

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**"CLASIFICACIÓN INTRAESPECÍFICA DE 14 ÁRBOLES
HÍBRIDOS SELECCIONADOS DE CACAO (*Theobroma cacao* L.)
MEDIANTE ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS EN TULUMAYO"**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PATRICIA VANESSA GARCÍA RODRÍGUEZ

TINGO MARÍA - PERU

2010



F02

G25

García Rodríguez, Patricia V.

Clasificación Intraespecífica de 14 Árboles Híbridos Seleccionados de Cacao (*Theobroma cacao* L.) Mediante Análisis de Conglomerados en Tulumayo. Tingo María, 2010

78 h.; 11 cuadros; 8 fgrs.; 44 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Agrónomo) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Agronomía.

THEOBROMA CACAO L. / ÁRBOL HÍBRIDO / CARACTERIZACIÓN -
EVALUACIÓN / PRODUCTIVIDAD / SANIDAD / METODOLOGÍA / TINGO
MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMIA



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

No.002-2010 - CT y EP-D-FAUNAS.

"Año de la Consolidación Económica y Social del Perú"

BACHILLER : *PATRICIA VANESSA GARCIA RODRIGUEZ*

TITULO DE LA TESIS : <<CLASIFICACION INTRA ESPECIFICA DE 14
ÁRBOLES HIBRIDOS SELECCIONADOS DE CACAO
(*Theobroma cacao L.*) MEDIANTE ANALISIS DE
CONGLOMERADOS EN TULUMAYO>>

JURADO CALIFICADOR :
Presidente : ING. CARLOS N. CARBAJAL TORIBIO
Vocal : ING. DAVID GUARDA SOTELO
Vocal : ING. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
Asesor : ING. LUIS FERNANDO GARCIA CARRION

FECHA DE SUSTENTACION : 28 de Enero de 2010

HORA DE SUSTENTACIÓN : 5:00 p.m.


LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA DE AUDIOVISUALES FA/UNAS.

CALIFICATIVO : MUY BUENO


RESULTADO : APROBADO

OBSERVACIONES AL ACTA : EN HOJA ADJUNTA

Tingo María, 02 de Febrero del 2, 010


ING. CARLOS N. CARBAJAL TORIBIO
PRESIDENTE


ING. DAVID GUARDA SOTELO
VOCAL


ING. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL


ING. LUIS FERNANDO GARCIA CARRION
ASESOR



DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la Vida, Alegría y Fortaleza en mi Corazón; a Él le debo lo que soy y lo que tengo: Mi Familia.

A mis padres: Luis Fernando y Manuela con eterno agradecimiento, amor, admiración y paciencia; la oportunidad de seguir adelante en la realización de mis metas y brindarme mi carrera profesional.

A mis hermanos: Luis Alexander y Jennifer Jackeline, con especial cariño, amistad y comprensión; gracias por el apoyo y consejos en todo momento.

A mis abuelitos: Amelia y Francisco, por sus sabios consejos y por considerarme su Esperanza.

A mi tía Florita, con mucho cariño, amor y gratitud.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y docentes de la Facultad de Agronomía por contribuir en la formación de mi carrera profesional.
- Al Ing. Agr. Luis F. García Carrión, patrocinador, por las enseñanzas, orientación, en la culminación y revisión del informe final del presente trabajo de investigación.
- A los miembros del Jurado de Tesis: Ing. M.Sc. David Guarda Sotelo, Ing. Carlos Carbajal Toribio e Ing. M. Sc. Jorge Adriazola del Águila por sus oportunas sugerencias.
- A la eterna memoria de mi querido y recordado amigo Mario Iván Laura Tueros Q.E.P.D, por su invaluable amistad, consejos y ayuda incondicional.
- A mis familiares, amigas y amigos con quienes a través del tiempo sigo compartiendo sus amistad, sus nobles ideales, cariño y consejos presentes en todo momento.
- A todas las personas que han contribuido en forma directa o indirecta la culminación del presente trabajo de tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Página.
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
2.1. La especie cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	12
2.2. Diversidad genética del cacao	17
2.3. Caracterización de germoplasma.....	19
2.4. Clasificación taxonómica.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Campo experimental.....	26
3.2. Material genético.....	27
3.3. Componentes en estudio	27
3.4. Tratamientos en estudio.....	27
3.5. Metodología	28
3.5.1 Observaciones registradas	28
3.5.2. Determinación de las observaciones registradas.....	30
3.5.2.1 Descriptores de flores	30
3.5.2.2 Descriptores de frutos	32
3.5.2.3 Descriptores de semillas	37
3.6. Análisis estadístico.....	37
3.6.1 El análisis de conglomerados	37
3.7. Características de la parcela de observación	40

IV.	RESULTADOS	41
	4.1 De los descriptores morfológicos	41
	4.1.1 De las flores	41
	4.1.2 De los frutos	44
	4.1.3 De las semillas	47
	4.1.4 Del análisis de conglomerados	49
V.	DISCUSIÓN	53
	5.1 De los caracteres morfológicos cualitativos	53
	5.1.1 De las flores	53
	5.1.2 De los frutos	58
	5.1.3 De las semillas	60
	5.1.4 Del análisis de conglomerados	62
VI.	CONCLUSIONES	66
VII.	RECOMENDACIONES	68
VIII.	RESUMEN	69
IX.	BIBLIOGRAFÍA	71
X.	ANEXO	78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Relación de 14 UTOs (árboles híbridos de cacao) seleccionados y su genealogía	28
2. Descriptores morfológicos cualitativos de flores de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao	42
3. Media (\bar{X}), desviación estándar (S) y coeficiente de variabilidad (CV) del número de óvulos/ovario (NOO) de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao.....	44
4. Descriptores morfológicos cualitativos de frutos de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao	45
5. Descriptores morfológicos cualitativos de semillas de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao	48
6. Matriz básica de datos para el análisis de conglomerados de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao.....	50
7. Descriptores morfológicos de flores y sus estados de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao	79
8. Media (\bar{X}), desviación estándar (S) y coeficiente de variabilidad (CV) del número de óvulos/ovario (NOO) de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao.....	80

9. Compatibilidad genética de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao	81
10. Descriptores morfológicos cualitativos de frutos y sus estados de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao	82
11. Descriptores morfológicos cualitativos de semillas y sus estados de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Forma del fruto y forma del ápice del fruto	33
2. Rugosidad del fruto y constricción basal del fruto	35
3. Profundidad de surcos primarios y separación de un par de lomos.....	36
4. Forma de la semilla en sección longitudinal y forma de la semilla en sección transversal.....	38
5. Dendrograma de disimilaridad entre 14 árboles híbridos de cacao, según el método de ligamiento promedio (UPGMA).....	51
6. Frutos de los árboles híbridos seleccionados de cacao Internacionales (cruces I x I)	84
7. Frutos de los árboles híbridos seleccionados de cacao Misceláneos (cruces I x U, I x H)	85
8. Frutos de los árboles híbridos seleccionados de cacao Misceláneos (cruces I x U, I x H)	86

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es una especie originaria de los bosques tropicales húmedos de América del Sur. Su amplia diversidad genética tanto a nivel silvestre como cultivado, es evidente en sus expresiones fenotípicas.

A nivel nacional, el rendimiento promedio es relativamente bajo, siendo de 0.5 t ha⁻¹ (NUÑEZ, 2007). La carencia de semilla mejorada, i.e., clones o híbridos de alto rendimiento y con resistencia a las principales enfermedades del cacao, entre otros, es una de las principales causas que ayudan a explicar esta situación.

Los programas de mejoramiento genético del cacao han partido con una estrecha base genética, que se ha constituido en un serio obstáculo para el desarrollo de germoplasma élite, adecuadamente caracterizado y evaluado. La identificación y utilización de genotipos genéticamente divergentes, constituye una estrategia que permitiría ampliar dicha base genética.

Los caracteres morfológicos cuantitativos y cualitativos, han sido usados para evaluar la variabilidad fenotípica entre cultivares de cacao. Los

primeros, tienen la desventaja de que recién se expresan a la madurez y son muy influenciados por el ambiente. En cambio, los segundos son muy discriminativos y altamente heredables, por lo que facilitan la verificación de la identidad genética, detección de duplicados y diferenciación de cultivares.

Complementariamente, la taxonomía numérica a través de técnicas multivariadas v.g., el análisis de conglomerados, facilita el manejo de una gran cantidad de datos permitiendo la clasificación intra e interespecífica; así como, una mejor orientación en el planeamiento de cruzas futuras.

Motivados por obtener información de la expresión fenotípica, y relaciones de similitud fenética entre genotipos promisorios de cacao en Tulumayo, se planteó el presente estudio con los siguientes objetivos :

- Caracterizar mediante descriptores cualitativos los caracteres reproductivos de 14 árboles híbridos de cacao.
- Formar grupos fenéticos por su similitud mediante el análisis de conglomerados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 La especie cacao (*Theobroma cacao* L)

El cacao es una de las 22 especies que constituyen el género *Theobroma*, que es nativo de América y que se extiende desde el sur de México hasta Brasil y Bolivia (WOOD, 1982).

Esta especie es diploide ($2n = 20$ cromosomas), de porte alto (8 - 20 m de altura) y de ciclo vegetativo perenne. Crece y se desarrolla usualmente bajo sombra en los bosques tropicales húmedos de América del Sur (M & CONSULTING, 2008).

2.1.1 Descripción botánica

La raíz principal es pivotante y puede alcanzar de 1.5 - 2.0 m. de profundidad. Las raíces laterales en su mayoría se encuentran en los primeros 30 cm del suelo alrededor del árbol pudiendo alcanzar los 5 – 6 m de longitud horizontal.

El tallo en su primera fase de crecimiento es ortotrópico (vertical) que perdura por 12 - 15 meses. Luego este crecimiento se interrumpe para dar lugar a la formación de 4 - 5 ramitas secundarias (“horqueta”), que son de crecimiento plagiotrópico (horizontal). Debajo de la horqueta aparece con frecuencia brotes ortotrópicos (verticales) o “chupones” que darán lugar a una nueva horqueta y este evento, puede repetirse por 3 a 4 veces consecutivas (M & O CONSULTING, 2008).

Las hojas son enteras, de 15 – 50 cm de longitud y de 5 – 20 cm de ancho, con ápice acuminado o romo; simétricas en el brote ortotrópico y/o asimétricas en las ramas plagiotrópicas. La forma del limbo puede ser: elíptica, ovada o abovada, con peciolo que presentan dos engrosamientos, denominados “pulvínulos”, uno en la inserción con el tallo y otro en la inserción con el limbo foliar. En las ramas plagiotrópicas, los dos pulvínulos están casi unidos. Las hojas de los brotes tiernos generalmente presentan pigmentación antociánica, excepto los árboles mutantes, que son despigmentados.

Las flores son hermafroditas, pentámeras (5 sépalos, 5 pétalos, 5 estaminodios, 5 estambres, y 5 lóculos por ovario), completas (todos sus verticilios florales) y perfectas (con androceo y gineceo). Estas aparecen en el tronco en forma solitaria o en grupos (“cojines florales”). Los sépalos son de prefloración valvar, con o sin pigmentación antociánica. Los pétalos son de prefloración imbricada con una parte basal cóncava y otra apical con extremo unguiculado. Los 5 estambres están bifurcados en el ápice y poseen una

antera biteca. Los 5 estaminodios son infértiles y actúan como órganos de atracción de insectos y/o protección del gineceo. El ovario es súpero, pentacarpelar y pentalocular. Cada lóculo contiene dos series de óvulos anátropos de placentación axial, pudiéndose encontrar de 30 – 60 óvulos por ovario en promedio (M & O CONSULTING, 2008).

Los frutos son bayas, con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, abovada, esférica, oblata u otra); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro. El ápice puede ser agudo, obtuso, atenuado, redondeado, apezonado o dentado; la cáscara puede ser gruesa, delgada o intermedia; y de surcos superficiales, intermedios o profundos.

Las semillas o almendras son de tamaño variable (1.2 – 3 cm), cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco o crema, de distintos sabores o aromas (floral, frutal) y grados de acidez, dulzura y astringencia. Al interior de la almendra están los cotiledones, que pueden ser de color morado, violeta, rosado o blanco, según el genotipo (M & O CONSULTING, 2008).

2.1.2 Origen, domesticación y sistemática del cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.), es una especie endémica de América del Sur cuyo centro de origen está localizado en la región que

comprende las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, tributarios del río Amazonas (CHESSMAN, 1944).

Otros investigadores han señalado que el centro de origen o diversidad del género *Theobroma* estaría en la región nororiental de Perú, pues la consideran como el centro principal de diversidad genética del cacao por la alta concentración de especies y géneros emparentados (KRUG y QUARTEY - PAPAPIO, 1964).

La existencia de poblaciones de cacao silvestre muy variables y disperso en la Amazonía alta de Perú, supondría que el centro de origen no estaría confinada solo a la región señalada por Chessman en 1944; sino que incluiría además las regiones del norte, centro y sur oriente de Perú, i.e, las cuencas de los ríos Marañón, Huallaga y Ucayali y, tributarios (GARCÍA, 2000).

Desde 1964 se ha establecido que existe una clara distinción entre el lugar de origen botánico del cacao (zona oriental de Perú, Ecuador y Colombia), y su región de domesticación en Mesoamérica (CUATRECASAS, 1964).

Antes del descubrimiento de América, el cacao fue conocido por los Mayas a quienes se le atribuye la domesticación a gran escala, particularmente, de aquellas variedades altamente desarrolladas y conocidas botánicamente como cacao `Criollo` (TOXOPEUS, 1969).

Es probable que las culturas prehistóricas de América del Sur hayan diseminado una población natural de cacao por toda la zona central de la Guyana amazónica y otra hacia el occidente hasta alcanzar el sur de México. Estas poblaciones separadas por el istmo de Panamá se habrían desarrollado en dos grupos geográficamente distintos: `Criollo` y `Forastero`.

La especie (*Theobroma cacao* L.), ha sido clasificada sistemáticamente en las siguientes categorías taxonómicas (LEÓN, 1987) :

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Clase	: Angiospermae
Sub-Clase	: Dicotiledónea
Orden	: Malvales
Familia	: Esterculiáceae
Tribu	: Bitneriáceae
Género	: <i>Theobroma</i>
Sección	: Eutheobroma
Especie	: <i>Theobroma cacao</i> L.

Las categorías intraespecíficas tales como: subespecie, variedad y forma, son empleadas para distinguir la variación que existe entre poblaciones de una misma especie. Los taxones: subespecies y variedades,

son términos aplicados a poblaciones de especies en varios estados de diferenciación.

2.2 Diversidad genética del cacao

La diversidad genética se refiere a la variación en las características heredables dentro de las especies y entre poblaciones diferentes. Esta diversidad está relacionada a la adaptabilidad de las especies a su entorno y es por eso importante en los programas de domesticación y mejoramiento genético (BENITO, 1991).

El cacao es una especie sumamente variable, debido principalmente a su sistema de reproducción sexual y a su tipo de polinización cruzada natural. Los diferentes tipos y grados de incompatibilidad, sumado a las mutaciones y recombinaciones; derivan en un amplio espectro de variación natural a la que se suma la acción modificadora del hombre a través de la selección artificial (LEÓN, 1987; GARCÍA, 2000).

La variabilidad que presentan los individuos en las poblaciones silvestres o cultivadas constituyen los recursos fitogenéticos, que se conservan como colecciones de germoplasma, y cuya caracterización y evaluación son imprescindibles para los ensayos de mejoramiento genético (DE CASTRO y BARTLEY, 1989).

LACHENAUD (1997), en base a estudios moleculares, argumentos paleoclimáticos, paleogeográficos y geobotánicos, ha propuesto 4 grupos o complejos germoplásmicos naturales de cacao y su correspondiente distribución geográfica: a) Criollo (América Central, Colombia y Venezuela), b) Amazonas o Forastero del Alto Amazonas (Perú, Ecuador, Colombia, Bolivia y Brasil), c) Guyanas o Forastero del Bajo Amazonas (Meseta de las Guyanas, Venezuela, Surinam, Guyana Francesa y Brasil), y d) Nacional (Zona costera del Ecuador).

Aunque Pound en 1945 ya había señalado que el grupo 'Nacional' era muy distinto a los 'Criollos' y 'Forasteros', CHESSMAN (1944) y después Soria en 1970, al tomar como base el color verde y tamaño grande; la superficie arrugada y surcos medianamente profundos de la mazorca, decidieron incluir al cacao 'Nacional' dentro del grupo 'Forastero'. Posteriormente, Enríquez en 1993, sugirió incluir al cacao 'Nacional' dentro del grupo 'Criollo', en base a caracteres morfológicos de semilla y sabor fino muy semejantes a este grupo de cacao (CROUZILLAT *et. al.*, 2000). La controversia suscitada se mantuvo hasta su aclaración en 1997.

MOTAMAYOR *et. al.* (2002), muestreando la diversidad genética del cacao 'Criollo' en América Central y Sur, observaron una mayor variación morfológica residual en Venezuela y Colombia, sugiriéndole un posible origen sudamericano del cacao 'Criollo'. Estas evidencias contradicen las

observaciones e hipótesis hechas por Cuatrecasas en 1964, sobre un origen centroamericano del cacao 'Criollo'.

Actualmente la base genética de los clones e híbridos de cacao sigue siendo relativamente estrecha, pues el material parental usado en los programas de mejora genética de los países productores de cacao, procedió originalmente de las colecciones hechas por Pound en el alto Amazonas y las colecciones realizadas por Chalmers en Ecuador y Colombia y, por supuesto, la de cacao 'Criollo' seleccionados en centro y sudamérica (CUBILLOS, 1990).

2.3 Caracterización de germoplasma

La caracterización de los organismos vegetales al igual que la de otros organismos vivos, tiene las siguientes finalidades: a) identificación o determinación, b) sistemática, c) análisis de la diversidad genética, d) gestión de bancos de germoplasma, e) definición de nuevas variedades y f) búsqueda de marcadores de caracteres agronómicos (GONZÁLEZ - ANDRÉS, 2001).

La caracterización es la toma de datos principalmente de tipo cualitativo que ayuda a identificar o diferenciar accesiones de una misma especie. Dado que los botánicos no han incursionado en la taxonomía intraespecífica, estos intentos son generalmente llevados a cabo por fitomejoradores con poca

experiencia en técnicas de clasificación; sin embargo, permiten un mejor conocimiento de la diversidad del género (QUEROL, 1988).

Para realizar la caracterización y evaluación de germoplasma vegetal se utilizan listas de descriptores estandarizados. Este instrumento permite caracterizar, identificar y evaluar las accesiones depositadas en un Banco de germoplasma basándose en los caracteres morfológicos de órganos vegetativos o reproductivos; sean éstos cualitativos (distribución discreta) o cuantitativos (de distribución continua); así como, caracteres agronómicos de importancia económica (GARCÍA, 2009).

Los caracteres cualitativos juegan un rol importante en la clasificación de las unidades taxonómicas (taxa), puesto que la probabilidad de cometer errores en la clasificación es más pequeña; en tanto que los caracteres cuantitativos, siendo de mayor interés agronómico que los cualitativos, son también útiles en la caracterización e identificación de clones o variedades de una colección varietal (ENGELS, 1986).

Desde el siglo pasado cuando se generaban cultivares élites de cacao (clones y/o híbridos), bien sea, por selección, hibridación u otros métodos de mejoramiento genético; las instituciones científicas y de extensión, solamente difundían los principales atributos agronómicos mejorados de dichos cultivares. No obstante, esta información no era suficiente y se hacía necesario acompañarla con información morfológica de tipo descriptiva para que el nuevo

cultivar sea convenientemente identificado y diferenciado de otros cultivares (ENGELS, 1986).

ENGELS *et. al.* (1980), reportan que el uso de descriptores en cacao es necesario por las siguientes razones: (i) estandarizar la terminología descriptiva que permita el intercambio de información entre investigadores en recursos fitogenéticos, (ii) elaborar un inventario fácil que esté disponible a todos los investigadores definiendo qué accesiones disponibles deberían ser duplicadas en otros lugares, (iii) ayudar al fitomejorador a seleccionar las mejores accesiones para el programa de mejoramiento, y (iv) simplificar el manejo y el mantenimiento de la colección, entre otros.

La primera lista de descriptores de cacao que reunió información sobre caracteres de clones que constituían colecciones de germoplasma, fue realizado por Enríquez y Soria en 1967. Ellos determinaron el tamaño mínimo de muestra y el método de observación para cada descriptor. Posteriormente ENGELS *et. al.*, 1980, propusieron una lista de descriptores para cacao, la misma que sirvió de base para la elaboración de la Lista de Descriptores Estandarizados de Cacao, publicado por el Consejo Internacional para los Recursos Fitogenéticos (IBPGR, en inglés).

BEKELE, *et. al.* (1994), encontró evidencia de que los descriptores reproductivos, especialmente aquellos referidos a la flor, son más útiles en términos de taxonomía que sus homólogos vegetativos. Posteriormente,

BEKELE y BUTLER, (2000), sugirieron una lista mínima de 23 descriptores morfológicos que han sido adoptados por la Universidad de las Indias Occidentales, en Trinidad y Tobago, y sirven de referencia para investigadores de otros países.

El término descriptor se usa para describir las características más importantes de una colección, sean éstas morfológicas, agronómicas, fisiológicas o citogenéticas. Ejemplos de descriptores son: el color del fruto, la longitud del fruto, etc.; siendo el estado del descriptor el grado o valor de la característica codificada en función de la variabilidad de la expresión del carácter (DELGADO y SÁNCHEZ, 1981).

En Turrialba (Costa Rica), estudios realizados con caracteres útiles de la flor para propósitos de identificación y descripción de cultivares de cacao, se encontró mucha similitud entre las medidas de longitud y ancho de sépalo, longitud y ancho de pétalo; número de óvulos por ovario y otras partes de la flor de los cultivares estudiados (ENRÍQUEZ y SORIA, 1965).

En un estudio de caracterización de 48 clones de la colección Ucayali - Urubamba, utilizando descriptores de flores, frutos, semillas y hojas, se reporta una moderada variación fenotípica, siendo los caracteres cuantitativos los de mayor variación. También se señala que el material genético estudiado, dependiendo de su lugar de colección, muestra grados variables de distancia fenética (GUERRERO, 2005).

En otro estudio realizado en Tingo María, sobre caracterización morfológica de la Colección Introducida – B, del Banco de Germoplasma de Cacao de la UNAS, se concluyó que hubo una moderada variación fenotípica. El análisis de conglomerados para los caracteres cualitativos determinó la existencia de cinco grupos taxonómicos o conglomerados y dos subconglomerados. Se precisa que los clones Catongo - 4, ICS - 98, SCA - 6 y Rosario - 9; se encuentran muy separados entre sí y también con el resto de los clones estudiados (AYCACHI, 2007).

MARITA *et. al.*, (2001) usando marcadores moleculares RAPDs (133 bandas polimórficas), observaron una reducida diversidad entre genotipos Trinitarios y también Criollos, con relación a la observada para genotipos Forastero Alto Amazónicos. En estos últimos, la amplia diversidad verificada por este tipo de análisis, es concordante con la variabilidad morfológica constatada por Pound, en 1938 para materiales colectados en la región de los ríos Napo, Putumayo y Caquetá, y con la observación de Chessman, en 1944 sobre esta área de origen de la especie.

2.4 Clasificación taxonómica

Tradicionalmente con fines de identificación y clasificación, se asignaba de manera subjetiva, una importancia distinta a los caracteres de la planta. Sin embargo, hoy existe un criterio contrario y objetivo según el cual a los caracteres se le confiere la misma relevancia; no hay unos más importantes

que otros. Tal es la filosofía que sustenta la taxonomía numérica o taximetría. Con base a este criterio los caracteres se manejan como cifras y son éstas las que en un momento dado, deciden el grado de afinidad o de semejanza existente entre los taxas (CANO y MARROQUÍN, 1994).

En taxonomía numérica, las mediciones taxonómicas pueden llevarse a cabo en plantas individuales, líneas endocriadas, poblaciones, especie, etc. Todo proceso clasificatorio se basa en las diferencias existentes entre los objetos a clasificar. Las características pueden definirse como cualquier propiedad que varía en las unidades taxonómicas operacionales (UTOs). Los posibles valores que dicho carácter pueda expresar se considera sus estados (SNEATH y SOKAL, 1973).

El análisis de conglomerados o análisis "clúster" es un conjunto de técnicas que se utilizan para clasificar los objetos u organismos en grupos relativamente homogéneos llamados conglomerados ó "clúster". Los objetos en cada conglomerado tienden a ser similares entre sí (alta homogeneidad interna dentro del clúster) y diferentes a los objetos de los otros grupos (alta heterogeneidad externa entre clúster) con respecto a algún criterio de selección predeterminado. De este modo, si la clasificación es un éxito, los objetos dentro del conglomerado estarán muy cercanos unos de otros en la representación geométrica, y los conglomerados diferentes estarán muy apartados. Las etapas que comprende el análisis de conglomerados son: a) formulación del problema de agrupación definiendo las variables en las que se basa ésta, b) selección de

una medida de distancia/similitud apropiada, c) selección de un método de agrupación, y d) evaluación de la validéz del análisis (GONDAR, 2000).

La medición y el análisis de la variabilidad morfológica en plantas no es un proceso único y puede tener diferentes finalidades. Cuando se cuenta con información morfológica algunos de los objetivos más comunes que se pueden abordar son: a) medir la variabilidad de una colección con fines de clasificación de especies o accesiones, b) identificar duplicados, y c) detectar combinaciones y características particulares e individuos (FRANCO e HIDALGO, 2003).

Los análisis de clasificación y ordenamiento son apropiados para discriminar accesiones de acuerdo a su origen, siendo los primeros eficientes para agrupar objetos con similares características (CROSSA, *et. al.*, 1995).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Campo experimental

3.1.1 Ubicación

El presente ensayo se realizó en el Centro de Investigación y Producción de Tulumayo; a 26 Km. aprox. de la carretera Tingo María - Aucayacu, ubicado en el Distrito de José Crespo y Castillo, Provincia de Leoncio Prado y Departamento de Huánuco, cuya altitud media es de 640 m.s.n.m y las coordenadas UTM son 18L 0385397 y 8990216.

3.1.2 Condiciones edafoclimáticas

El clima de esta zona tiene una temperatura promedio de 25°C; una humedad relativa de 85%, y con una precipitación pluvial anual promedio de 3,600mm. De acuerdo a Holdrige esta zona de vida corresponde a un bosque muy húmedo subtropical.

El suelo es de tipo aluvial, de textura franco arcilloso, con pH 5.5; de fertilidad media, topografía plana y con buen drenaje.

3.2 Material genético

El material genético en estudio estuvo constituido por 14 árboles híbridos seleccionados por el Ing° Luis García Carrión, en el año 2003. Estos genotipos se seleccionaron de 13 progenies híbridas cuyos progenitores fueron seleccionados en 1996, considerando su distancia genética, su adecuado índice de mazorca y tolerancia a las enfermedades.

3.3 Componentes en estudio

Comprende únicamente el componente varietal constituido por 14 árboles híbridos: I - 1,14; I - 6,13; I - 8,18; I - 12,12; I - 14,20; I - 15,1; I - 17,1; M - 1,6; M - 6,16; M - 8,11; M - 11,5; M - 17,18; M - 18,16 y M - 18,18.

3.4 Tratamientos en estudio

Constó de 14 árboles híbridos (árboles madres) seleccionados, que fueron denominados UTOs (unidades taxonómicas operacionales). Estas UTOs y su genealogía se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Relación de 14 UTOs (árboles híbridos de cacao) seleccionados y su genealogía

UTO	Código	Genealogía
1	I - 1,14	ICS 95 x ICS 6,14
2	I - 6,13	UF 613 x POUND 7,13
3	I - 8,18	IMC 67 x UF 613,18
4	I - 12,12	IMC 67 x EET 228,12
5	I - 14,20	ICS 95 x POUND7, 20
6	I - 15,1	ICS 95 x IMC 67, 1
7	I - 17,1	IMC 67 x ICS 95, 1
8	M - 1,6	H 12 x ICS 6, 6
9	M - 6,16	ICS 95 x U 58, 16
10	M - 8,11	U 68 x ICS 6, 11
11	M - 11,5	ICS 39 x U 45, 5
12	M - 17,18	U 68 x ICS 95, 18
13	M - 18,16	IMC 67 x U 68, 16
14	M - 18,18	IMC 67 x U 68, 18

3.5 Metodología

3.5.1 Observaciones registradas

Se realizaron observaciones correspondientes a 15 descriptores morfológicos: 14 cualitativos y 1 cuantitativo, con sus estados y codificación. Estos fueron seleccionados de la lista de descriptores morfológicos para cacao propuesto por BEKELE y BUTLER, 2000; y ENGELS *et. al.*, 1980. A continuación se muestran dichos caracteres a nivel de flores, frutos y semillas:

3.5.1.1 Descriptores de flores

1. Antocianina en el botón floral (ABF).
2. Antocianina en la lígula del pétalo (ALP).
3. Antocianina en el filamento estaminal (AFE).
4. Antocianina en la parte superior del ovario (ASO).
5. Compatibilidad genética (COG).
6. Número de óvulos por ovario (NOO).

3.5.1.2 Descriptores de fruto

1. Color de fruto inmaduro (CFI).
2. Forma del fruto (FOF).
3. Forma de ápice del fruto (FAF).
4. Rugosidad del fruto (RUF).
5. Constricción basal del fruto (CBF).
6. Profundidad de los surcos primarios (PSP).
7. Separación de un par de lomos (SPL).

3.5.1.3 Descriptores de semilla

1. Forma de semilla en sección longitudinal (FSL).
2. Forma de semilla en sección transversal (FST).

3.5.2 Determinación de las observaciones registradas

3.5.2.1 Descriptores de Flores

3.5.2.1.1 Antocianina en el botón floral

Se evaluó visualmente con la ayuda de una lupa usando los siguientes estados:

0 = ausente, 1 = presente

3.5.2.1.2 Antocianina en la lígula del pétalo

La presencia o ausencia de antocianina en la lígula se realizó con una lupa, registrando los estados:

0 = ausente, 1 = presente

3.5.2.1.3 Antocianina en el filamento estaminal

La presencia o ausencia de antocianina en los filamentos se hizo con una lupa, registrando los estados:

0 = ausente, 1 = presente

3.5.2.1.4 Antocianina en la parte superior del ovario

La presencia o ausencia de la antocianina en la parte superior del ovario, fue evaluado en flores frescas, según los siguientes estados:

0 = ausente, 1 = presente

3.5.2.1.5 Compatibilidad genética

Esta evaluación incluyó 2 etapas: (a) el aislamiento del botón floral, y (b) la polinización (24 horas después). La autopolinización se hizo frotando el estambre de una flor del mismo árbol en el estigma por 2 a 3 veces consecutivas. La compatibilidad se determinó en base a una muestra de 10 flores, clasificándose como autocompatible aquel árbol cuyo número de flores prendidas era igual o mayor de 5, y autoincompatible, si el número de flores prendidas era inferior a 5. Esta variable fue registrada en base a los siguientes estados:

0 = autocompatible, 1 = autoincompatible

3.5.2.1.6 Número de óvulos por ovario

El conteo de los óvulos se realizó según el método sugerido por LÓPEZ, (1985), utilizando una muestra de 4 flores que fueron observadas y contadas mediante el estereoscopio a un aumento de 10x.

Para el análisis de conglomerados los datos cuantitativos fueron transformados en valores codificados según el siguiente intervalo:

1 = bajo (< 50 óvulos/ovario)

2 = intermedio (51 - 55 óvulos/ovario)

3 = alto (> 55 óvulos/ovario)

3.5.2.2 Descriptores de fruto

3.5.2.2.1 Color del fruto inmaduro

Se evaluó visualmente con la ayuda de una lupa, considerando los siguientes estados:

1 = verde, 2 = verde pigmentado, 3 = rojo

3.5.2.2.2 Forma del fruto

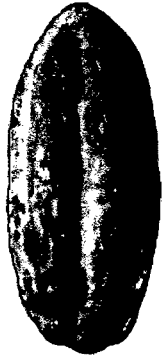
Se determinó objetivamente apoyándonos de la Figura 1, que incluye los siguientes estados:

1 = oblongo, 2 = elíptico, 3 = abovado, 4 = esférico, 5 = otros.

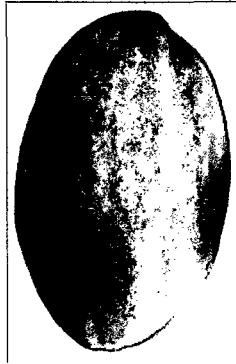
3.5.2.2.3 Forma del ápice

Fue determinado objetivamente usando la Figura 1, que incluye los siguientes estados:

1 = atenuado, 2 = agudo, 3 = obtuso, 4 = redondeado,
5 = apezonado, 6 = dentado.



Oblongo



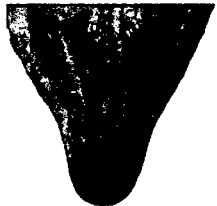
Elíptico



Abovado



Redondeado



Atenuado



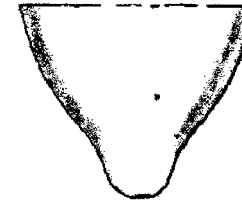
Agudo



Obtuso



Redondeado



Apezonado



Dentado

Figura 1. Forma del fruto y forma del ápice del fruto

3.5.2.2.4 Rugosidad de la superficie del fruto

Se evaluó la presencia o ausencia de protuberancias en la superficie del fruto, apoyándonos de la Figura 2, que incluye los siguientes estados:

0 = ausente, 3 = ligero, 5 = intermedio, 7 = fuerte.

3.5.2.2.5 Constricción basal del fruto

Se determinó según el grado de depresión ó “cuello de botella” de la base del fruto, utilizando la Figura 2. Los estados del descriptor se detallan a continuación:

0 = ausente, 1 = ligera, 2 = intermedia, 3 = fuerte, 4 = muy fuerte.

3.5.2.2.6 Profundidad de los surcos primarios

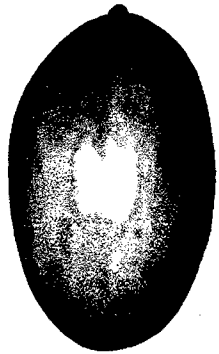
Se evaluó de acuerdo con lo mostrado en la Figura 3, considerando los siguientes estados:

3 = superficial, 5 = intermedio, 7 = profundo.

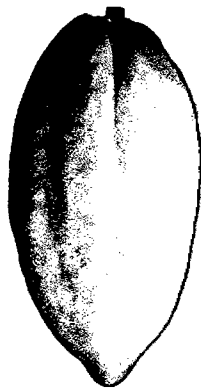
3.5.2.2.7 Separación de un par de lomos

Se realizó en forma visual apoyándose de la Figura 3, que considera los siguientes estados:

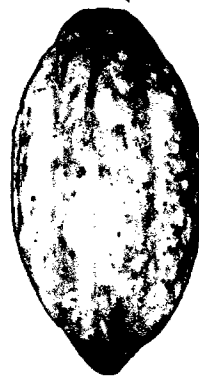
0 = fusionados, 3 = ligera, 5 = intermedia, 7 = separados.



Ausente (Liso)



Ligera



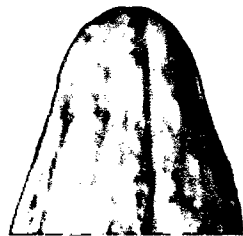
Intermedia



Fuerte



Ausente



Ligero



Intermedio



Fuerte

Figura 2. Rugosidad del fruto y constricción basal del fruto

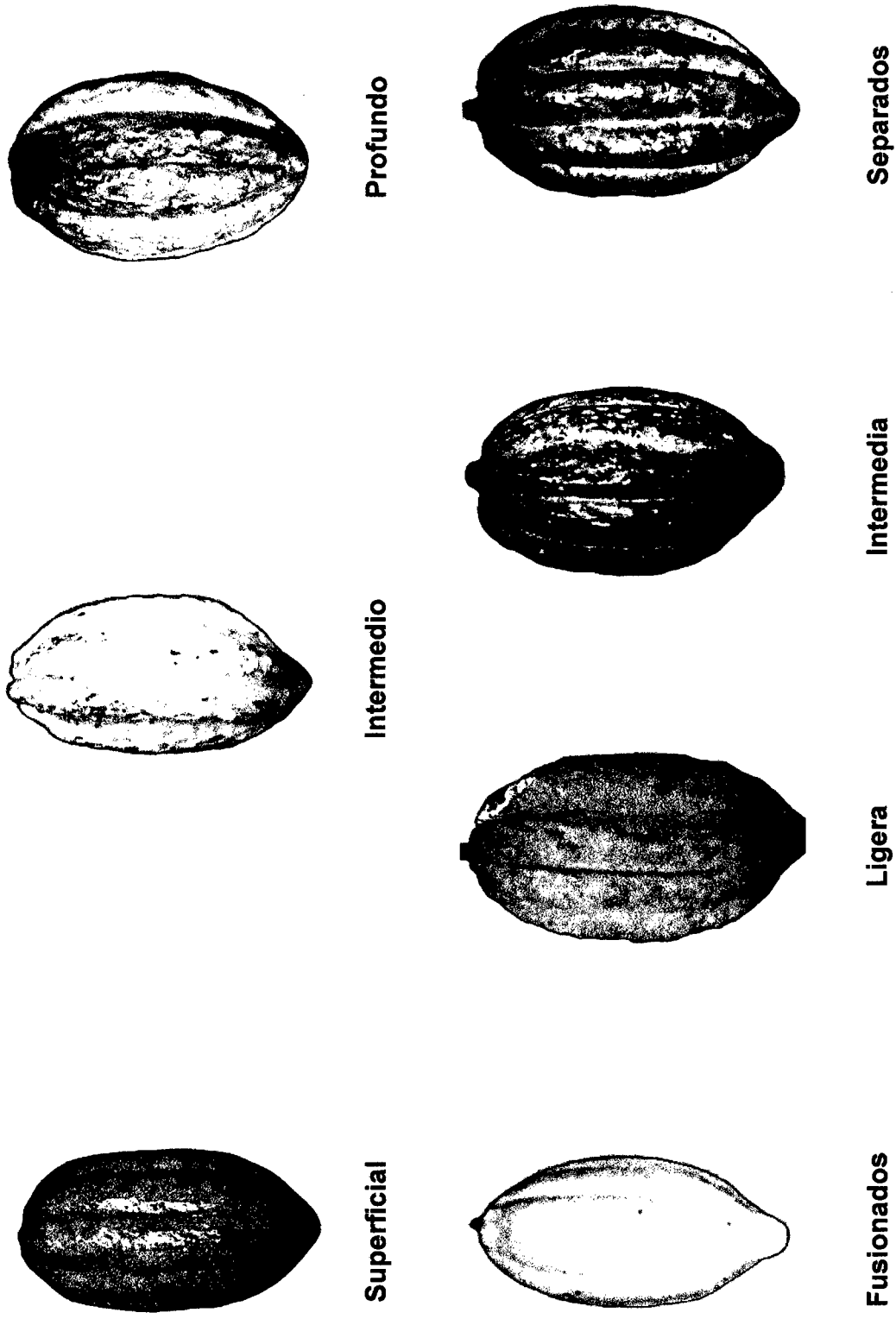


Figura 3. Profundidad de surcos primarios y separación de un par de lomos

3.5.2.3 Descriptores de semilla

3.5.2.3.1 Forma de la semilla en sección longitudinal

Se determinó de acuerdo a la Figura 4, tomando en cuenta los siguientes estados:

1 = oblonga, 2 = elíptica, 3 = ovada.

3.5.2.3.2 Forma de la semilla en sección transversal

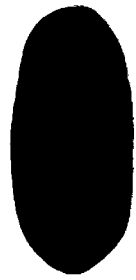
Se evaluó según lo mostrado en la Figura 4, considerando los siguientes estados:

1 = aplanada, 3 = intermedia, 5 = redondeada.

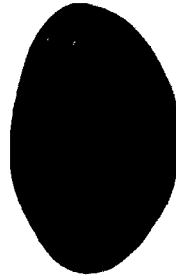
3.6 Análisis estadístico

3.6.1 El análisis de conglomerados

Con los datos de los estados de los 15 descriptores obtenidos del material genético utilizado, se procedió a realizar el análisis de conglomerados de tipo jerárquico. Antes de proceder con este análisis, los resultados obtenidos de cada descriptor fueron organizados en una matriz básica de datos (MBD), de 14 x 15 (UTOs x variables), respectivamente.



Oblonga



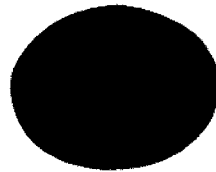
Elíptica



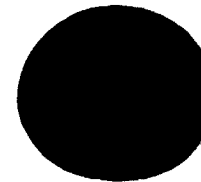
Ovada



Aplanada



Intermedia



Redondeada

Figura 4. Forma de la semilla en sección longitudinal y forma de la semilla en sección transversal

Luego, éstos fueron estandarizados mediante la resta de la media y luego dividir entre la desviación estándar. Como medida de disimilaridad, se eligió la distancia euclidiana (DT), cuya fórmula se detalla a continuación:

$$DT = (\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2)^{1/2}$$

Donde:

X_{ij} = Valor del carácter i en la OTU j.

X_{ik} = Valor del carácter i en la OTU k.

n = Número de caracteres.

Para realizar el agrupamiento se hizo uso del algoritmo UPGMA (unweighted pair-group method using arithmetic averages) o llamado también “promedio aritmético no ponderado de grupos pareados”, lo cual permitió obtener el dendrograma. Y, para validar el análisis de agrupamiento se utilizó la correlación cofenética (CCC), que mide el grado de concordancia entre la matriz de distancia original y las distancias 2 a 2 calculadas para el dendrograma.

Complementariamente se hicieron comparaciones entre el dendrograma de disimilitud (distancia) con la información genealógica de los cultivares estudiados. En todos estos cálculos estadísticos se utilizó el software PAST (PALaeontological STatistics, ver. 1.43, 2006).

3.7 Características de las parcelas de observación

Los árboles híbridos seleccionados estaban ubicados en las parcelas de observación (progenies híbridas), cuyas dimensiones son de 12m x 15m; con 4 hileras/parcela, 5 árboles/hilera y 20 árboles/parcela. El distanciamiento entre árboles fue de 3m x 3m, con guaba como sombra permanente distanciadas a 9m x 9m, dentro de un área de aproximadamente de 10, 000 m².

IV. RESULTADOS

Los resultados de la caracterización morfológica de flores, frutos y semillas del material genético estudiado, se muestran en los Cuadros 2, 3, 4 y 5.

4.1 De los descriptores morfológicos

4.1.1 De las flores

En el Cuadro 2, se observa que con respecto al descriptor ABF (antocianina en el botón floral) los árboles híbridos: I - 8,18; I - 17,1; M - 1,6; M - 6,16; M - 8,11; M - 17,18; M - 18,16; M - 18,18; no presentaron pigmentación antociánica; mientras que los árboles híbridos: I - 1,14; I - 6,13; I - 12,12; I - 14,20; I - 15,1 y M - 11,5; si lo presentaron.

En el caso del descriptor ALP (antocianina en la lígula del pétalo), los árboles híbridos: I - 1,14; I - 6,13; I - 12,12; I - 14,20; I - 15,1; M - 1,6; M - 11,5; no presentaron este carácter, mientras que los árboles híbridos: I - 8,18; I - 17,1; M - 6,16; M - 8,11; M - 17,18; M - 18,16 y M - 18,18; si presentaron este carácter.

Cuadro 2. Descriptores morfológicos de flores de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao

Código	Genealogía	ABF	ALP	AFE	ASO	NOO	COG
I - 1,14	ICS 95 x ICS 6, 14	Presente	Ausente	Ausente	Presente	48	AIC
I - 6,13	UF 613 x POUND 7, 13	Presente	Ausente	Ausente	Presente	46	AC
I - 8,18	IMC 67 x UF 613, 18	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	55	AC
I - 12,12	IMC 67 x EET 228, 12	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	48	AC
I - 14,20	ICS 95 x POUND 7, 20	Presente	Ausente	Ausente	Presente	43	AC
I - 15,1	ICS 95 x IMC 67, 1	Presente	Ausente	Ausente	Presente	47	AIC
I - 17,1	IMC 67 x ICS 95, 1	Ausente	Presente	Presente	Ausente	48	AIC
M - 1,6	H 12 x ICS 6, 6	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	46	AIC
M - 6,16	ICS 95 x U 58, 16	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	44	AC
M - 8,11	U 68 x ICS 6, 11	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	44	AIC
M - 11,5	ICS 39 x U 45, 5	Presente	Ausente	Ausente	Presente	45	AC
M - 17,18	U 68 x ICS 95, 18	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	51	AC
M - 18,16	IMC 67 x U 68, 16	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	49	AC
M - 18,18	IMC 67 x U 68, 18	Ausente	Presente	Presente	Ausente	51	AIC

ABF = Antocianina en el botón floral.

ALP = Antocianina en la lígula del pétalo.

AFE = Antocianina en el filamento estaminal.

ASO = Antocianina en la parte superior del ovario.

NOO = Número de óvulos/ovario.

COG = Compatibilidad genética.

Con respecto al descriptor AFE (antocianina en el filamento estaminal), la mayoría de los árboles híbridos: I - 1,14; I - 6,13; I - 8,18; I - 12,12; I - 14,20; I - 15,1; M - 6,16; M - 8,11; M - 11,5; M - 17,18 y M - 18,16 no presentaron este pigmento antociánico; mientras que el resto de los árboles híbridos: I - 17,1; M - 1,6 y M - 18,18, si lo presentaron.

Con relación al descriptor ASO (antocianina en la parte superior del ovario), la mayoría de árboles híbridos no presentaron este marcador morfológico (I - 8,18; I - 12,12; I - 17,1; M - 1,6; M - 6,16; M - 8,11; M - 17,18; M - 18,16 y M - 18,18), mientras que la minoría (I - 1,14; I - 6,13; I - 14,20; I - 15,1 y M - 11,5), si lo presentaron.

En el Cuadro 3, con respecto al descriptor NOO (número de óvulos/ovario), los valores oscilaron de 43 (árbol híbrido I - 14,20) a 55 (árbol híbrido I - 8,18), con una media de 47.5; una desviación estándar de 1.74 y un coeficiente de variabilidad de 3.68. Los genotipos que presentaron mayor número de óvulos/ovario en segundo lugar fueron M - 17,18 y M - 18,18, y en tercer lugar el genotipo M - 18,16.

Finalmente, con relación al descriptor COG (compatibilidad genética), los genotipos estudiados mostraron casi por igual la reacción de autocompatibilidad (I - 6,13; I - 8,18; I - 12,12; I - 14,20; M - 6,16; M - 11,5; M - 17,18; M - 18,16), y autoincompatibilidad (I - 1,14; I - 15,1; I - 17,1; M - 1,6; M - 8,11; y M - 18,18).

Cuadro 3. Media (\bar{X}), desviación estándar (S) y coeficiente de variabilidad (CV) del número de óvulos/ovario (NOO) de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao

Código	Genealogía	\bar{X} (NOO)	S	CV
I - 1,14	ICS 95 x ICS 6, 14	48	3.304038	6.847747
I - 6,13	UF 613 x POUND 7, 13	46	0.816497	1.774993
I - 8,18	IMC 67 x UF 613, 18	55	1.414214	2.571297
I - 12,12	IMC 67 x EET 228, 12	48	1.632993	3.402069
I - 14,20	ICS 95 x POUND 7, 20	43	0.816497	1.898829
I - 15,1	ICS 95 x IMC 67, 1	47	0.816497	1.737227
I - 17,1	IMC 67 x ICS 95, 1	48	4.082483	8.505173
M - 1,6	H 12 x ICS 6, 6	46	2.362908	5.10899
M - 6,16	ICS 95 x U 58, 16	44	1.632993	3.711348
M - 8,11	U 68 x ICS 6, 11	44	2.061553	4.658876
M - 11,5	ICS 39 x U 45, 5	45	1.707825	3.774199
M - 17,18	U 68 x ICS 95, 18	51	0.816497	1.600974
M - 18,16	IMC 67 x U 68, 16	49	2.160247	4.408667
M - 18,18	IMC 67 x U 68, 18	51	0.816497	1.600974
Promedio		47.5	1.745	3.686

4.1.2 De los frutos

En el Cuadro 4 se presenta los resultados de 7 descriptores morfológicos de tipo cualitativo de los frutos.

Cuadro 4. Descriptores morfológicos cualitativos de frutos de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao

Código	Genealogía	CFI	FOF	CBF	FAF	RUF	PSP	SPL
I - 1,14	ICS 95 x ICS 6, 14	Rojo	Elíptico	Ausente	Obtuso	Ligero	Intermedio	Intermedio
I - 6,13	UF 613 x POUND 7, 13	Rojo	Oblongo	Ligera	Agudo	Ligero	Intermedio	Ligero
I - 8,18	IMC 67 x UF 613, 18	Verde pigmentado	Oblongo	Ligera	Obtuso	Ligero	Intermedio	Intermedio
I - 12,12	IMC 67 x EET 228, 12	Rojo	Elíptico	Ligera	Obtuso	Intermedio	Intermedio	Intermedio
I - 14,20	ICS 95 x POUND 7, 20	Rojo	Elíptico	Ligera	Obtuso	Ligero	Intermedio	Intermedio
I - 15,1	ICS 95 x IMC 67, 1	Rojo	Oblongo	Ausente	Obtuso	Intermedio	Intermedio	Intermedio
I - 17,1	IMC 67 x ICS 95, 1	Verde pigmentado	Oblongo	Ligera	Obtuso	Intermedio	Intermedio	Ligero
M - 1,6	H 12 x ICS 6, 6	Verde	Oblongo	Ligera	Agudo	Intermedio	Intermedio	Ligero
M - 6,16	ICS 95 x U 58, 16	Verde pigmentado	Oblongo	Ligera	Agudo	Ligero	Superficial	Ligero
M - 8,11	U 68 x ICS 6, 11	Verde pigmentado	Elíptico	Ligera	Atenuado	Ligero	Superficial	Ligero
M - 11,5	ICS 39 x U 45, 5	Rojo	Oblongo	Ligera	Obtuso	Intermedio	Intermedio	Ligero
M - 17,18	U 68 x ICS 95, 18	Verde	Oblongo	Ligera	Atenuado	Ausente	Superficial	Ligero
M - 18,16	IMC 67 x U 68, 16	Verde pigmentado	Elíptico	Ligera	Agudo	Intermedio	Intermedio	Ligero
M - 18,18	IMC 67 x U 68, 18	Verde pigmentado	Oblongo	Ligera	Agudo	Intermedio	Intermedio	Ligero

CFI = Color del fruto inmaduro.

FOF = Forma del fruto.

CBF = Constricción basal del fruto.

FAF = Forma del ápice del fruto.

RUF = Rugosidad de la superficie del fruto.

PSP = Profundidad de surcos primarios.

SPL = Separación de un par de lomos.

Con relación al descriptor CFI (color del fruto inmaduro), se observa que la mayoría de los árboles híbridos (I - 8,18; I - 17,1; M - 6,16; M - 8,11; M - 18,16; M - 18,18) presentaron la coloración verde pigmentado, le siguió el color rojo (I - 1,14; I - 6,13; I - 12,12; I - 14,20; I - 15,1; M - 11,5) y en menor número el color verde (M - 1,6; M - 17,18).

Con respecto al descriptor FOF (forma del fruto), se observa que la mayor parte de los árboles híbridos, tales como: I - 6,13; I - 8,18; I - 15,1; I - 17,1; M - 1,6; M - 6,16; M - 11,5; M - 17,18; y M - 18,18; presentaron la forma oblonga y el resto de árboles híbridos: I - 1,14; I - 12,12; I - 14,20; M - 8,11 y M - 18,16; presentaron la forma elíptica.

Con relación al descriptor CBF (constricción basal del fruto), se observa que el estado del descriptor: ligero de los árboles híbridos: I - 6,13; I - 8,18; I - 12,12; I - 14,20; I - 17,1; M - 1,6; M - 6,16; M - 8,11; M - 11,5; M - 17,18; M - 18,16; y M - 18,18; predominó sobre el estado ausente (I - 1,14; I - 15,1).

Por su parte, el descriptor FAF (forma del ápice del fruto), segregó en 3 clases fenotípicas: obtuso, agudo y atenuado; siendo el fenotipo obtuso de los árboles híbridos: I - 1,14; I - 8,18; I - 12,12; I - 14,20; I - 15,1; I - 17,1; M - 11,5; el carácter predominante, y el fenotipo atenuado de los árboles híbridos: M - 8,11 y M - 17,18; el menos predominante.

De forma similar en el descriptor RUF (rugosidad del fruto), se tuvo 3 fenotipos: ligero, intermedio y ausente; siendo el segundo el carácter predominante. Los árboles híbridos que mostraron la rugosidad intermedia fueron: I - 12,12; I - 15,1; I - 17,1; M - 1,6; M - 11,5; M - 18,16 y M - 18,18; y el que mostró ausencia de rugosidad fue el árbol híbrido M - 17,18.

Con respecto al descriptor PSP (profundidad de surcos primarios), se observa que este carácter presentó 2 fenotipos: intermedio y superficial, siendo el primero la forma predominante. Los genotipos con profundidad de surcos intermedios fueron: I - 1,14; I - 6,13; I - 8,18; I - 12,12; I - 14,20; I - 15,1; I - 17,1; M - 1,6; M - 11,5; M - 18,16; y M - 18,18 y los genotipos con profundidad de surcos superficiales fueron: M - 6,16; M - 8,11; y M - 17,18.

También, en el descriptor SPL (separación de un par de lomos), se observó 2 clases fenotípicas: ligero e intermedio, presentando la mayoría de los árboles híbridos: I - 6,13; I - 17,1; M - 1,6; M - 6,16; M - 8,11; M - 11,5; M - 17,18; M - 18,16; M - 18,18; el estado del descriptor ligero; mientras que los árboles híbridos: I - 1,14; I - 8,18; I - 12,12; I - 14,20; I - 15,1; presentaron el estado intermedio.

4.1.3 De las semillas

En el Cuadro 5 se presenta los resultados de 2 descriptores morfológicos de tipo cualitativo de las semillas.

Cuadro 5. Descriptores morfológicos cualitativos de semillas de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao

Código	Genealogía	FSL	FST
I - 1,14	ICS 95 x ICS 6	Elíptica	Intermedia
I - 6,13	UF 613 x POUND 7	Ovada	Intermedia
I - 8,18	IMC 67 x UF 613	Ovada	Intermedia
I - 12,12	IMC 67 x EET 228	Elíptica	Intermedia
I - 14,20	ICS 95 x POUND 7	Elíptica	Intermedia
I - 15,1	ICS 95 x IMC 67	Ovada	Intermedia
I - 17,1	IMC 67 x ICS 95	Elíptica	Intermedia
M - 1,6	H 12 x ICS 6	Elíptica	Intermedia
M - 6,16	ICS 95 x U 58	Ovada	Intermedia
M - 8,11	U 68 x ICS 6	Ovada	Intermedia
M - 11,5	ICS 39 x U 45	Ovada	Aplanada
M - 17,18	U 68 x ICS 95	Elíptica	Aplanada
M - 18,16	IMC 67 x U 68	Oblongo	Intermedia
M - 18,18	IMC 67 x U 68	Oblongo	Intermedia

FSL = Forma de la semilla en sección longitudinal.
 FST = Forma de la semilla en sección transversal.

Con relación al descriptor FSL (forma de la semilla en sección longitudinal), se observa que la mayoría de los árboles híbridos: I - 1,14; I - 12,12; I - 14,20; I - 17,1; M - 1,6; y M - 17,18; presentaron la forma elíptica luego le siguió la forma ovada y en menor frecuencia, la forma oblonga, con los genotipos: M - 18,16 y M - 18,18.

Con respecto al descriptor FST (forma de la semilla en sección transversal), se observó también 2 diferentes fenotipos: intermedia y aplanada. Casi la totalidad de los árboles híbridos: I - 1,14; I - 6,13; I - 8,18; I - 12,12; I - 14,20; I - 15,1; I - 17,1; M - 1,6; M - 6,16; M - 8,11; M - 18,16 y M - 18,18; presentaron la forma intermedia y el resto la forma aplanada: M - 11,5 y M - 17,18.

4.1.4 Del análisis de conglomerados

En el Cuadro 6 se presenta la matriz básica de datos (MBD), donde se incluyen los resultados de los estados de flores, frutos y semillas de los 14 árboles híbridos de cacao estudiados. Estos datos previamente estandarizados fueron sometidos al análisis de conglomerados, cuyo resultados final fue el dendrograma.

El dendrograma de la Figura 5, muestra los 15 caracteres morfológicos de flores, frutos y semillas. En él se puede determinar 3 conglomerados (I, II y III) y 8 entidades o genotipos independientes a un nivel de afinidad o distancia taxonómica de 0.5, el Grupo I, conformado por los genotipos: ICS 95 x U 58, 16 y U 68 x ICS 6, 11; el Grupo II, constituido por los genotipos: ICS 95 x POUND 7, 20 e ICS 95 x ICS 6, 14; el Grupo III, conformado por los genotipos: IMC 67 x ICS 95, 1 y H 12 x ICS 6, 6.

Cuadro 6. Matriz básica de datos para el análisis de conglomerados de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao

Código	Genealogía	ABF	ALP	AFE	ASO	NOO	COG	CFI	FOF	CBF	FAF	RUF	PSP	SPL	FSL	FST
I - 1,14	ICS 95 x ICS 6, 14	1	0	0	1	1	1	3	2	0	3	3	5	5	3	3
I - 6,13	UF 613 x POUND 7, 13	1	0	0	1	1	0	3	1	1	2	3	5	3	5	3
I - 8,18	IMC 67 x UF 613, 18	0	1	0	0	2	0	2	1	1	3	3	5	5	5	3
I - 12,12	IMC 67 x EET 228, 12	1	0	0	0	1	0	3	2	1	3	5	5	5	3	3
I - 14,20	ICS 95 x POUND 7, 20	1	0	0	1	1	0	3	2	1	3	3	5	5	3	3
I - 15,1	ICS 95 x IMC 67, 1	1	0	0	1	1	1	3	1	0	3	5	5	5	5	3
I - 17,1	IMC 67 x ICS 95, 1	0	1	1	0	1	1	2	1	1	3	5	5	3	3	3
M - 1,6	H 12 x ICS 6, 6	0	0	1	0	1	1	1	1	1	2	5	5	3	3	3
M - 6,16	ICS 95 x U 58, 16	0	1	0	0	1	0	2	1	1	2	3	3	3	5	3
M - 8,11	U 68 x ICS 6, 11	0	1	0	0	1	1	2	2	1	1	3	3	3	5	3
M - 11,5	ICS 39 x U 45, 5	1	0	0	1	1	0	3	1	1	3	5	5	3	5	1
M - 17,18	U 68 x ICS 95, 18	0	1	0	0	2	0	1	1	1	1	0	3	3	3	1
M - 18,16	IMC 67 x U 68, 16	0	1	0	0	1	0	2	2	1	2	5	5	3	1	3
M - 18,18	IMC 67 x U 68, 18	0	1	1	0	2	1	2	1	1	2	5	5	3	1	3

ABF = Antocianina en botón floral.

ASO= Antocianina en la parte superior del ovario.

CFI = Color del fruto inmaduro.

FAF = Forma del ápice del fruto.

SPL = Separación de un par de lomos.

ALP = Antocianina en la lígula del pétalo.

NOO = Número Óvulos/ovario.

FOF = Forma del fruto.

RUF = Rugosidad de la superficie del fruto.

FSL = Forma de la semilla en sección longitudinal.

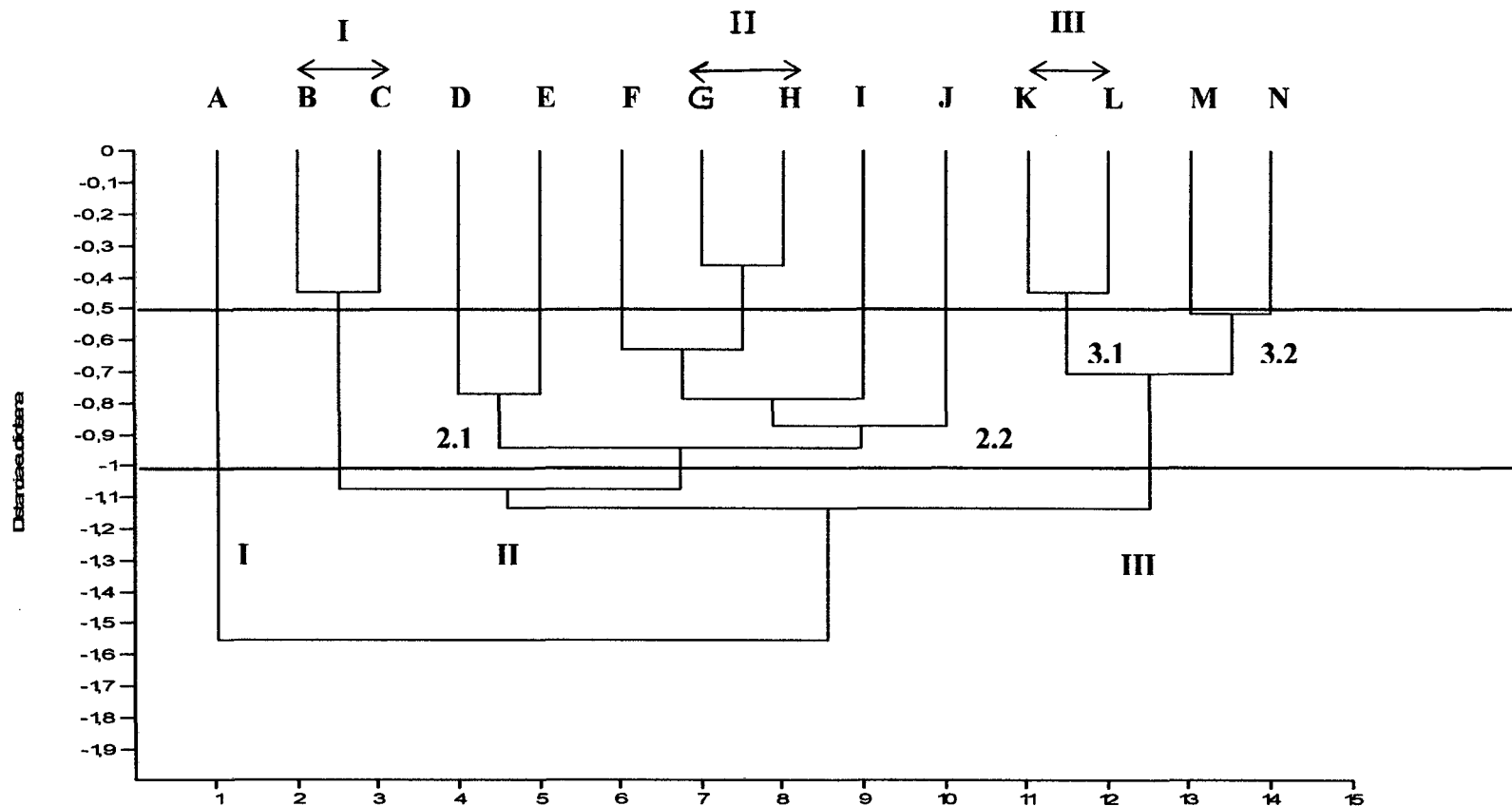
AFE =Antocianina en filamento estaminal

COG = Compatibilidad genética

CBF = Constricción basal del fruto.

PSP = Profundidad de surcos primarios.

FST = Forma de la semilla en sección transversal.



A = U 68 x ICS 95, 18	B = ICS 95 x U 58, 16	C = U 68 x ICS 6, 11	D = ICS 39 x U 45, 5	E = UF 613 x POUND 7, 13
F = IMC 67 x EET 228, 12	G = ICS 95 x POUND 7, 20	H = ICS 95 x ICS 6, 14	I = ICS 95 x IMC 67, 1	J = IMC 67 x UF 613, 18
K = IMC 67 x ICS 95, 1	L = H 12 x ICS 6, 6	M = IMC 67 x U68, 16	N = IMC 67 x U68, 18	

Figura 5. Dendrograma de disimilaridad entre 14 árboles híbridos de cacao, según el método del ligamiento promedio (UPGMA)

Cuando utilizamos el mismo criterio pero a un nivel arbitrario de distancia taxonómica de 1, como valor absoluto, sólo se observan 3 grupos conglomerados: Grupo I (ICS 95 x U58, 16 y U 68 x ICS 6, 11); Grupo II con 2 subconglomerados: el subconglomerado 2.1 formados por los genotipos (ICS 39 x U 45, 5; UF 613 x POUND 7,13), el subconglomerado 2.2 formado por los genotipos (IMC 67 x EET 228, 12; ICS 95 x POUND 7, 20; ICS 95 x ICS 6, 14; ICS 95 x IMC 67,1 e IMC 67 x UF 613, 18); el Grupo III formado por 2 subconglomerados, el subconglomerado 3.1 (IMC 67 x ICS 95, 1; H 12 x ICS 6, 6) y el subconglomerado 3.2 (IMC 67 x U 68,16 e IMC 67 x U 68, 18), y la entidad o genotipo independiente U 68 x ICS 95, 18; que fue el único genotipo independiente que no formó conglomerado en ninguno de esos niveles de afinidad, pero sí a un nivel de afinidad mayor 1.55, como valor absoluto.

V. DISCUSIÓN

5.1 De los caracteres morfológicos cualitativos

5.1.1 De las flores

Con relación al descriptor cualitativo de flores ABF (antocianina en el botón floral), la presencia o ausencia del pigmento antocianico depende del origen genético de los progenitores (Trinitarios o Forasteros), y del grado de dominancia para este carácter. Así, los progenitores Trinitarios (ICS 95 y UF 613) en sus cruzas aportarían el alelo dominante para la pigmentación; en cambio, los Forasteros Alto Amazónicos (IMC 67, POUND 7, y U 68), aportarían el alelo recesivo para la ausencia de esta pigmentación.

El árbol híbrido: IMC 67 x EET 228,12; que mostró pigmentación puede ser explicado porque el progenitor EET 228 ha heredado genes de su ancestro putativo ICS 95 (Trinitario), que si posee este pigmento antociánico. Esta aseveración se apoya en los análisis moleculares con marcadores ISSR (inter microsatélites) que realizó CHÍA WONG, en cacao en el 2009. De modo general,

se puede concluir que para este descriptor, en los progenitores Forasteros Alto amazónicos, la pigmentación antocianica está ausente y en los Trinitarios, está presente.

Con respecto al descriptor ALP (antocianina en la lígula del pétalo), a diferencia del anterior descriptor, los árboles híbridos estudiados, no muestran una respuesta similar con relación al descriptor anterior, siendo sus respuestas inversas de modo general. Se puede asumir que el mecanismo hereditario es más complicado, pudiendo darse interacciones interalélicas u otros mecanismos en el control de la expresión de este carácter.

Con relación al descriptor AFE (antocianina en el filamento estaminal), con excepción de los árboles híbridos: IMC 67 x ICS 95, 1; H 12 x ICS 6, 6; e IMC 67 x U 68, 18; que presentaron pigmentación antociánica, en el resto de los árboles híbridos estuvo ausente. Aparentemente, la ausencia de la pigmentación en este carácter, sea dominante a la presencia de la misma, indistintamente cual fuere el origen de los progenitores (Trinitarios, Forasteros del Alto Amazonas o segregantes del grupo Nacional del Ecuador).

Con respecto al descriptor ASO (antocianina en la parte superior del ovario), la presencia o ausencia de la pigmentación antocianica no parece

depender del origen o grupo genético de los progenitores, es más, se trataría de un carácter independiente cuyo control hereditario se puede atribuir a la dominancia y/o interacción interalélica (epistasia). Es pertinente indicar que si bien la intensidad de la pigmentación no fue evaluada, ésta si fue observada en algunos árboles híbridos, lo que estaría evidenciando la presencia de genes intensificadores para la pigmentación. Similares resultados fueron encontrados por DE CASTRO *et. al.*,(1989); al caracterizar diferentes selecciones de cacao de las series: CEPEC, EEG, CIAL, BE, MA, RB, CA y CAS, que mostraron pigmentación antocianica en mayor o menor intensidad, con la excepción del clon CEPEC 10 que es un tipo Catongo, cuya característica principal es la ausencia completa de pigmentación en todas sus partes florales, frutos y semillas.

ENRÍQUEZ y SORIA (1965), reportan que la variabilidad de un mismo carácter floral (cualitativo o cuantitativo), entre cultivares de cacao, es grande, por lo que justifican el uso de la flor como un órgano reproductivo muy importante para la descripción de los mismos. Así mismo, BEKELE y BUTLER (2000), sostienen que los caracteres descriptivos de las flores son muy útiles para diferenciar e identificar los cultivares de cacao.

Varios genetistas de otros cultivos han señalado que existe un sistema genético que regula la aparición o no aparición de pigmentos; así como; su distribución en toda la planta. Es posible que esta situación exista en el cacao

con relación a la presencia/ausencia, y la distribución de la pigmentación en los órganos vegetativos y reproductivos de la planta; no obstante, este carácter puede estar regulado por mecanismos de activación e inactivación genética durante su desarrollo.

Con relación al descriptor NOO (número de óvulos/ovario), la amplia variabilidad de este carácter en el material genético estudiado, respondería por un lado, al origen de sus progenitores y por otro, a la acción aditiva de sus genes, ya que este carácter a pesar de ser cuantitativo, es muy estable por su alta heredabilidad. Esquivel y Soria (1962), citado por DE CASTRO *et al.* (1989), han reportado diferencias entre clones de cacao respecto al número de óvulos/ovario, confirmando lo observado por Pound en 1932, quien señaló que este carácter es muy estable y altamente heredable. Por ello se ha sugerido su uso como criterio de selección para rendimiento en vez del número de semillas por mazorca que es un carácter muy inestable (afectado por el ambiente), aún dentro de un mismo clon (LÓPEZ *et al.*, 1985).

Cabe destacar que los árboles híbridos: I - 8,18 (IMC 67 x UF 613, 18); y M - 18,18 (IMC 67 x U 68, 18); que tienen como progenitor común al clon IMC 67 (Forastero Alto Amazónico), y el árbol híbrido M - 17,18 (U 68 x ICS 95, 18), que tiene como progenitor femenino al clon U 68 (Forastero Alto Amazónico), tuvieron los más altos valores de NOO en las cruzas en el que intervinieron Trinitarios x Trinitarios ó Trinitarios x Forasteros. Esquivel y Soria, 1962 citado por

LÓPEZ *et al.* 1988, reportan y confirman que los más altos número de óvulos/ovario corresponden a clones del grupo Forastero Alto Amazónico, mientras que los más bajos, al grupo Criollo.

Con relación a su control genético se señala que existe dominancia de números altos sobre números bajos (BARTLEY, 1964). Sin embargo Soria y Esquivel (1969), sugirieron una acción de dominancia de genes en favor de números bajos sobre números altos de este carácter. BEKELE *et al.* (1994), en Trinidad reporta que en la expresión de los caracteres de flores hubo mayor variabilidad comparados a sus correspondientes de frutos y hojas, concluyendo que éstos son de alto valor taxonómico.

En cuanto al descriptor COG (compatibilidad genética), las diferentes respuestas: autocompatible o autoincompatible, estarían dependiendo, además del origen genético de sus progenitores, del sistema genético que controla este carácter. Por ser este un sistema complejo y no claramente comprendido, su tipo de herencia sería complejo. No obstante, la literatura reporta la existencia de clones Trinitarios (ICS 1, ICS 6 e ICS 95), que son autocompatibles, y clones Forasteros Alto Amazónicos (IMC 67, POUND7 y SCA 6), que son autoincompatibles. Sin embargo, es posible encontrar dentro de estos 2 grupos germoplásmicos, genotipos autoincompatibles y autocompatibles, respectivamente.

5.1.2 De los frutos

Con respecto al descriptor CFI (color del fruto inmaduro), el color verde pigmentado, con excepción de los árboles híbridos M – 18,16 (IMC 67 x U 68, 16) y M - 18,18 (IMC 67 x U 68, 18), que también lo presentaron, por ser progenies de cruces entre árboles Forasteros Alto Amazónicos, en los demás cruces en que participó un progenitor Trinitario (ICS 95 ó UF 613), los frutos fueron de color completamente rojo. Los estudios genéticos para este carácter realizado por ENGELS (1986), señalan que por lo menos 2 genes dominantes están involucrados en la pigmentación del fruto inmaduro, siendo el color rojo dominante sobre el color verde.

Con relación al descriptor FOF (forma del fruto), la forma oblonga aparece como un estado muy peculiar en los cruces donde participan los clones Forasteros Alto Amazónicos: IMC 67, U 45, U 58, U 68 y POUND 7; así como, el clon H 12, que es un segregante de Forastero Alto Amazónico. Sobre su control genético no existen reportes científicos sobre la herencia de este carácter; sin embargo, el polimorfismo de su expresión se puede atribuir a la presencia de alelos múltiples.

Con respecto al descriptor CBF (constricción basal del fruto), los 2 únicos estados observados: ausente y ligera, con predominio de este último,

permiten inferir que habrían heredado los genes de sus progenitores para estos caracteres. Esta aseveración se apoya en el hecho de que con excepción del árbol híbrido M - 11,5 (ICS 39 x U 45, 5), que tiene como uno de sus progenitores, al clon ICS 39 de constricción basal intermedia, los demás progenitores en todas las cruzas, o bien son de constricción ligera ó ausente. Según Pound, 1932 citado por ENGELS (1986), señala que la herencia de este carácter se debe a un gen recesivo. En muchos cultivares de cacao del grupo Criollo, existe ausencia o ligera constricción basal que han sido heredados en algunos cultivares Trinitarios. Sin embargo, no es una exclusividad, pues existen clones Forasteros, como el CATONGO en que está ausente la constricción basal.

Sobre el descriptor FAF (forma del ápice del fruto), la forma obtusa que fue predominante en estos árboles híbridos, parece ser un carácter muy común en los progenitores Forasteros Alto Amazónicos; puesto que al menos uno participa en estas cruzas. Sin embargo, este carácter también puede presentarse de cruzamientos entre progenitores Trinitarios como es el caso del árbol híbrido I - 1,14 (ICS 95 x ICS 6, 14). Por otro lado, los árboles híbridos M - 18,16 (IMC 67 x U 68, 16) y M - 18,18 (IMC 67 x U 68, 18), que proceden de progenitores Forasteros Alto Amazónicos, exhibieron una forma de ápice agudo, que no es común en este grupo germoplásmico que expresa un marcado polimorfismo respecto a los grupos germoplásmicos: Trinitario y Criollo. Esta aseveración es corroborada por MARITA *et al.*, (2001), quienes con el uso de marcadores moleculares RAPDs,

encontraron mayor variabilidad morfológica en los Forasteros Alto Amazónicos respecto a los Trinitarios y Criollos.

Con respecto al descriptor RUF (rugosidad del fruto), la variación en este carácter de liso hasta intermedio, está en correspondencia con el grado de rugosidad que exhiben los progenitores que participan en las cruzas (Trinitarios x Trinitarios, Trinitarios x Forasteros y Forasteros x Forasteros). Pound, 1932 citado por ENGELS (1986), reporta que un alelo dominante determina el fenotipo rugoso y el alelo recesivo el fenotipo liso del fruto. La variación encontrada entre clones para este carácter y la carencia de estudios genéticos más profundos, no permiten concluir sobre el tipo de segregación de este carácter.

Con relación al descriptor SPL (separación de un par de lomos), solamente se encontró 2 estados: ligero e intermedio, con predominancia del primero sobre el segundo. Sobre el tipo de herencia de este carácter no se encontró reporte alguno en la literatura científica que permita precisar su control genético; v.g., la interacción génica (intra y/o interalélica).

5.1.3 De las semillas

Con relación al descriptor FSL (forma de semilla en sección longitudinal), los resultados muestran que con excepción de los árboles híbridos:

M - 18,16 (IMC 67 x U 68, 16) y M - 18,18 (IMC 67 x U 68, 18), que tuvieron la semilla de forma oblonga, los demás árboles híbridos exhibieron las formas ovada y elíptica, indistintamente de quienes fueran sus progenitores. De las observaciones realizadas en algunos clones: Forasteros, Trinitarios y Complejos, se ha podido establecer una correspondencia entre la forma oblonga o elíptica del fruto con la forma oblonga o elíptica de la semilla en sección longitudinal, respectivamente (GARCÍA, L. comunicación personal).

Con respecto al descriptor FST (forma de semilla en sección transversal), casi todos los árboles híbridos exhibieron una sección transversal intermedia, excepto los árboles híbridos M - 11,5 (ICS 39 x U 45, 5) y M -17,18 (U 68 x ICS 95, 18), que presentaron una sección transversal aplanada. Varios reportes científicos han señalado que la mayoría de los cultivares de cacao del grupo germoplásmico Criollo, exhiben semillas de forma redondeada en sección transversal, y los Forasteros del Alto y Bajo Amazonas, presentan semillas de sección transversal aplanada o intermedia. Aunque no se conoce con precisión su control genético (interacción génica), los resultados encontrados en el material genético estudiado responderían al origen y constitución genética de los progenitores en las cruas.

5.1.4 Del análisis de conglomerados

A un nivel de afinidad de 0.5 (valor absoluto), se pudo determinar 3 conglomerados (Grupo I, Grupo II y Grupo III), y 8 entidades o genotipos independientes.

El Grupo I, formado por los árboles híbridos: ICS 95 x U 58, 16; y U 68 x ICS 6, 11; que se fusionan a una distancia de 0.45 (valor absoluto), se evidencia una corta distancia y en consecuencia, una mayor similitud. Esto se puede explicar por el hecho de que ambos genotipos comparten 2 progenitores Trinitarios y 2 progenitores Forasteros Alto Amazónicos que están estrechamente relacionados ó son afines genéticamente. Cabe precisar que los clones ICS 95 e ICS 6 fueron seleccionados de progenies en el que participaron progenitores Criollos y Forasteros. De igual modo, los clones U 58 y U 68 que son cultivares Forasteros muy relacionados entre sí puesto que fueron colectados en fincas cercanas del distrito de Echarate (Valle de la Convención - Quillabamba), se conocen como cacaos "Chunchos".

El Grupo II, formado por los genotipos: ICS 95 x POUND 7, 20; e ICS 95 x ICS 6, 14; al compararlo con el Grupo I, su menor distancia de agrupamiento permite inferir una mayor semejanza entre ellos. Esto resulta evidente puesto que ambos genotipos tienen como progenitor común al clon ICS 95 (Trinitario) y en el

segundo genotipo, al clon ICS 6 (Trinitario), que está estrechamente relacionado con el ICS 95.

También la corta distancia de los genotipos: IMC 67 x ICS 95, 1 y H 12 x ICS 6, 6; que conforman el Grupo III, es un fiel reflejo de la evidente semejanza o parecido genético entre ellos, debido a que los clones IMC 67 y H 12 poseen muchos caracteres morfológicos en común que le confieren una estrecha afinidad. Además, como ya se mencionó entre los clones ICS 95 e ICS 6 existe una estrecha relación filogenética por la compartición de muchos genes idénticos por descendencia.

A un nivel de afinidad de 1.0 (valor absoluto), se pudo determinar 3 conglomerados: Grupo I, Grupo II, Grupo III y una entidad (genotipo) independiente.

Con relación al Grupo I, formado por los árboles híbridos: ICS 95 x U 58, 16 y U 68 x ICS 6, 11; la interpretación sobre su similitud genética, ya fue explicada anteriormente.

En el Grupo II, el subconglomerado 2.1, formado por los árboles híbridos: ICS 39 x U 45, 5 y UF 613 x POUND 7, 13; se puede señalar que si bien este conglomerado se forma a una distancia mayor que el anterior conglomerado, no exime que exista una cierta similitud entre ellos toda vez de que provienen de

progenitores Trinitarios cruzados con Forasteros Alto Amazónicos. El subconglomerado 2.2 formado por los árboles híbridos: IMC 67 x EET 228, 12; ICS 95 x POUND 7, 20; ICS 95 x ICS 6, 14; ICS 95 x IMC 67, 1; e IMC 67 x UF 613, 18; con excepción de los genotipos IMC 67 x EET 228, 12; e IMC 67 x UF 613, 18; los demás genotipos tienen como progenitor común al clon ICS 95 (Trinitario). Aparentemente el genotipo IMC 67 x EET 228, 12; no debería estar en este conglomerado, pero si lo está, es porque se ha encontrado en un estudio con marcadores moleculares ISSR que el clon EET 228 está muy cercano al clon ICS 95, lo que supondría que se haya derivado de él.

En el Grupo III, subconglomerado 3.1 formado por los árboles híbridos: IMC 67 x ICS 95, 1; y H 12 x ICS 6, 6; su interpretación sobre su similitud genética ya fue explicada anteriormente a un nivel de 0.5 (valor absoluto) de distancia arbitraria. El subconglomerado 3.2 formado por los árboles híbridos: IMC 67 x U 68,16 e IMC 67 x U 68, 18; el buen grado de similitud se explica porque ambos son hermanos completos que provienen del mismo cruce (IMC 67 x U 68), y que estarían compartiendo muchos genes en común.

El árbol híbrido U 68 x ICS 95, 18; que se constituyó en la única entidad o genotipo independiente que no formó ningún conglomerado con el resto; pero que sí lo hizo a un nivel superior de afinidad (1.55), se explicaría por un evidente polimorfismo y/o alto grado de heterocigosidad del mismo.

Una forma de validar los análisis de agrupamiento de tipo jerárquico, es analizar la concordancia del dendrograma con la matriz de afinidad a través de una estadística clásica denominada “prueba de bondad de ajuste” en la que se estima un coeficiente de correlación cofenética (CCC). Esta herramienta permite el ajuste del dendrograma a los valores de afinidad, o lo que es lo mismo medir la distorsión, ya que las relaciones de afinidad son necesariamente distorsionadas al ser llevadas a una representación bidimensional (CRISCI y LÓPEZ, 1983).

Una alta correlación (R) entre matrices es una señal de poca distorsión y se interpretará como que las relaciones implícitas en la matriz de afinidad están siendo reflejadas con mayor fidelidad. El programa PAST versión 1.43, que nos arrojó un valor de $CCC = 0.87$, se interpreta como muy bueno de acuerdo a la escala propuesta por SNEATH y SOKAL (1973), indicándonos una buena representación de la matriz de afinidad por parte del dendrograma. CRISCI y LÓPEZ (1983), señalan que se debe tener en claro que un alto valor del coeficiente de correlación cofenético, es sólo una medida de poca distorsión en la técnica empleada y nó de una buena o mala clasificación.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se puede llegar a las siguientes conclusiones:

1. La caracterización morfológica de flores, dependiendo del carácter estudiado, muestra una moderada variación fenotípica, excepto el número de óvulos/ovario cuyo rango de variabilidad fue amplio.
2. La caracterización morfológica cualitativa de los frutos, en cambio, muestra respuestas muy variables, según el carácter estudiado.
3. La caracterización morfológica cualitativa de las semillas, muestra un rango de variación de moderada a ligera, según el carácter estudiado.
4. Se determinaron tres grupos o conglomerados conspicuos a dos niveles diferentes de afinidad (0.5 y 1.0). En los grupos II y III, el mayor o menor grado de similitud dependió del origen de los progenitores en sus cruzas.

5. Los conglomerados formados por los árboles híbridos: ICS 95 x POUND 7, 20 con ICS 95 x ICS 6, 14; ICS 95 x U 58, 16 con U 68 x ICS 6, 11; e IMC 67 x ICS 95, 1 con H 12 x ICS 6, 6; alcanzaron las menores distancias euclidianas y por consiguiente, las mayores similitudes fenéticas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de caracterización morfológica incluyendo un mayor número de descriptores cualitativos que incluyan los órganos reproductivos (flores, frutos y semillas) del cacao.
2. Para una mejor y completa evaluación de la diversidad genética del cacao, se sugiere complementar el análisis de clasificación con un análisis de ordenación, como por ejemplo, el análisis de componentes principales.
3. Se sugiere también complementar el análisis morfológico con el análisis molecular utilizando mayor número de accesiones y el uso de marcadores moleculares dominantes: AFLP (Polimorfismo de la longitud de fragmentos amplificados), y/o codominantes: SSR (Secuencias simples repetidas) ó microsatélites.

VIII. RESUMEN

Con el objeto de realizar la caracterización morfológica y la clasificación intraespecífica de 14 árboles híbridos de cacao mediante métodos de disimilaridad en un análisis de conglomerados, se llevó a cabo este ensayo en Tulumayo, de Octubre del 2007 hasta abril del 2008.

Como material genético se utilizó 14 árboles híbridos de cacao, estudiándose 15 caracteres morfológicos (14 cualitativos y 1 cuantitativo). Para ello se utilizó una lista de descriptores morfológicos estándar procedente de la Universidad de las Indias Occidentales de Trinidad y Tobago. Esta lista incluyó caracteres morfológicos de flores, frutos y semillas. Sólo para el carácter cuantitativo: número de óvulos/ovario (NOO), se utilizó estadísticos de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar y coeficiente de variación). En el análisis de conglomerados, se utilizó el método de ligamiento promedio (UPGMA) y para evaluar la correspondencia entre la matriz de afinidad y el dendrograma, elaborado se utilizó la correlación cofenética.

Los resultados de la caracterización morfológica cualitativa de las flores mostró una variación fenotípica ligera a moderada; en cambio, para el número de óvulos/ovario (NOO), su variación fue amplia. Con respecto a los caracteres morfológicos cualitativos de frutos y semillas, fue evidente una mayor variación cuya magnitud dependió del carácter evaluado.

El análisis de conglomerados permitió determinar 3 grupos (I, II y III) y 8 entidades independientes a un nivel de afinidad de 0.5, y 3 grupos (I, II y III) y una entidad independiente a un nivel de afinidad de 1.0; siendo los conglomerados: ICS 95 x POUND 7, 20 con ICS 95 x ICS 6, 14; ICS 95 x U 58, 16 con U 68 x ICS 6, 11; IMC 67 x ICS 95, 1 con H 12 x ICS 6, 6; los que presentaron las menores distancias euclidianas y por consiguiente, las mayores similitudes.

En futuros estudios de Clasificación Intraespecífica, se sugiere complementar las técnicas de análisis de conglomerados con técnicas de ordenación, tanto a nivel morfológico como a nivel molecular.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. AYCACHI, S. M. 2007. Caracterización Morfológica y Relaciones de Similitud Fenotípica de 21 clones de Cacao (*Theobroma cacao* L.) de la colección Introducida – B, en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María - Perú. 66 p.
2. BARTLEY, B.G.D. 1964. Genetic studies. In Imperial College of Tropical Agriculture. Annual Report on Cacao Research 1963. St. Augustine, Trinidad. 32 p.
3. BEKELE, F. L. y BUTLER, D. 2000. Proposed List of cocoa descriptors for characterization. In: Working procedures for cocoa germplasm evaluation and selection of the CFC/ICCO/IPGRI project workshop (A.B. Eskes; J.M. Engels & R.A. Lass, Eds) 1 - 6 February 1998. Montpellier, France. IPGRI. 41 – 48 p.

4. BEKELE, F; KENNEDY, A; MCDAVID, C; LAUCKNER, B y BEKELE, I. 1994. Numerical taxonomic studies on cacao (*Theobroma cacao* L.) in Trinidad. *Euphytica* 75:231 – 240.

5. BENITO, S. J. A. 1991. *Tecnificación del Cacao en la Amazonía Peruana*. Fundación para el desarrollo de la Amazonía Peruana (FUNDEAGRO). Lima, Perú. 156 p.

6. CANO, G y MARROQUÍN, J; 1994. *Taxonomía de Plantas Superiores*. 1ª edición. Editorial TRILLAS. México. 359p.

7. CRISCI, J. y LÓPEZ, M. 1983. *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (OEA). Washington, DC. 132p.

8. CROSSA, J., H.I. DE LACY y S. TABA. 1995. The use of multivariate methods in developing a core collection. P. 77 – 92. En: T. Hopkin; H. Brown and E. Morales (Ed.) *Core collection of Plant Genetic Resources*, John Willey and Son. U.K.

9. CROUZILLAT, D.; MÉNARD, B.; MORA, A.; PHILLIPS, W.; PÉTIARD, V. 2000. Quantitative trait loci analysis in *Theobroma cacao* using molecular

markers. Yield QTL detection and stability over 15 years. *Euphytica* 114:13-23.

10. CUATRECASAS, J. 1964. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contribution US Herbarium* 35: 379–614.
11. CUBILLOS, G. 1990. Origen, historia e importancia del cacao. En Seminario Nacional de Cacao con Énfasis en Rehabilitación de Plantaciones. *Revista ICA, N° 13*, Manizales, Colombia.
12. CHESMAN, E. E. 1944. Fertilization and embryogeny in (*Theobroma cacao* L.). *Ann. Of. Bot.* 41 (161): 107-127.
13. CHÍA WONG, J. 2009. Caracterización genética y molecular mediante marcadores ISSR de una colección de 50 árboles clonales e híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la UNAS – Tingo María. Tesis Magíster en Biología Molecular. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú. 117p.
14. DE CASTRO, C. T. G. e D.B. BARTLEY, G. 1989. Caracterizado dos recursos genéticos de cacauero. Holha, fruto e semente de selecciones de Bahía dos series SIC e SIAL. *Theobroma (B)* 13 (3): 263-273.

15. DELGADO DE LA FLOR, F., H. SANCHEZ. 1981. *Genética Avanzada*. Peru, C. P. I. A. La Molina. Cap. 17.
16. ENGELS, M. M. 1986. *The systematic description of cacao clones and its significance for taxonomy and plant breeding*. Doctoral thesis. Agricultural University. Wageningen. The Netherlands. 125p.
17. ENGELS, M. M.; D. B. BARTLEY G. y ENRIQUEZ. 1980. *Cacao Descriptores, their Stats and modus Operandi*, Turrialba (CR). 30 (2): 209-218.
18. ENRIQUEZ, G. A. y SORIA, J. 1965. *Selección y estudio de los caracteres útiles de la flor para la identificación y descripción de cultivares de cacao*. *Proceedings of the Caribbean Region. American Society for Horticultural Science* 8: 139 – 158.
19. FRANCO, T. e HIDALGO, R. (eds.) 2003. *Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos*. Boletín técnico N° 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89p.
20. GARCÍA, C. L. F. 2000. *Recursos genéticos y mejoramiento del cacao*. Contradrogas. 18p.

21. GARCÍA, C. L. 2009. Catálogo de cultivares de cacao del Perú. Ministerio de Agricultura-DGCA. Lima. 108 p. (en prensa).
22. GONDAR NORES, J. E. 2000. Análisis Cluster. (En línea): (www.Estadistico.com./crets.html).
23. GONZÁLES – ANDRÉS, F. 2001. Conservación y Caracterización de Recursos Fitogenéticos. Publicaciones INEA, Valladolid, España, 279 p.
24. GUERRERO, C. J. 2005. "Estudio Taxonómico Intra específico de 48 Genotipos de Cacao (*Theobroma cacao* L.) de la Colección Ucayali-Urubamba" de la UNAS en la Selva Central de Peru. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María-Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 83 p.
25. KRUG, C.; QUARTEY PAPAPIO, E. 1964. Revisión de Cacao Mundial. Roma, FAO. 242 p.
26. LACHENAUD, P. 1997. Genetic/Taxonomic Structuring of the *Theobroma cacao* L, Species Fresh Hypotheses. Ingenic Newsletter, N° 3. October, 2007. pp:10-11

27. LEÓN, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. IIC. San José, Costa Rica. 445p.
28. LÓPEZ, O.; ENRIQUEZ, G. y SORIA, J. 1985. Metodología para el recuento del número de óvulos por ovario en cacao (*Theobroma cacao* L.). Rev. Cacaotero Colombiano. N° 31. 30 – 35 p.
29. LÓPEZ, O.; ENRIQUEZ, G. y SORIA, J. 1988. Herencia del número de óvulos por ovario en *Theobroma cacao* L. Turrialba, Costa Rica. 38(3):163- 167
30. MARITA, J.M.; NIENHUIS, J.; PIREX, J. Y AITKEND, W.M. 2001. Analysis of Genetic Diversity in *Theobroma cacao* with Emphasis on Witches Broom Disease Resistance. Crop Science. Volumen 41 pp. 1305 – 1316. Crop Science Society of América.
31. M & O CONSULTING. 2008. Caracterización del Potencial Genético del Cacao en el Perú. Informe de Consultoría: 24/2007/PNRC/LOTE 1. M & O Consulting SAC. Lima. 143 p.
32. MOTAMAYOR J. C, RISTERUCCI A. M, LOPEZ P. A, ORTIZ C. F, MORENO A, LANAUD C (2002). Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas. Heredity 89: 380 - 386.

33. NUÑEZ R. M, 2007. Perspectivas del Cacao en la Región Andina. En: III Taller Regional Andino y V Encuentro Nacional de Cacao: "Hacia la Calidad Integral del Cacao en la Región Andina". IICA – Perú. 18 - 21p
34. PAST, 2006. Palaeontological Statistics. Versión 1.43.
35. QUEROL, D. 1988. Recursos genéticos: nuestro tesoro olvidado. Industria Gráfica, S.A., Lima - Perú, 218p
36. SNEATH, P. H. A. SOKAL, R. R. 1973. Numerical Taxonomy: The principle and Practice of Numerical Classification, Freeman, San Francisco, ca. USA, 573 p.
37. TOXOPEUS, H. 1969. Cacao. In Ferwerda, F.; Wit, F. eds. Outlines of perennial Crop Breeding in the Tropics. Misc. Papers 4. Wageningen. The Netherlands. Landbouwhogeschool Agric. Univ. p. 81 – 109.
38. WOOD, G. A. R. 1982. Cacao. Ed. Continental. S.A. México, 363p.
39. WOOD, G & R. LASS. 1985. Cocoa. 4 ed. Trop. Agric. Series. Longman, London. 620 p.

X. ANEXO

Cuadro 7. Descriptores morfológicos de flores y sus estados de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao

Código	Genealogía	ABF	ALP	AFE	ASO	NOO	COG
I - 1,14	ICS 95 x ICS 6, 14	1	0	0	1	1	1
I - 6,13	UF 613 x POUND 7, 13	1	0	0	1	1	0
I - 8,18	IMC 67 x UF 613, 18	0	1	0	0	2	0
I - 12,12	IMC 67 x EET 228, 12	1	0	0	0	1	0
I - 14,20	ICS 95 x POUND 7, 20	1	0	0	1	1	0
I - 15,1	ICS 95 x IMC 67, 1	1	0	0	1	1	1
I - 17,1	IMC 67 x ICS 95, 1	0	1	1	0	1	1
M - 1,6	H 12 x ICS 6, 6	0	0	1	0	1	1
M - 6,16	ICS 95 x U 58, 16	0	1	0	0	1	0
M - 8,11	U 68 x ICS 6, 11	0	1	0	0	1	1
M - 11,5	ICS 39 x U 45, 5	1	0	0	1	1	0
M - 17,18	U 68 x ICS 95, 18	0	1	0	0	2	0
M - 18,16	IMC 67 x U 68, 16	0	1	0	0	1	0
M - 18,18	IMC 67 x U 68, 18	0	1	1	0	2	1

ABF = Antocianina en el botón floral.

ALP=Antocianina en la lígula del pétalo.

AFE=Antocianina en el filamento estaminal.

ASO= Antocianina en la parte superior del ovario.

NOO = Número Óvulos/ovario.

COG= Compatibilidad genética

Cuadro 8. Media (\bar{X}), desviación estándar (S) y coeficiente de variabilidad (CV) del número de óvulos/ovario (NOO) de 14 árboles híbridos seleccionadas de cacao

Código	Genealogía	1	2	3	4	Total	\bar{X}	S	CV
I - 1,14	ICS 95 X ICS 6, 14	46	53	48	46	193	48.25	3.3040379	6.847747
I - 6,13	UF 613 x POUND 7, 13	47	46	45	46	184	46	0.8164966	1.7749926
I - 8,18	IMC 67 x UF 613, 18	56	55	53	56	220	55	1.4142136	2.5712974
I - 12,12	IMC 67 x EET 228, 12	46	50	48	48	192	48	1.6329932	3.4020691
I - 14,20	ICS 95 x POUND 7, 20	43	44	43	42	172	43	0.8164966	1.8988293
I - 15,1	ICS 95 x IMC 67, 1	48	46	47	47	188	47	0.8164966	1.7372268
I - 17,1	IMC 67 x ICS 95, 1	43	48	53	48	192	48	4.0824829	8.5051727
M - 1,6	H 12 x ICS 6, 6	46	43	48	48	185	46.25	2.3629078	5.1089899
M - 6,16	ICS 95 X U 58, 16	46	44	42	44	176	44	1.6329932	3.7113481
M - 8,11	U 68 X ICS 6, 11	42	43	46	46	177	44.25	2.0615528	4.6588764
M - 11,5	ICS 39 X U 45, 5	46	47	43	45	181	45.25	1.7078251	3.7741992
M - 17,18	U 68 x ICS 95, 18	51	50	52	51	204	51	0.8164966	1.6009737
M - 18,16	IMC 67 x U 68, 16	47	49	52	48	196	49	2.1602469	4.4086671
M - 18,18	IMC 67 x U 68, 18	52	51	50	51	204	51	0.8164966	1.6009737
Promedio de las Observaciones		47.07	47.79	47.86	47.57		47.57	1.745	3.686
Desviación Estándar		3.77	3.75	3.78	3.44				
Coeficiente de Variación		8.01	7.84	7.89	7.22				

Cuadro 9. Compatibilidad genética de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao

Código	Genealogía	N° flores polinizadas	N° flores prendidas			COG
			3° día	7° día	Total	
I - 1,14	ICS 95 x ICS 6, 14	10	6	0	0	AIC
I - 6,13	UF 613 x POUND 7, 13	10	9	5	5	AC
I - 8,18	IMC 67 x UF 613, 18	10	10	6	6	AC
I - 12,12	IMC 67 x EET 228, 12	10	8	6	6	AC
I - 14,20	ICS 95 x POUND 7, 20	10	6	6	6	AC
I - 15,1	ICS 95 x IMC 67, 1	10	7	4	4	AIC
I - 17,1	IMC 67 x ICS 95, 1	10	4	1	1	AIC
M - 1,6	H 12 x ICS 6, 6	10	7	2	2	AIC
M - 6,16	ICS 95 x U 58, 16	10	6	5	5	AC
M - 8,11	U 68 x ICS 6, 11	10	5	4	4	AIC
M - 11,5	ICS 39 x U 45, 5	10	6	5	5	AC
M - 17,18	U 68 x ICS 95, 18	10	7	6	6	AC
M - 18,16	IMC 67 x U 68, 16	10	8	5	5	AC
M - 18,18	IMC 67 x U 68, 18	10	7	3	3	AIC

COG= Compatibilidad genética.

Cuadro 10. Descriptores morfológicos cualitativos de frutos y sus estados de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao

Código	Genealogía	CFI	FOF	CBF	FAF	RUF	PSP	SPL
I - 1,14	ICS 95 x ICS 6, 14	3	2	0	3	3	5	5
I - 6,13	UF 613 x POUND 7, 13	3	1	1	2	3	5	3
I - 8,18	IMC 67 x UF 613, 18	2	1	1	3	3	5	5
I - 12,12	IMC 67 x EET 228, 12	3	2	1	3	5	5	5
I - 14,20	ICS 95 x POUND 7, 20	3	2	1	3	3	5	5
I - 15,1	ICS 95 x IMC 67, 1	3	1	0	3	5	5	5
I - 17,1	IMC 67 x ICS 95, 1	2	1	1	3	5	5	3
M - 1,6	H 12 x ICS 6, 6	1	1	1	2	5	5	3
M - 6,16	ICS 95 x U 58, 16	2	1	1	2	3	3	3
M - 8,11	U 68 x ICS 6, 11	2	2	1	1	3	3	3
M - 11,5	ICS 39 x U 45, 5	3	1	1	3	5	5	3
M - 17,18	U 68 x ICS 95, 18	1	1	1	1	0	3	3
M - 18,16	IMC 67 x U 68, 16	2	2	1	2	5	5	3
M - 18,18	IMC 67 x U 68, 18	2	1	1	2	5	5	3

CFI = Color del fruto inmaduro.

FOF = Forma del fruto.

CBF = Constricción basal del fruto.

FAF = Forma del ápice del fruto.

RUF = Rugosidad de la superficie del fruto.

PSP = Profundidad de surcos primarios.

SPL = Separación de un par de lomos.

Cuadro 11. Descriptores morfológicos cualitativos de semillas y sus estados de 14 árboles híbridos seleccionados de cacao

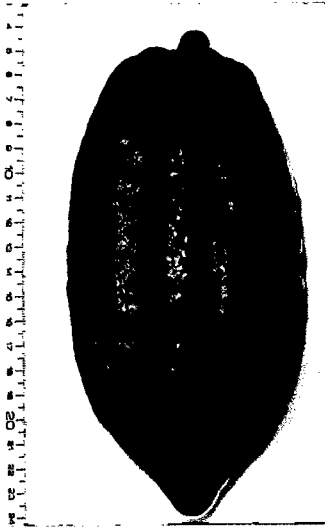
Código	Genealogía	FSL	FST
I - 1,14	ICS 95 x ICS 6, 14	3	3
I - 6,13	UF 613 x POUND 7, 13	5	3
I - 8,18	IMC 67 x UF 613, 18	5	3
I - 12,12	IMC 67 x EET 228, 12	3	3
I - 14,20	ICS 95 x POUND 7, 20	3	3
I - 15,1	ICS 95 x IMC 67, 1	5	3
I - 17,1	IMC 67 x ICS 95, 1	3	3
M - 1,6	H 12 x ICS 6, 6	3	3
M - 6,16	ICS 95 x U 58, 16	5	3
M - 8,11	U 68 x ICS 6, 11	5	3
M - 11,5	ICS 39 x U 45, 5	5	1
M - 17,18	U 68 x ICS 95, 18	3	1
M - 18,16	IMC 67 x U 68, 16	1	3
M - 18,18	IMC 67 x U 68, 18	1	3

FSL = Forma de la semilla en sección longitudinal.

FST = Forma de la semilla en sección transversal.



I - 1,14



I - 6,13



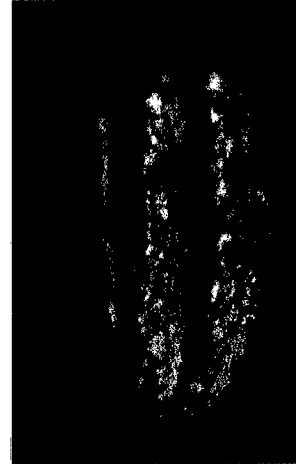
I - 8,18



I - 12,12

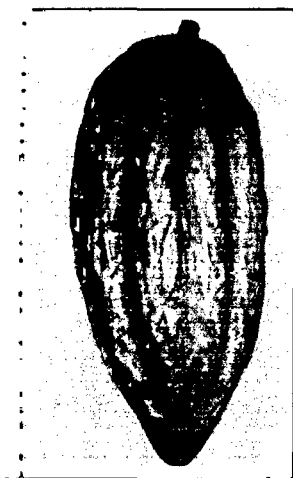


I - 14,20

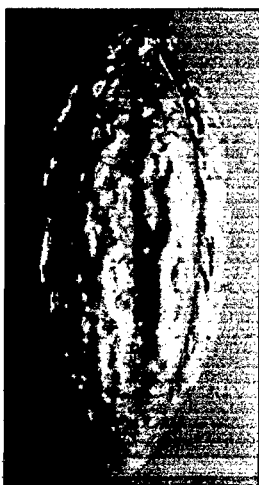


I - 15,1

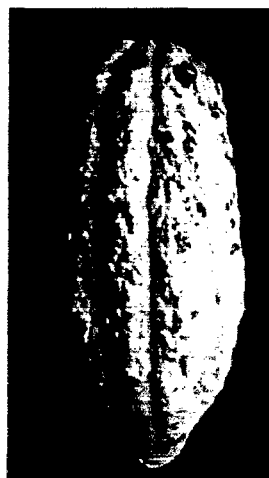
Figura 6. Frutos de los árboles híbridos seleccionados de cacao Internacionales (cruces I x I).



I - 17,1



M - 1,6



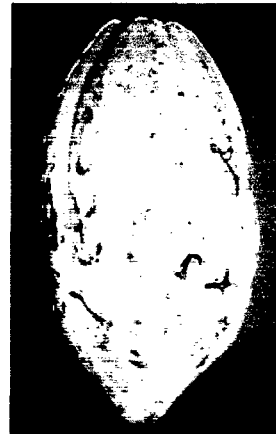
M - 6,16



M - 8,11



M - 11,5



M - 17,18

Figura 7. Frutos de los árboles híbridos seleccionados de cacao Misceláneos (cruces I x U, I x H).



M – 18,16



M – 18,18

Figura 8. Frutos de los árboles híbridos seleccionados de cacao Misceláneos (cruces I x U, I x H).