAGROINFORME/assets/mon/downloads/Informe%20Final%20IV%20CENAGRO.pdf>

Konan K, JN; Konan K, JL; Koffi K, E; Lebrun, P; Sangaré, A. 2007. Coconut microsatellite gene diversity analysis technology transfer to Côte d'Ivoire. Biotechnology 6(3): 383-388.

\_\_\_\_\_; Koffi K, E; Konan K, JL; Konan K, E. 2011. Microsatellite gene diversity within Philippines dwarf coconut palm (*Cocos nucifera* L.) resources at Port-Bouët, Côte d'Ivoire. Scientific Research and Essays 6(28): 5986-5992.

Kukra Hill. 2017. Wikipedia, La enciclopedia libre (En línea). Consultado 11 ene. 2017. Disponible en [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Kukra\\_Hill&oldid=103035988](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Kukra_Hill&oldid=103035988).

Lebrun, P; N'cho, YP; Seguin, M; Grivet, L; Baudouin, L. 1998. Genetic diversity in coconut (*Cocos nucifera* L.) revealed by restriction fragment length polymorphism (RFLP) markers. Euphytica 101: 103–108.

Manimekalai, R; Nagarajan, P; Bharathi, M; Karun, A; Kumar, SN; Kumaran, PM. 2005. Genetic Variation of selected progeny lines of coconut (*Cocos nucifera* L.) based on simple sequence repeat markers. Tropical Agricultural Research 17:58-66.

Manthriratna, MAP. 1971. Some results or field experimentation with typica x nana (F1) hybrids. Ceylon Cocon. Q. 22: 107-113.

Martinez, RT; Baudouin, L; Berger, A; Dollet, M. 2009. Characterization on the genetic diversity of the Tall coconut (*Cocos nucifera* L.) in the Dominican Republic using microsatellite (SSR) markers. Tree Genetics and Genomes 6:73-81.

Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. *The American Naturalist*, 106 (949): 283-292.

\_\_\_\_\_. 1987. *Molecular Evolutionary Genetics*. Columbia University Press. New York, USA. 512p.

Oropeza, C. 2015. Panorama mundial del cocotero: presentación para la cámara de diputados. CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D.F.) (En línea). Consultado 31 ene. 2016. Disponible en <http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/download/332320/1181428/file/C%20Oropeza%20-%20Panorama%20Mundial%20Cocotero.pdf>

Patel, JS. 1938. *The Coconut – A Monograph*. Government Press, Madras, India.

Pacheco, E; Arias, D; Ojeda, Z; Romero, H. 2014. Diversidad y estructura genética de accesiones de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) provenientes de Camerún. *Revista Colombiana de Biotecnología* 16 (2): 57-67.

Peakall, R; Smouse, PE. 2012. GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics* 28: 2537-2539.

Perera, L; Russell, JR; Provan, J; McNicol, JW; Powell, W. 1998. Evaluating genetic relationships between indigenous coconut (*Cocos nucifera* L.) accessions from Sri Lanka by means of AFLP profiling. *Theor. Appl. Genet.* 96: 545-550.

\_\_\_\_\_; Russell, JR; Provan, J; Powell, W. 2001. Levels and distribution of genetic diversity of coconut (*Cocos nucifera* L., var. *Typica form typica*) from Sri Lanka assessed by microsatellite markers. *Euphytica* 122: 381-389.

Rajesh, MK; Negarajan, P; Jerard, BA; Arunachalam, V; Dhanapal, R. 2008. Microsatellite variability of coconut accessions (*Cocos nucifera* L.) from Adaman and Nicobar Island. *Current Science*, 94 (12): 1627-1631.

\_\_\_\_\_; Rijith, J; Rahman, S; Preethi, P; Rachana, KE; Sajini, KK; Karun A. 2014. Estimation of out-crossing rates in populations of West Coast Tall cultivar of coconut using microsatellite markers. *Journal of Plantation Crops* 42(3): 277-288.

Santos, GA; Batugal, PA; Othman, A; Baudouin, L; Labouisse, JP 1996. *Manual on standardized research techniques in coconut breeding*. International Plant Genetic Resources Institute, IPGRI/COGENT, Singapore. 90 p.

Shalini, KV; Manjunatha, S; Lebrun, P; Berger, A; Baudouin, L; Pirany, N; Ranganath, RM; Theertha Prasad, D. 2006. Identification of molecular markers associated with mite resistance in coconut (*Cocos nucifera* L.). *Genome* 50: 35-42.

Thienhaus, S. 2001. Propuesta para un programa inicial de prevención a los efectos del amarillamiento letal del cocotero en Nicaragua. Agriculture Reconstruction Assistance Program, Nicaragua. CHEMONICS International, INC. 55 p.

Teulat, B; Aldam, C; Trehin, R; Lebrun, P.; Barker, JHA; Arnold, GM; Karp, A; Baudouin, L; Rognon, F. 2000. An analysis of genetic diversity in coconut (*Cocos nucifera*) populations from across the geographic range using sequence-tagged microsatellites (SSRs) and AFLPs. *Theor Appl Genet* 100: 764-771.

Wright, S. 1951. The Genetical Structure of Populations. *Annals of Eugenics* 15: 323-354.

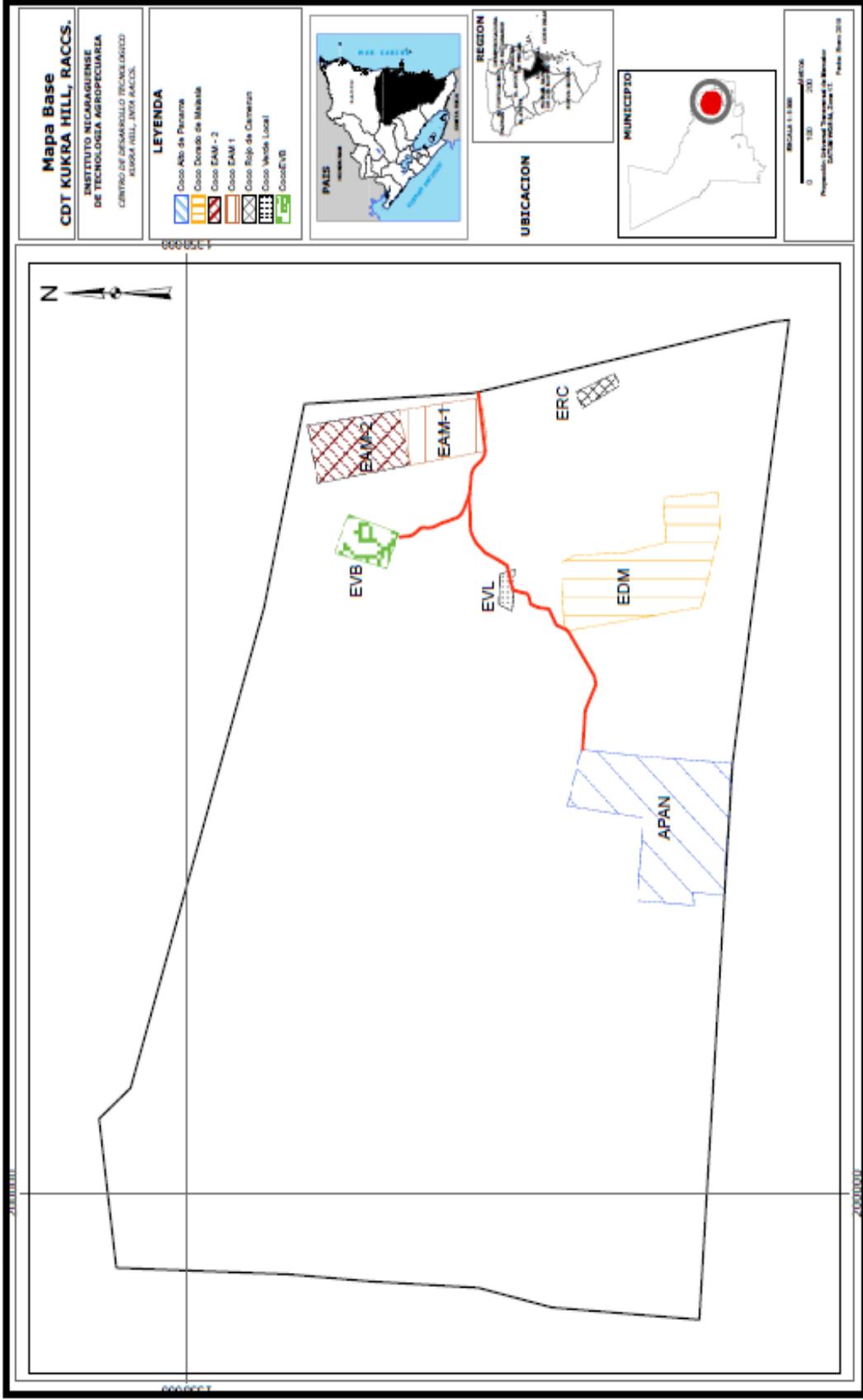
Zizumbo V, D; Piñero, D. 1998. Pattern of morphological variation and diversity of *Cocos Nucifera* (Arecaceae) in Mexico. *American Journal of Botany* 85(6): 855-865.

\_\_\_\_\_; Colunga GM, P. 2001. Morpho-physiological variation and phenotypic plasticity in Mexican population of coconut (*Cocos nucifera* L.). Kluwer Publishers, Netherlands. Springer. *Genetic Resources and Crop Evolution* 48: 547-554.

\_\_\_\_\_; Fernandez B, M; Torres H, N; Colunga GM, P. 2005. Morphological variation of fruit in Mexican populations of *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) under in situ and ex situ conditions. Springer. *Genetic Resources and Crop Evolution* (2005) 52:421-434. doi: 10.1007/s10722-005-2253-1

## VIII. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de la ubicación geográfica del Banco de Germoplasma de coco.



**Anexo 2.** Ficha de recolección de datos morfológicos de tallo y copa por cultivar.

**Población:** \_\_\_\_\_

**Fecha de Observación:** \_\_\_\_\_

---

Palma No.	Circunferencia del tronco		Altura de la Palma	Largo del Tallo (11 cicatrices de hoja)	Forma de la copa	Forma del tallo	Forma de la base del tallo
	A 20 cm	A 1.5 m					

---

**Anexo 3.** Ficha de recolección de datos morfológicos de hojas por cultivar.

**Población:** \_\_\_\_\_

**Fecha de Observación:** \_\_\_\_\_

---

Palma No.	No. De Hojas	Peciolo		Color	Raquis Longitud (cm)	No. de Foliolos	Longitud Foliolo (cm)	Ancho Foliolo (cm)
		Longitud (cm)	Ancho (cm)					

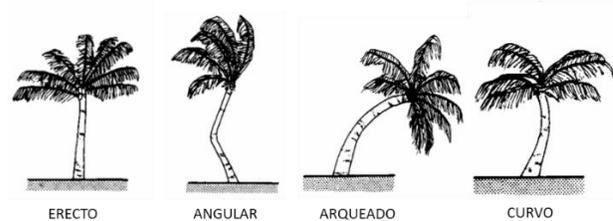
---

**Anexo 4.** Ficha de recolección de datos morfológicos de fruto por cultivar.

Población: \_\_\_\_\_ Fecha de Observación: \_\_\_\_\_

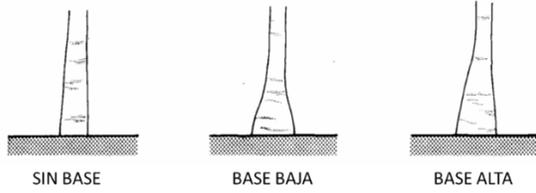
Palma No.	Establecimiento Frutos	Color Fruto	Forma polar fruto	Forma ecuatorial fruto	Forma polar endocarpo	Epi+Meso (Estopa)	Endocarpo (Concha)	Grosor (mm)	Endospermo sólido	Endospermo líquido (ml)	Rendimiento aceite 30 cocos (ml)	Brix

**Anexo 5.** Listado de descriptores morfológicos del tallo evaluados (Santos et al., 1996).

Descriptor a Medir	Descripción	Método toma de datos	Escala de Medición/ Comparación
<b>Perímetro del tallo a 20 cm.</b>	Medición del perímetro del tallo a 20 cm sobre el nivel del suelo		cm
<b>Perímetro del tallo a 1.5 m</b>	Medición del perímetro del tallo a 1.5 m de altura.		cm
<b>Longitud entre cicatrices</b>	Longitud (m) del tallo entre 11 cicatrices de hojas, medida comenzando desde la parte inferior de la cicatriz de la primera hoja hasta la parte inferior de la cicatriz de la undécima hoja.		m
<b>Altura de la palma</b>	Medición de altura de la palma	Desde la base del tronco hasta la base de la hoja mas tierna.	m
<b>Forma del tallo</b>	Descripción visual de forma vertical del tallo	De cada palma en estudio se clasificará de acuerdo a la escala establecida para este descriptor.	
			
<b>Forma de la base del tronco</b>	Descripción visual de forma de la base del tronco	De cada palma en estudio se clasificará de acuerdo a la escala	

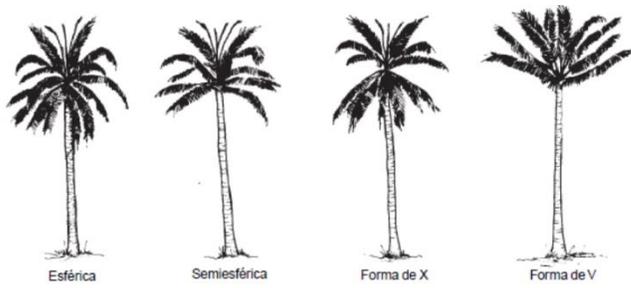
---

establecida para este descriptor.



**Forma de la Copa** Descripción visual de la forma de la copa de las palmas

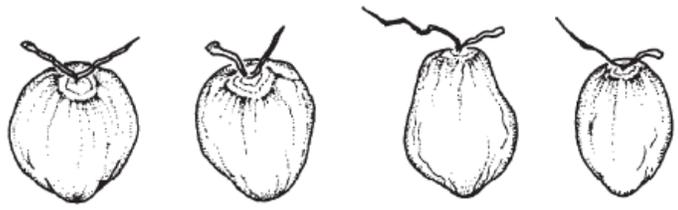
De cada palma en estudio se clasificará de acuerdo a la escala establecida para este descriptor.

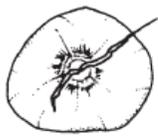


**Anexo 6.** Listado de descriptores morfológicos de la hoja evaluados (Santos et al., 1996).

<b>Descriptor a Medir</b>	<b>Método toma de datos</b>	<b>Escala de Medición/Comparación</b>
<b>Color del pecíolo</b>	Apreciación visual de color de la hoja //Usando el sistema de color Munsell	1 Amarillo, 2 Amarillo-rojizo, 3 Rojo-amarillento, 4 Rojo, 5 Rojo-verdoso, 6 Verde-rojizo, 7 Verde, 8 Verde-amarillento 9 Amarillo-verdoso, 10 café, 11 Otro (especificar)
<b>Numero de hojas</b>	Cuéntese el total de hojas emergidas completas.	Unidades
<b>Longitud del pecíolo</b>	Desde la base del folíolo más próximo	cm
<b>Ancho del pecíolo</b>	Mídase como el anterior	cm
<b>Longitud de raquis</b>	Desde la base del pecíolo hasta la punta de la hoja	cm
<b>Número de folíolos</b>	Cuéntese en un solo lado de la fronda, la que presente el primer folíolo en la base	Unidades
<b>Longitud de folíolo</b>	Use cuatro folíolos (dos de cada lado) cerca del punto medio del raquis y anote el promedio	cm
<b>Ancho del folíolo</b>	Utilice los mismos folíolos del punto anterior, mida el ancho máximo y anote el promedio de las cuatro mediciones	cm

**Anexo 7.** Listado de descriptores morfológicos del fruto utilizados (Santos et al., 1996).

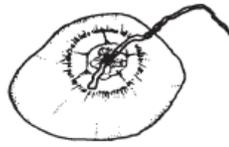
<b>Descriptor a Medir</b>	<b>Descripción</b>	<b>Método toma de datos</b>	<b>Escala de Medición/Comparación</b>
<b>Establecimiento de los frutos</b>	Estimación visual en cada palma muestreada del número de frutos más grandes que un puño		1. 0 a 10 2. 11 a 20 3. 21 a 50 4. 51 a 80 5. 81 y más.
<b>Color del fruto</b>	A menos de 6 meses de edad	Muestra de 10 frutos maduros (más o menos de 12 meses de edad) por cultivar usando el sistema de color Munsell	1 Amarillo, 2 Amarillo-rojizo, 3 Rojo-amarillento, 4 Rojo, 5 Rojo-verdoso, 6 Verde-rojizo, 7 Verde, 8 Verde-amarillento 9 Amarillo-verdoso, 10 Café, 11 Otro (especificar)
<b>Forma del Fruto: Vista Polar</b>	Estimación visual en cada palma muestreada del número de frutos más grandes que un puño	Muestra de 10 frutos maduros (más o menos de 12 meses de edad) por cultivar clasificados según Escala de Comparación visual	
	 <p>Redondo      Forma de Huevo      Forma de pera      Elíptico</p>		
<b>Forma del Fruto: Vista Ecuatorial</b>	Estimación visual en cada palma muestreada del número de frutos más grandes que un puño	Muestra de 10 frutos maduros (más o menos de 12 meses de edad) por cultivar clasificados según Escala de Comparación visual	



Redondo



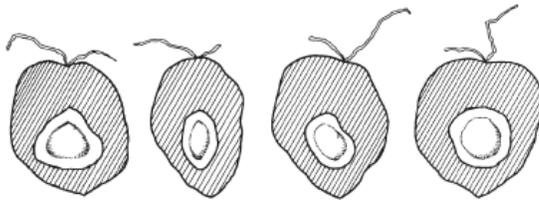
Angular



Aplastado

**Forma del  
Endocarpo:  
Vista Polar**

Estimación visual en Muestra de 10 frutos  
cada palma muestreada maduros (más o menos  
del número de frutos de 12 meses de edad)  
más grandes que un por cultivar  
puño clasificados según  
Escala de comparación  
visual



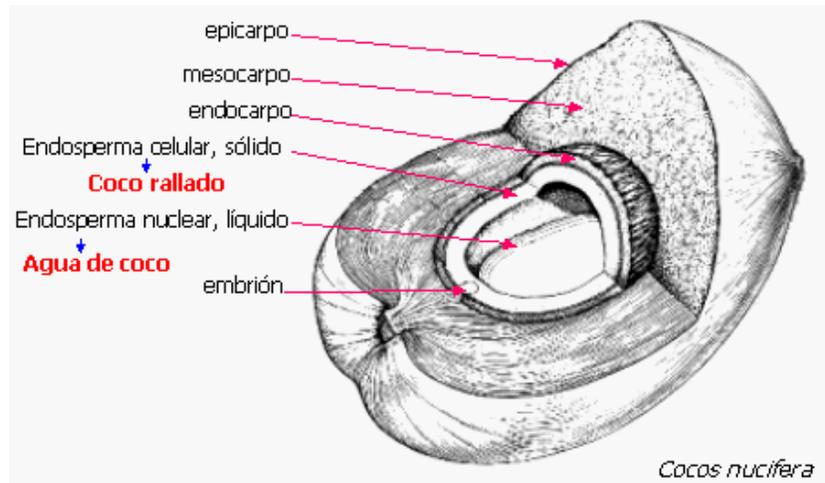
Aplastado

Puntigudo

Ovoide

Casiredondo

**Anexo 8.** Descriptores morfológicos de los componentes del fruto (ACF) evaluados.



**Anexo 9.** Metodología para la toma de datos de descriptores para análisis de los componentes del fruto (ACF) (Santos et al., 1996).

Para la toma de estos datos se selecciona una muestra de 2 frutos maduros (más o menos de 12 meses de edad) por palma en estudio y tóme el promedio. No incluir tipos makapuno (que es un tipo de con endospermo gelatinoso).

<b>Descriptor a Medir</b>	<b>Descripción</b>	<b>Método toma de datos</b>	<b>Escala de Medición /Comparación</b>
<b>Grosor epi y mesocarpo.</b>	Medición del grosor de la estopa del coco.	Medir el grosor con un vernier	mm
<b>Grosor endocarpo</b>	Medición del grosor de la concha del coco.	Medir el grosor con un vernier	mm
<b>Grosor endospermo solido</b>	Medición del grosor de la carne del coco.	Medir el grosor con un vernier	mm
<b>Peso endospermo solido</b>	Peso de la carne del coco. Utilizar el promedio de las mediciones por variedad.	Extraer del fruto el endospermo y pesarlo	g
<b>Endospermo liquido</b>	Medición de la cantidad de agua de cada coco. Utilizar el promedio de las mediciones por variedad.	Utilizando una probeta graduada	ml
<b>Rendimiento en aceite</b>	Extraer el aceite de 30 cocos por medio de técnica artesanal. Realizar tres repeticiones. Utilizar el promedio de las mediciones por variedad.	Utilizando una probeta graduada	ml
<b>Brix</b>	Realizar la toma de datos de cada coco. Realizar tres repeticiones. Utilizar el promedio de las mediciones por variedad.	Utilizando un refractómetro análogo	°Brix

**Anexo 10.** Encuesta realizada a productores innovadores, consumidores y comerciantes para conocer la percepción sobre el rendimiento y calidad de los cultivares de coco del Banco de germoplasma del CDT-Kukra Hill.

Cod. \_\_\_\_\_

Nombre completo: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Comunidad: \_\_\_\_\_

Sexo: F \_\_ M\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

**Marque con una X en la opción que represente mejor su opinión**

1.- De los productos del coco, ¿cómo se califica usted?

Productor\_\_ Consumidor\_\_ Comercializador \_\_ Todas las anteriores\_\_

2.- De acuerdo a su experiencia, ¿qué tipo de coco sirven para producir aceite?

Coco Enano \_\_\_\_ Coco Alto\_\_\_\_ Coco Híbrido\_\_\_\_

Color Verde \_\_\_\_ Color Amarillo \_\_\_\_ Color Rojo \_\_\_\_

3.- Sabe usted ¿Cuáles cocos sirven para el consumo de agua?

Coco Enano \_\_\_\_ Coco Alto\_\_\_\_ Coco Híbrido\_\_\_\_

Color Verde \_\_\_\_ Color Amarillo \_\_\_\_ Color Rojo \_\_\_\_

4.- Sabe usted ¿Cuáles son los cocos que producen más aceite?

Coco Enano \_\_\_\_ Coco Alto\_\_\_\_ Coco Híbrido\_\_\_\_

Color Verde \_\_\_\_ Color Amarillo \_\_\_\_ Color Rojo \_\_\_\_

5.- Sabe usted ¿Cuáles son los cocos de los que se produce el mejor aceite?

Coco Enano \_\_\_\_ Coco Alto\_\_\_\_ Coco Híbrido\_\_\_\_

Color Verde \_\_\_\_ Color Amarillo \_\_\_\_ Color Rojo \_\_\_\_

6.- Sabe usted ¿Cuáles son los cocos que producen más carne?

Coco Enano \_\_\_\_\_      Coco Alto \_\_\_\_\_      Coco Híbrido \_\_\_\_\_  
Color Verde \_\_\_\_\_      Color Amarillo \_\_\_\_\_      Color Rojo \_\_\_\_\_

7.- Sabe usted ¿Cuáles son los cocos que produce la mejor carne?

Coco Enano \_\_\_\_\_      Coco Alto \_\_\_\_\_      Coco Híbrido \_\_\_\_\_  
Color Verde \_\_\_\_\_      Color Amarillo \_\_\_\_\_      Color Rojo \_\_\_\_\_

8.- Sabe usted ¿Cuáles son los cocos que producen más agua?

Coco Enano \_\_\_\_\_      Coco Alto \_\_\_\_\_      Coco Híbrido \_\_\_\_\_  
Color Verde \_\_\_\_\_      Color Amarillo \_\_\_\_\_      Color Rojo \_\_\_\_\_

9.- Sabe usted ¿Cuáles son los cocos que producen más frutos por año?

Coco Enano \_\_\_\_\_      Coco Alto \_\_\_\_\_      Coco Híbrido \_\_\_\_\_  
Color Verde \_\_\_\_\_      Color Amarillo \_\_\_\_\_      Color Rojo \_\_\_\_\_

10.- Conoce usted cuando un aceite es hecho de cocos enanos, altos o híbridos?

Si \_\_\_\_\_      No \_\_\_\_\_

Escriba en la línea, cómo identifica la diferencia.

---

11.- Si le dan a tomar agua de coco, puede usted diferenciar si es de cocos enanos, altos o híbridos?

Si \_\_\_\_\_      No \_\_\_\_\_

Escriba en la línea, cómo identifica la diferencia.

---

12.- Si le dan de comer la carne del coco, puede diferenciar si es de una variedad alta, enana o híbrida?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Escriba en la línea, cómo identifica la diferencia.

---

13.- ¿Si tuviera usted que cultivar cocos en su finca de cuáles sembraría?

Coco Enano \_\_\_\_\_ Coco Alto \_\_\_\_\_ Coco Híbrido \_\_\_\_\_

Color Verde \_\_\_\_\_ Color Amarillo \_\_\_\_\_ Color Rojo \_\_\_\_\_

Escriba en la línea porqué escogió los anteriores.

---

14.- ¿Con qué propósito sembraría usted el coco que escogió antes para su finca?

Producir y vender aceite \_\_\_\_\_ Producir aceite para cocinar en casa \_\_\_\_\_

Vender coco para agua \_\_\_\_\_ Producir agua para beber en casa \_\_\_\_\_

Vender coco seco \_\_\_\_\_ Producir coco seco para cocinar en casa \_\_\_\_\_

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**