

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**



**Caracterización agronómica y morfológica de fruto y  
semilla de cuatro clones promisorios de cacao  
(*Theobroma cacao* L.), Kimbiri, Cusco**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGROFORESTAL**

**PRESENTADO POR:  
Fredy Prado Maciso**

**Ayacucho – Perú**

**2019**

*A Dios:*

*Por darme vida y salud, e inspirarme en todo momento de mi vida.*

*A mi esposa Gloria y a mis hijas por ser mi fortaleza en mi vida cotidiana, apoyo y comprensión.*

*A mis padres quienes en vida fueron: Melchor y Faustina, que me dan fuerza y vigilancia de mis pasos que doy.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater de mi formación profesional por acogerme en su prestigioso ambiente.

A la gloriosa Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal - Pichari.

A los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroforestal, por las enseñanzas impartidas durante mi formación profesional.

A la asociación de productores “CACAO VRAE”, por permitirme realizar el presente trabajo de investigación en la parcela de jardín clonal.

Al Ing. Edison Rodríguez Palomino, por su asesoramiento, apoyo y oportunas sugerencias para mejor desarrollo de mi investigación.

De manera especial a mis amigos, compañeros del trabajo y a la Escuela de Ingeniería Agroforestal – Pichari.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras.....	viii
Índice de anexos.....	x
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
1.1. Historia.....	15
1.2. Origen.....	16
1.3. Distribución.....	16
1.4. Clasificación taxonómica.....	17
1.5. Características botánicas .....	17
1.5.1. La planta.....	17
1.5.2. El tallo .....	17
1.5.3. Las hojas .....	18
1.5.4. La flor.....	18
1.5.5. El fruto .....	18
1.5.6. Semilla .....	18
1.5.7. Variedades.....	18
1.6. Grupos genéticos.....	19
1.6.1. Cacao forastero .....	19
1.6.2. Cacao criollo .....	19
1.6.3. Cacao trinitario.....	20
1.7. Caracterización y evaluación de germoplasma.....	20
1.8. Caracterización morfológica.....	21
1.9. Recursos genéticos de cacao .....	23

1.9.1. Colecciones internacionales de germoplasma de cacao.....	24
1.9.2. Colecciones nacionales de germoplasma de cacao .....	25
1.9.3. Bancos de germoplasma y semilleros de cacao del PNUD .....	26

## **CAPÍTULO II**

<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>29</b>
2.1. Ubicación .....	29
2.2. Características climáticas .....	29
2.3. Diseño experimental .....	32
2.4. Materiales en estudio .....	32
2.5. Características evaluadas .....	32
2.5.1. Características morfológicas del fruto (X1).....	32
2.5.2. Características morfológicas de la semilla (X2) .....	32
2.5.3. Características agronómicas de productividad (X3) .....	33
2.5.4. Características de productividad .....	33
2.5.5. Características morfológicas del fruto .....	33
2.5.6. Características morfológicas de la semilla.....	36
2.6. Procedimiento de datos .....	37
2.7. Criterios de evaluación.....	39

## **CAPÍTULO III**

<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
3.1. Características morfológicas del fruto del cacao.....	40
3.2. Características morfológicas de las semillas de cacao .....	42
3.3. Características agronómicas .....	44
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>56</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>61</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1.1. Clasificación taxonómica.....	17
Tabla 1.2. Bancos de germoplasma y semilleros de cacao (UNDCP/UNOPS, 1996).....	27
Tabla 2.1. Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico del año 2018, Estación Meteorológica de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	30
Tabla 3.1. Características morfológicas del fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la Asociación de Productores “CACAO VRAE”, en el Sector Aeropuerto, Distrito de Kimbiri, La Convención – Cusco.....	40
Tabla 3.2. Características morfológicas de la semilla de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la Asociación de Productores CACAO VRAE”, en el Sector Aeropuerto, Distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	42
Tabla 3.3. Análisis de la variancia para la longitud de fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	44
Tabla 3.4. Análisis de la variancia para el diámetro de fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	44
Tabla 3.5. Análisis de la variancia para el peso del fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	46
Tabla 3.6. Análisis de la variancia para el número de semillas por fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	47
Tabla 3.7. Análisis de la variancia del peso de la semilla con testa de cuatro	

	clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	49
Tabla 3.8.	Análisis de la variancia del peso de la testa de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	49
Tabla 3.9.	Análisis de la variancia del peso de la semilla sin testa (cotiledón) de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	50
Tabla 3.10.	Análisis de la variancia del índice de mazorca clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	52
Tabla 3.11.	Análisis de la variancia del rendimiento de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Pág.</b>
Figura 2.1.	Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico del año 2018, de la Estación Meteorológica de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	31
Figura 2.2.	Forma de determinar la constricción basal en los distintos frutos de cacao.....	33
Figura 2.3.	Descripción de la forma de distintos frutos de cacao.....	34
Figura 2.4.	Descripción de la forma apical en distintos frutos de cacao.....	34
Figura 2.5.	Color de fruto del cacao.....	35
Figura 2.6.	Forma de determinar la rugosidad del fruto del cacao.....	35
Figura 2.7.	Profundidad de surcos de la cascara del cacao.....	36
Figura 2.8.	Descripción de la separación de par de lomos.....	36
Figura 2.9.	Forma de la semilla en sección longitudinal .....	37
Figura 2.10.	Forma de la semilla en sección transversal.....	37
Figura 3.1.	Prueba de Tukey para la longitud y diámetro del fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	45
Figura 3.2.	Prueba de Tukey para el peso de fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	46
Figura 3.3.	Prueba de Tukey para el número de semillas por fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	48
Figura 3.4.	Prueba de Tukey para peso de la semilla total, peso de la testa y peso de la semilla sin testa (cotiledón) de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	51
Figura 3.5.	Prueba de tukey del índice de mazorca de cuatro clones de cacao	

	en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.....	52
Figura 3.6.	Prueba de Tukey para el rendimiento de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo 1. Costos de evaluación .....	62
Anexo 2. Caracterización morfológica del fruto de clones promisorios de cacao VRAE .....	63
Anexo 3. Caracterización morfológica de la semilla de cuatro clones promisorios del VRAE .....	67
Anexo 4. Características agronómicas de cuatro clones promisorios del cacao VRAE .....	69
Anexo 5. Panel fotográfico.....	72

## RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de conocer las características agronómicas y morfológicas del fruto y semilla de cuatro clones promisorios de cacao *Theobroma cacao*. Para la recolección de los datos, se utilizó el muestreo aleatorio simple, consistente en 20 mazorcas por clon y 20 semillas por mazorca por clon. Para los datos cualitativos se utilizó el descriptor propuesto por García (2010); mientras para los datos cuantitativos, se efectuó el ANVA y la correspondiente prueba de Tukey. Según las características morfológicas del fruto, los clones VRAE 15 y VRAE 52, tienen características similares, en la constricción basal del fruto tipo intermedia, forma de ápice de fruto tipo atenuado, rugosidad del fruto, profundidad del surco y separación de un par de lomos tipo ligero; los clones VRAE 15 y VRAE 81, tienen afinidad en la constricción basal del fruto tipo intermedia, forma de fruto abovado, de color anaranjado y cáscara suave; los clones VRAE 52 y VRAE 99, tienen características similares, respecto a la forma de fruto tipo oblonga de color amarillo y cáscara dura. Y los clones VRAE 52 y VRAE 81, se asemejan sólo en la constricción basal de tipo intermedia. Según las características morfológicas de la semilla, los clones VRAE 15, VRAE 81 y VRAE 99, tienen características similares, en la forma de la semilla en sección transversal de tipo intermedio; los clones VRAE 15 y VRAE 52, tienen color de cotiledón violeta; los clones VRAE 52 y VRAE 99, presentan forma de la semilla en sección longitudinal tipo oblonga. Y los clones VRAE 81 y VRAE 99, se asemejan en la forma de la semilla en sección transversal tipo intermedio y color de cotiledón morado. Según las características agronómicas, los clones VRAE 52 y VRAE 99, tienen mejores cualidades respecto a los caracteres longitud, diámetro y peso de fruto, seguido por VRAE 15. Los clones VRAE 52, VRAE 99 y VRAE 15, tienen mayor número de semillas. Y el clon VRAE 52, tiene mejores atributos en peso de semilla con testa y sin testa, tamaño de semilla en función del peso seco de la semilla, índice de mazorca y rendimiento, seguido por los clones VRAE 15 y VRAE 99.

**Palabra clave:** Característica agronómicas, características morfológicas y cacao.

## INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un cultivo de gran importancia económica y tradicional para la economía nacional, que genera divisas a través de la exportación del cacao en grano y de productos con valor agregado y derivados tales como manteca, polvo, licor, pasta y cascara; el Perú es considerado como el 2do país exportador de cacao orgánico en el mundo, generando un promedio de 33,000 puestos de trabajo para los agricultores a nivel nacional.

En el Perú se cultiva el cacao aproximadamente en 63,000 hectáreas que producen cerca de 35,000 toneladas anuales de grano de cacao, de los cuales 11,000 toneladas son procedentes del VRAEM, de una superficie cultivada de 20,000 hectáreas; y se estima que el VRAEM existe una frontera agrícola no utilizado de 57,000 hectáreas aproximadamente, los cuales son tierras aptas para el cultivo de cacao, el cual convierte al VRAEM, en una zona potencial productora de cacao. La creciente de nichos de mercados especiales para el grano cacao, aparte de ser orgánicos en el mundo, como el comercio justo para cacaos finos aromáticos el cual existe en el VRAEM, por la amplia gama de germoplasma existente, a pesar de la introducción de clones internacionales que carecen de estos atributos poniendo en riesgo la posibilidad de perderse la calidad natural del cacao fino aromático del VRAEM, (M &O CONSULTING S.A.C., 2008).

La descripción de las características agronómicas y morfológicas del fruto y semilla de cacao, permiten establecer parámetros que representen al cultivar y que faciliten diferenciar o comparar con los referidos y otros cultivares de cacao de la zona. Tal es así, considerando que la asociación de productores “CACAO VRAE” cuenta con un jardín clonal de cacao, ubicado en el sector aeropuerto, distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco; para el presente trabajo de investigación, se ha seleccionado los clones promisorios de cacao VRAE 52, VRAE 99, VRAE 81 y VRAE 15, los cuales tienen características deseables para el agricultor, como la alta capacidad productiva y

tolerancia a las plagas y enfermedades; así mismo por sus cualidades industriales porque son requeridas en el mercado, principalmente para la fabricación de chocolates especiales, y con precios plus sobre la bolsa de valores del mercado internacional.

Considerando que el resultado de la investigación, representa un aporte no sólo para la protección, conservación y desarrollo de los cultivares de cacao existentes en el VRAE; sino para fortalecer la cadena productiva y sensibilizar a los Gobiernos Regionales y Locales, así como a las instituciones públicas y privadas y organizaciones ligadas a esta actividad, a desarrollar estudios y políticas que conlleven al uso potencial y sostenible de estos valiosos recursos genéticos, contribuyendo a mejorar la productividad y lograr la competitividad de este importante producto de exportación; se ha fijado los siguientes objetivos.

1. Describir las características morfológicas del fruto de cuatro clones promisorios del *Theobroma cacao L.* en Valle Rio Apurímac.
2. Describir las características morfológicas de la semilla de cuatro clones promisorios del *Theobroma cacao L.* en Valle Rio Apurímac.
3. Evaluar las características agronómicas del fruto y semilla de cuatro clones promisorios de cacao (*Theobroma cacao L.*) para determinar la variación y relación entre los clones en estudio.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. HISTORIA**

INTA (2010) señala que el árbol del cacao crecía de forma natural en diversos países de la zona tórrida de América, pero mayormente en México, en las provincias de Nicaragua y Guatemala, así como en las riberas del Amazonas. Asimismo, sobre la costa atlántica de Nicaragua (desde Comana a Cartagena) y en la entonces llamada Isla Dorada (en el Golfo de Darién, entre Panamá y Colombia). Algunos árboles de cacao también crecían de forma natural en los bosques de Martinica. Los españoles y los portugueses fueron los primeros en recibir información por parte de los indios acerca del fruto del cacao, información que mantuvieron durante mucho tiempo para sí mismos, sin darla a conocer a otras naciones. Estas sabían tan poco del cacao, que unos corsarios holandeses, ignorando el valor de algunos ejemplares, los lanzaron con descontento en el mar, al ser llamados estos frutos “cacura de carnero”, estiércol para animales, por los indiferentes españoles.

En 1649 se plantó el primer árbol de cacao, en el jardín de un inglés, habitante de la isla de la Santa Cruz. En 1665, los habitantes mostraron al señor du Parepet, gobernador de Martinica, un árbol de cacao en los bosques de la isla. Este descubrimiento resultó en la vista de muchos de la misma clase, en los bosques de Capesterre de Maria Galante, en la misma isla. Y es probable que las semillas extraídas de aquellos frutos fuesen las que servirían después para todas las demás plantaciones de cacao que se llevasen a cabo desde entonces. Un judío llamado Benjamin plantó el primer árbol hacia 1660, pero pasarían entre veinte y veinticinco años antes de que los habitantes de Martinica comenzasen un cultivo serio de árboles de cacao, así como los viveros de los mismos.

El árbol del cacao necesita un suelo nivelado y húmedo, que no se vea expuesto a los vientos. Un suelo fresco, y virgen a ser posible.

El árbol del cacao es moderadamente alto y grueso, y su supervivencia depende de la calidad del suelo donde crece. En la costa de Nicaragua, por ejemplo, crece considerablemente más alto que en las entonces colonias y actuales dependencias de Francia. Las hojas tienen una longitud de 22.9 cm y 10.2 cm de ancho, en su punto más amplio, ya que crecen en menor longitud y amplitud hacia sus dos extremidades, terminando en un punto de color oscuro, aunque más claro en la superficie que por debajo de la misma.

Las flores, que son parecidas a la rosa, pero muy pequeñas y sin aroma, surgen donde van cayendo las hojas. Si se examinan bajo el microscopio, se notan unos tonos plateados y los pistilos son como el cristal. El fruto está contenido en el interior de una cáscara, que en cuatro meses alcanza su forma más desarrollada, parecida al pepino. La parte más baja es afilada y recuerda al melón.

## **1.2. ORIGEN**

INTA (2010) menciona que la planta del cacao es en estado silvestre originaria de la cuenca del Amazonas, en Sudamérica. Aún no existe certeza de si llegó a México en estado silvestre, dispersada por roedores, monos y murciélagos, o como cultivo. Como haya sido, lo cierto es que el cacao que se consumía en Mesoamérica, y que fue el que cautivó los paladares del mundo entero, es un producto esencialmente mexicano. Si bien en Sudamérica existen especies cultivadas de cacao, algunas de sus características indican que el proceso de domesticación fue distinto en aquella zona y en Mesoamérica. La clave está en el sabor, si bien el cacao sudamericano el del tipo conocido como forastero da más frutos que el criollo el originario de México, sus granos son más amargos.

## **1.3. DISTRIBUCIÓN**

GUEVARA (2015) indica que el cacao está distribuido en las tierras bajas tropicales y se cultiva principalmente entre los 20° latitud norte y 20° de latitud sur. Sin embargo, las mejores plantaciones están localizadas entre 15° de latitud norte y 10° latitud sur. En América, el cacao se cultiva desde el sur de México hasta Brasil y Bolivia. La distribución natural del cacao en Suramérica alcanza hasta los 15° de latitud sur, en los ríos Alto Beni y Mamoré del territorio boliviano y por el norte hasta cerca de los 10° de latitud en los límites de los llanos venezolanos por las vertientes bajas de las sierras de

Parimá, que dividen a Venezuela de Brasil. Los agricultores Mayas fueron los primeros en cultivar el cacao en América Central y en especial en México.

#### 1.4. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El cultivo de cacao se clasifica de la siguiente manera

**Tabla 1.1.** Clasificación taxonómica

División:	Magnoliophyta
Subreino:	Tracheobionta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Malvales
Familia:	Esterculiaceae
Género:	Theobroma
Especie:	Cacao
Nombre científico:	<i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: Guía tecnológica del manejo agronómico del cacao (INTA, 2010).

INTA (2010) señala que el cacao (*Theobroma cacao* L.) pertenece a la familia *Esterculiáceas*, orden *Malvales* y es una de las 22 especies del género *Theobroma* y tiene un número cromosómico  $2n = 20$ .

#### 1.5. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

CATIE (2015) caracteriza de la siguiente manera:

##### 1.5.1. La planta

Es un árbol que puede alcanzar una altura de 6 a 8 m, posee un sistema radicular principalmente pivotante el cual busca las capas inferiores del suelo hacia los mantos freáticos, posee a la vez raíces primarias y secundarias que crecen horizontalmente.

##### 1.5.2. El tallo

Las plantas de cacao, reproducidas por semillas, desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical que puede alcanzar 1 a 2 metros de altura a la edad de 12 a 18 meses. A partir de ese momento la yema apical detiene su crecimiento y del mismo nivel emergen de 3 a 5 ramas laterales. A este conjunto de ramas se le llama comúnmente verticilo u horqueta.

### **1.5.3. Las hojas**

Las hojas adultas son de color verde, de lámina simple, entera de forma que va desde lanceoladas o casi ovaladas, con una nervadura pinnada y ambas superficies glabras. Las hojas cuando jóvenes son muy delicadas por lo que son apetecidas por los insectos y dañadas por el viento poseen un color verde pálido y al alcanzar su madurez hacen el cambio de color.

### **1.5.4. La flor**

La flor del cacao es hermafrodita es decir cuenta con ambos sexos, su polinización es estrictamente entomófila, para lo cual la flor inicia su proceso de apertura con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde. El día siguiente en horas de la mañana la flor ya está abierta en su totalidad.

### **1.5.5. El fruto**

El fruto es conocido botánicamente como una drupa; pero generalmente se le conoce como mazorca. El tamaño y la forma dependen en gran medida de las características genéticas de la planta, el medio ambiente así como el manejo de la plantación.

### **1.5.6. Semilla**

BRAUDEAU (2011) menciona que la semilla es conocida como “haba”, “grano” o “almendra”, pero para una identificación clara, aquella semilla que ha recibido los procesos de fermentación y secado se llama “haba” o “pepa”, y la semilla en estado fresco, recibirá el nombre de “grano” o “almendra”. El grano del cacao es una semilla sin albumen que mide 2 a 3 cm. Está cubierta por una pulpa o mucílago de color blanco y sabor azucarado; bajo esta pulpa se encuentra una envoltura muy fina y resistente de color rosado y nervada que es la cáscara del grano, la misma que recubre los cotiledones fuertemente pegados y unidos en la base por la radícula que mide 6 a 7mm con una gémula rudimentaria.

### **1.5.7. Variedades**

Actualmente en el mundo existe una gran cantidad de variedades, la riqueza genética con la que se cuenta es muy amplia; aunque originalmente solo existían dos tipos: el criollo y el forastero, el cruce de estas dos especies ha dado origen al trinitario.

## **1.6. GRUPOS GENÉTICOS**

ARAGÓN (2010) menciona que el cacao se divide en tres grandes grupos: Criollos, Forasteros y Trinitarios. La dificultad de aplicar el término variedad a la clasificación del cacao, hizo necesario hablar de poblaciones. Sugiere la siguiente clasificación:

- Criollos Centroamericanos y sudamericanos
- Forasteros Amazónicos
- Trinitarios

### **1.6.1. Cacao forastero**

MOTAMAYOR (2002) señala que los cacaos forasteros, conocidos también como cacaos Amazónicos y/o amargos son originarios de América del Sur. Su centro de origen es la parte alta de la cuenca del Amazonas en el área comprendida entre los ríos Napo, Putumayo y Caquetá. Esta población es la más cultivada en las regiones cacaoteras de África y Brasil y proporcionan más del 80% de la producción mundial. El cacao forastero es muy variable y se encuentra en forma silvestre en la alta (Perú, Ecuador y Colombia) y baja Amazonia (Brasil, Guayanas y a lo largo del Río Orinoco en Venezuela), presenta estaminodios con pigmentación púrpura, mazorcas verdes con más de 30 semillas, de color púrpura, con alta astringencia y bajo contenido de grasa. A este grupo pertenecen todos los cacaos comerciales del Brasil, oeste Africano y este de Asia, así como el cacao nacional del Ecuador, y líneas del bajo Amazonas de tipo amelonado que incluye Iquitos, Nanay, Parinari, y Scavina. Estos tipos de cacao son originarios del alto Amazonas y dispersados naturalmente, por dicha cuenca. Tal vez resulte útil hacer una distinción entre los cacaos ordinarios que se establecieron desde hace bastante tiempo en África Occidental y Brasil y los Forasteros Amazónicos que se han originado de colectas recientes.

### **1.6.2. Cacao criollo**

ARAGÓN (2010) describe que el apelativo “criollo” (indígena) fue en su origen atribuido por los españoles al cacao cultivado inicialmente en Venezuela, en América Central y México, cuyos granos de cotiledones blancos proporcionaban un chocolate de superior calidad (Braudeau, 1970). El cacao criollo se caracteriza por tener estaminodios rosados, mazorcas verdes o rojas del tipo cundeamor, de superficie rugosa y surcos profundos; posee entre 20 y 30 semillas de color blanco o crema, alto contenido de grasa, sin astringencia y bastante aroma; son usados en la industria

cosmética. Los principales tipos criollos incluyen cacao Pentágona, cacao Real (Nicaragua) y cacao Porcelana.

### **1.6.3. Cacao trinitario**

ARGUELLO (2000) detalla que este grupo es el resultado del cruzamiento entre individuos criollos y forasteros. Comprende formas híbridas heterogéneas, su calidad y características botánicas son intermedias entre los dos grupos (Arguello *et al.*, 2000). Se cultiva en México, Centro América, Norte de Sudamérica, Trinidad, Colombia, Venezuela y oeste de África y suroeste de Asia (Sánchez, 1983). Este grupo se usa como material de injerto para multiplicarlo sin perder sus características, las mejores cruas combinan el sabor del cacao criollo con la rusticidad del Forastero, produciendo cacao de mucha demanda por su aplicación en los chocolates de alto grado de “sabor”.

## **1.7. CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA**

IPGRI (2000) define que la caracterización de germoplasma consiste en describir sistemáticamente las accesiones de una especie a partir de las características cualitativas y cuantitativas como el hábito de crecimiento, la altura de la planta y el color de las flores, entre otras. Estas características son de alta heredabilidad y no varían con el ambiente

IPGRI (2000) indica que la caracterización de germoplasma es un factor estratégico en el proceso investigativo debido a que es un componente para la solución de problemas actuales y futuros relacionados con la obtención de variedades mejoradas mediante la utilización de métodos tradicionales o biotecnológicos. La caracterización y evaluación son actividades complementarias que consisten en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, variabilidad genética y relaciones entre ellas, y localizar genes que promuevan su uso en la producción o en el mejoramiento de cultivos.

IPGRI (2000) señala que las dos actividades requieren exactitud, cuidado y constancia e incluyen un componente importante de registro de datos. La evaluación consiste en describir las características agronómicas de las accesiones (rendimiento o resistencia a estrés debido a factores bióticos o abióticos), generalmente cuantitativas (variables con el ambiente y de baja heredabilidad), con el fin de identificar materiales adaptables y

con genes útiles para la producción de alimentos y/o el mejoramiento de cultivos. En la mayoría de los casos es realizada por mejoradores.

### **1.8. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA**

ENRÍQUEZ (1991) menciona que la mayoría de plantas cultivadas con importancia económica tienen sus patrones de identificación, caracterización y evaluación. Para llegar a estos protocolos se han realizado estudios de las características en el sentido de conocer la variabilidad de los caracteres dentro y entre plantas. Luego se ha seleccionado aquellas características cualitativas y cuantitativas que han resultado ser útiles para la descripción.

Existen caracteres fácilmente determinables que juntos pueden servir para establecer diferencias genéticas entre individuos, señalando una lista de descriptores tales como: color de la mazorca (madura e inmadura), forma y rugosidad de la superficie, color, tamaño y forma de la semilla, pigmentación de las partes florales particularmente los filamentos de los estambres, y la pigmentación de la mazorca.

La forma de la mazorca se describe en términos de caracteres separados: proporción, longitud: diámetro, forma de la punta y estrechamiento de la base. Los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos que están menos influenciados por el ambiente como: la flor y el fruto, le siguen en importancia las hojas, tronco, ramas, raíces y los tejidos celulares que muchas veces son difíciles de identificar.

Las características: ancho y peso de la mazorca, peso de pulpa y testa, peso de semilla sin pulpa y testa, peso de la cáscara de la mazorca, largo, ancho e índice de semilla, sirven para discriminar clones de origen amazónico. Menciona además que para discriminar clones de origen amazónico es conveniente considerar otras características como: pigmentación del pedúnculo, del sépalo y del filamento estaminal, largo de lígula, largo y ancho del ovario y el rendimiento.

POUND (1932) señala que al caracterizar clones de cacao menciona que la coloración del filamento estaminal, el número de óvulos por ovario, número de semillas por mazorca, peso de semilla seca; largo, ancho y espesor de semilla son las características discriminantes del cultivo de Cacao. Fue uno de los primeros investigadores en señalar

que algunas características de la flor y la semilla son útiles en la caracterización de clones de cacao, cuyo criterio fue confirmado por Ostendorf (1965), quien concluyó que las piezas florales que mejor caracterizan los clones son los pétalos, el pistilo y el número de óvulos por ovario. Por su parte, determinó que el número de óvulos por ovario, es un factor que debe ser tomado en cuenta al momento de seleccionar clones, pues este carácter contribuye al incremento del potencial productivo de semilla. Por lo tanto, es de gran importancia en el mejoramiento genético de cacao.

Concluyó que al caracterizar una población de cacao nacional, que alguno de los caracteres coinciden con los identificados como los más discriminantes en los cacao de tipo Amazónico, por lo que pueden ser utilizados para caracterizar a la especie *Theobroma cacao*. Estos caracteres son: color del pedúnculo floral, intensidad de antocianina en filamento estaminal, presencia de antocianina en el exterior del sépalo y peso seco de semilla.

HIDALGO (2003) señala que un descriptor es un atributo cuya expresión es fácil de medir de la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Sirve para discriminar entre fenotipos. Los descriptores son altamente heredables, pueden ser detectados a simple vista y se expresan de igual forma en todos los ambientes. Los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos que están menos influenciados por el ambiente, los más importantes son: la flor y el fruto en importancia decreciente las hojas, tronco, ramas, raíces y los tejidos celulares.

ENRÍQUEZ (1966) señala que varios autores han propuesto listas de descriptores morfológicos para la identificación y evaluación del germoplasma de cacao. Por ejemplo, el IBPGR usa 65 descriptores, mientras Phillips y Enríquez (1988), propusieron una lista de 26 descriptores morfológicos y el CIRAD 24. Los descriptores han sido empleados desde la década de los 40 para caracterizar el germoplasma de las colecciones en diferentes centros de investigación tales como el CATIE, el ICGT, El Recreo y el ICGD entre otros. Pound (1932), señaló que algunas características de la flor y la semilla son de suma importancia en la caracterización de clones de cacao, lo cual es confirmado por Dejean y Ostendorf (1965), quienes propusieron que los pétalos, el pistilo y el número de óvulos por ovario son los mejores descriptores para caracterizar los clones de cacao y propusieron una lista de 11 caracteres para la

evaluación de las flores, que fueron usados por Engels (1979). Para la caracterización morfológica el IBPGR (1981), recomienda 35 frutos las características de las almendras; ancho, largo, espesor, peso húmedo sin testa, peso seco sin testa, porcentaje de testa y pulpa, están entre los mejores descriptores para caracterizar una población, usando una muestra de 12 a 20 mazorcas.

### **1.9. RECURSOS GENÉTICOS DE CACAO**

La diversidad genética del cacao comprende el conjunto de poblaciones silvestres, nativo e introducido, con distinto origen genético y grado evolutivo, que ocupan nichos ecológicos específicos y que teniendo caracteres semejantes y distintivos, se muestran variables o diferentes (Garcia, 2007).

Según M &O CONSULTING S.A.C (2008) la diversidad genética del cacao juega un rol muy importante en:

- a. La conservación del germoplasma nativo y mejorado
- b. La utilización de germoplasma promisorio con fines de propagación clonal
- c. Como fuente de genes para los programas de mejora genética
- d. En la mejor comprensión de las relaciones de similitud o disimilitud taxonómica entre las variedades
- e. La elaboración de mapas genéticos
- f. La identificación, aislamiento, clonación, secuenciación de genes; modificación genética, etc.

Los recursos genéticos vegetales, según el Instituto Internacional para los Recursos Fitogenéticos – IPGRI (1996), hoy Bioersivity International, citado por M &O CONSULTING S.A.C (2008), “representan la materia viviente que puede propagarse sexual o asexualmente; tienen un valor actual o potencial para la alimentación, agricultura o forestería y pueden ser variedades primitivas (razas locales), variedades obsoletas, variedades modernas; poblaciones en proceso de mejora genética, poblaciones silvestres y especies relacionadas al género *Theobroma*”

Según M &O CONSULTING S.A.C (2008) en el caso del cacao estos recursos genéticos se conservan en bancos de germoplasma pudiendo ser: (i) colecciones base (CATIE-Costa Rica y CRU Trinidad & Tobago), cuyas instalaciones poseen un elevado

número y diversidad de accesiones, ó (ii) colecciones activas (v.g. el Banco de germoplasma de cacao-UNAS-Tingo María), con menor número y diversidad de accesiones.

A partir de 1930, cuarenta expediciones de colecta de germoplasma se han realizado en países centros de origen del cacao. En 1937 y después en 1942, el Dr. F.J. Pound realizó 2 expediciones a la Amazonía peruano-ecuatoriana y colectó frutos y varas yemeras de árboles de cacao aparentemente inmunes a la "escoba de bruja" causada por el hongo *Crinipellis perniciosa*. Este germoplasma fue llevado a Trinidad & Tobago y una parte se estableció como Jardín clonal en Iquitos y que se denominó "Clones Pound o Perú" Este material genético del grupo Forastero del Alto Amazonas sirvió de base para hacer cruzamientos y selección de clones ICS (Selección del Colegio Imperial), en Trinidad & Tobago.

Posteriormente se han realizado expediciones de colección a la Amazonía colombiana por Chalmers, en 1967; a la Amazonía brasileña por Barriga, et. al., en 1984, a la Amazonía ecuatoriana por Allen & Lass, en 1983 (Eskes & Lanaud, 2001); a la Amazonía peruana por Coral, et. al., entre 1987-1989 y otras en Venezuela y México (M &O CONSULTING S.A.C, 2008).

### **1.9.1. Colecciones internacionales de germoplasma de cacao**

Según M &O CONSULTING S.A.C (2008), las colecciones realizadas en países centro de origen y de domesticación inicial, fueron depositadas en bancos de germoplasma nacionales, y las muestras duplicadas, fueron enviadas a dos bancos de germoplasma internacionales, una ubicada en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE-Turrialba), en Costa Rica y la otra en la Universidad de las Indias Occidentales (UWI), en Trinidad & Tobago y que se conservan como 'Colecciones Base'.

El Banco de germoplasma del CATIE (Costa Rica), conserva más de 1,200 accesiones (principalmente 'Trinitarios' y 'Criollos'), y el Banco de germoplasma de la Unidad de Investigación de Cacao (CRU) de la Universidad de las Indias Occidentales (Trinidad & Tobago), conserva más de 2,500 accesiones de cacao, principalmente 'Forasteros del

Alto Amazonas’, ‘Trinitarios’ y ‘Criollos’, (Eskes & Lanaud, 2001), citado por M &O CONSULTING S.A.C (2008).

Otras colecciones de germoplasma de cacao que se conservan en América del Sur, son: (i) la del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Pichilingue (INIAP-Ecuador), con más de 2,000 accesiones de todos los grupos germoplásmicos (naturales y artificiales) y colecciones exóticas (introducidas) de otros países, incluyendo material genético peruano colectado de los tributarios del río Ucayali y Marañón, y (ii) del Centro de Pesquisas de Cacao (CEPEC-Brasil), con más de 1,500 accesiones de cacao, principalmente ‘Forastero del Bajo Amazonas y Alto Amazonas’ (M &O CONSULTING S.A.C, 2008).

En otros continentes también existen importantes colecciones de germoplasma de cacao como: Ghana, Nigeria, Camerún y Costa de Marfil (Africa); Malasia, Indonesia y Papua Nueva Guinea (Asia-Pacífico) y la del CIRAD, en la Guyana Francesa, que conserva más de 200 árboles madres silvestres. (Eskes & Lanaud, 2001), citado por M &O CONSULTING S.A.C (2008). Además existen centros de cuarentena intermedia en la Universidad de Reading (Inglaterra), y en Miami (USA).

Aun cuando es muy amplia la diversidad de recursos genéticos del cacao, éstos están en estado de subexplotación por: (i) la escasa caracterización del material vegetal en las colecciones, y (ii) la incomprensión de las relaciones existentes entre las diversas poblaciones de plantas (cultivadas y silvestres). Se ha demostrado que las especies silvestres afines pueden constituir un reservorio importante de genes para contrarrestar amenazas bióticas y abióticas emergentes (Eskes & Lanaud, 2005), citado por M &O CONSULTING S.A.C (2008).

### **1.9.2. Colecciones nacionales de germoplasma de cacao**

La introducción de germoplasma en el Perú se inició en la década de los `40. Los clones “Pound” colectados cerca de Iquitos fueron introducidos al Alto Huallaga y sembrados en la Estación Experimental de Tingo María (EEA -TM). En 1953, el Proyecto Nacional de Mejoramiento de Germoplasma de Cacao, del M.A., inicia la introducción de germoplasma foráneo de cacao a Tingo María. El material genético constitutivo fueron: 4 clones ICS (ICS 1, ICS 6, ICS-39 e ICS 48); 2 clones SCA (SCA 6 y SCA 12), de

Trinidad; 3 clones EET (EET 59, EET 61 y EET 82) de Ecuador; 2 clones UF (UF-2 y UF-613). Muestran recursos genéticos representativos de los cacaos: "Criollo", Forasteros del Alto y Bajo Amazonas" y Nacional". En 1955 la colección de germoplasma se amplió con clones introducidos de Jaén, La Convención y material genético colectado de los bosques cercanos al río Huallaga. Entre 1957-1958, se continuó introduciendo germoplasma de Colombia y Costa Rica (HERNÁNDEZ, 1991)

Según M &O CONSULTING S.A.C (2008), en 1962, la EEA -TM en base a sus resultados de investigación, recomienda el uso de semilla híbrida de cruces 'Forastero' x 'Trinitario', donde intervienen como progenitores los clones 'Forasteros': SCA 6, SCA 12, POUND 7, POUND 16 e IMC - 67, y como clones 'Trinitarios': ICS-1, ICS-6 y UF – 613. Pocos años después en la E.E.-Tulumayo, se seleccionaron y recomendaron los híbridos SCA 6 x IMC 67; SCA 6 x ICS 1 y SCA 6 x ICS 6, para su siembra comercial.

Entre 1986 – 1989, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), encargó a F. Coral et. al., que realizaran expediciones a la amazonia peruana, para coleccionar valioso germoplasma de cacao de las cuencas de los ríos: Huallaga, Ucayali y Urubamba.

En 1995, el Convenio ADEX-AID inicia la recolección de germoplasma de cacao en las zonas de Jaén-San Ignacio (Cajamarca), Bagua, Utcubamba y Condorcanqui (Amazonas), la misma que culminó en 1999 con un total de 96 accesiones que hoy constituyen la "Colección Marañón" (Liberato, 2000), citado por M &O CONSULTING S.A.C (2008).

### **1.9.3. Bancos de germoplasma y semilleros de cacao del PNUD**

Según M &O CONSULTING S.A.C (2008), en 1986, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a través del proyecto FD/PER/86/458 y el proyecto AD/PER/459/UNFDACPNUD/OSP, con sede en Tingo María, se propusieron como meta: "recuperar la autonomía genética y ampliar la base genética del cacao peruano".

Sus objetivos se focalizaron en la:

- a) Mejora de la productividad,

- b) Resistencia a las enfermedades y plagas, y
- c) Mejora de la calidad agroindustrial.

Y, como estrategias se establecieron:

1. La recolección de germoplasma de cacao silvestre y cultivado de la Amazonía peruana
2. La introducción de germoplasma de cacao foráneo
3. El establecimiento de bancos de germoplasma y semilleros clonales de cacao

En 1995, el Proyecto AD/PER/95/939 del Programa UNOPS/PNUFID, inicia el establecimiento de un Banco de germoplasma de cacao en el valle del río Apurímac-Ene (Ayacucho), con 40 accesiones (introducidas y nacionales) (M &O CONSULTING S.A.C, 2008).

Según el Programa UNOPS/PNUFID, citado por M &O CONSULTING S.A.C (2008), con la instalación de Bancos de germoplasma y semilleros de cacao en varios lugares de la Amazonía peruana (tabla 1.2), “se ha recuperado la autonomía genética del cacao en el Perú”.

**Tabla 1.2.** Bancos de germoplasma y semilleros de cacao (UNDCP/UNOPS, 1996)

INSTITUCIÓN	LUGAR	Nº DE ACCESIONES	COLECCIÓN
Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS)	Tingo María	135 clones	Introducida (23)
		9 Híbridos	Huallaga (64)
			Ucayali (48)
Cooperativa Agraria de Tocache	Tocache	29 clones 10 Híbridos	Introducida (29)
Universidad Nacional de Ucayali	Pucallpa	32 clones	Introducida (32)
Comité de Productores de Shebonya	Puerto Inca	12 clones 6 Híbridos	Introducida (12)
Comité de Productores de San Alejandro	Irazola	18 clones	Introducida (18)
Comité de Productores de Chazuta	Juanjuí	7 clones	
		8 Híbridos	
Asociación de Productores de Cacao de los Valles de La Convención y Yanatili	Sahuayacu	19 clones	
	Echarati	6 Híbridos	Introducida (19)
		6 Híbridos	

Fuente: M &O CONSULTING S.A.C (2008).

## **CAPÍTULO II METODOLOGÍA**

### **2.1. UBICACIÓN**

La zona de estudio se encuentra ubicada en la ceja de selva en la cuenca del Río Apurímac, jardín clonal de la “Asociación de Productores CACAO VRAE”, en el Sector Aeropuerto, Distrito de Kimbiri, Provincia La Convención, Departamento del Cusco, exactamente entre los Departamentos de Cusco y Ayacucho, situada a una altitud de 588 m.s.n.m., entre las coordenadas 77° 28' 06” Latitud Sur y 147° 35' 45” Longitud Oeste.

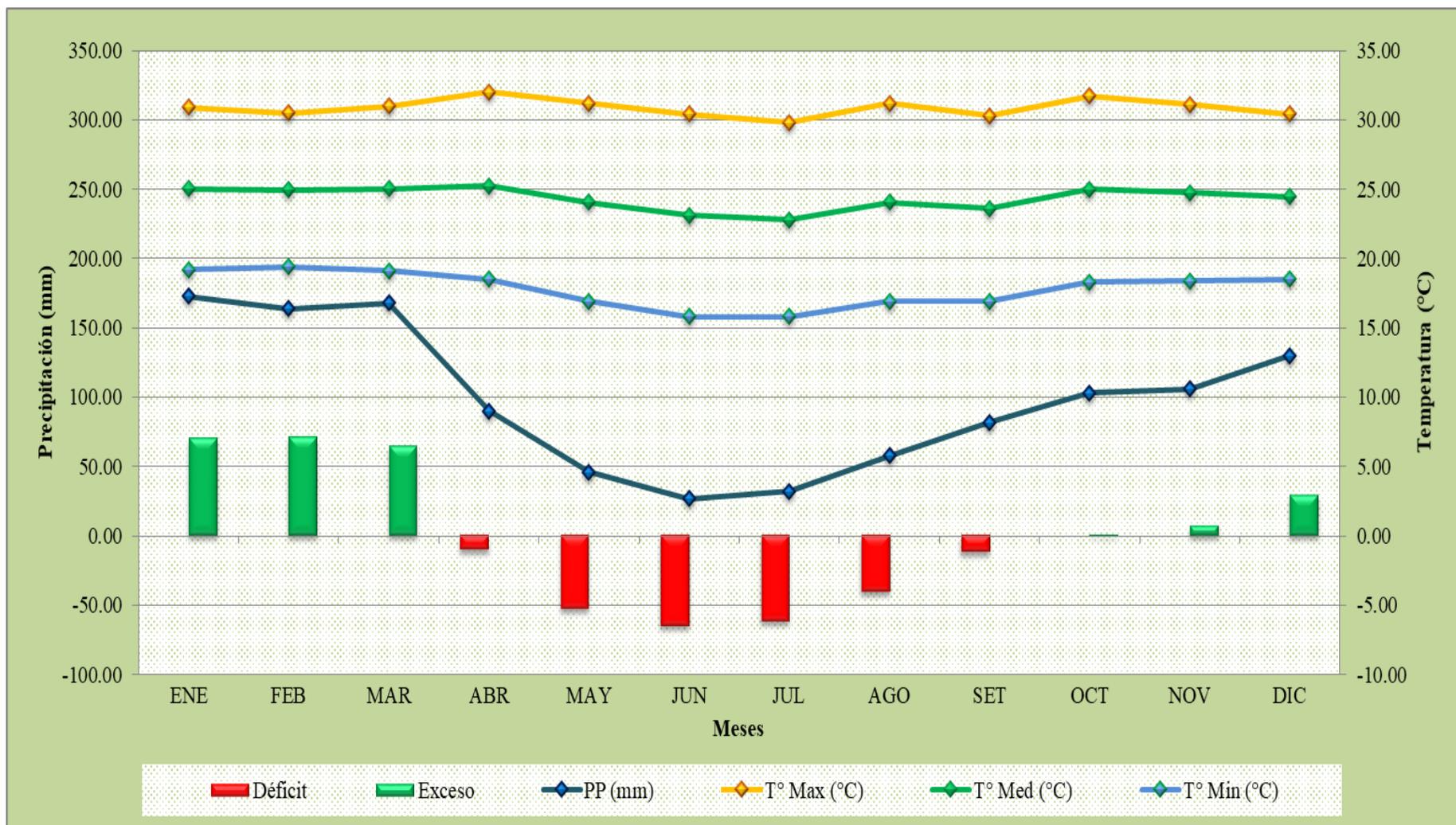
La localidad de Kimbiri, se encuentra en el Valle del Río Apurímac, ubicada en la selva baja que se caracteriza por ser una zona de vida “Bosque muy Húmedo Premontano Tropical”.

### **2.2. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS**

El clima de Kimbiri está clasificado como tropical. Los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos, con una temperatura máxima promedio de 30.9 °C, temperatura mínima promedio 17.8 °C y una temperatura media de 24.3 °C; la precipitación total anual es de 1179.0 mm. Presenta dos épocas, una lluviosa, que inicia en el mes de octubre y se prolonga hasta marzo con exceso de agua de lluvia, y otra la época seca que inicia en abril y termina en setiembre con un déficit de agua tal como se observa en el balance hídrico para el jardín clonal de la “Asociación de Productores CACAO VRAE”, en el Sector Aeropuerto, Distrito de Kimbiri, Provincia La Convención, Departamento del Cusco, correspondiente al año 2018.

**Tabla 2.1.** Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico del año 2018, Estación Meteorológica de Kimbiri, La Convención, Cusco.

DESCRIPCIÓN	BALANCE HÍDRICO CON DATOS 2018 ESTACION METEOROLÓGICA DE KIMBIRI													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	PROM
T° Máxima (°C)	30.9	30.5	31.0	32.0	31.2	30.4	29.8	31.2	30.3	31.7	31.1	30.4		30.9
T° Mínima (°C)	19.2	19.4	19.1	18.5	16.9	15.8	15.8	16.9	16.9	18.3	18.4	18.5		17.8
T° Media (°C)	25.1	25.0	25.1	25.3	24.1	23.1	22.8	24.1	23.6	25.0	24.8	24.5		24.3
Factor	5.0	4.5	5.0	4.8	5.0	4.8	5.0	5.0	4.8	5.0	4.8	5.0		
ETo(mm)	124.2	111.8	124.2	121.2	119.3	110.9	113.1	119.3	113.3	124.0	118.8	121.3	1421.4	118.4
Precipitación (mm)	173.0	164.0	168.0	90.0	46.0	27.0	32.0	58.0	82.0	103.0	106.0	130.0	1,179.00	
ETo Ajust. (mm)	103.06	92.72	103.06	100.53	98.95	91.97	93.80	98.95	93.96	102.86	98.54	100.59		
H del suelo (mm)	69.94	71.28	64.94	-10.53	-52.95	-64.97	-61.80	-40.95	-11.96	0.14	7.46	29.41		
Déficit (mm)	---	---	---	-10.53	-52.95	-64.97	-61.80	-40.95	-11.96	---	---	---		
Exceso (mm)	69.94	71.28	64.94	---	---	---	---	---	---	0.14	7.46	29.41		



**Figura 2.1.** Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico del año 2018, de la Estación Meteorológica de Kimbiri, La Convención, Cusco.

### **2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para el estudio de las características agronómica y morfológica de fruto y semilla de cuatro clones promisorios de cacao, se utilizó el muestreo **probabilístico aleatorio simple**, de cuatro clones promisorios de cacao. Para cada clon identificado, se ha recolectado las muestras correspondientes, consistente en 20 mazorcas por lote por clon y 20 semillas por mazorca por lote por clon, efectuado en dos momentos del año.

### **2.4. MATERIALES EN ESTUDIO**

El material genético utilizado en la investigación corresponde a 4 clones promisorios de cacao del VRAE.

Clon 1: VRAE 15

Clon 2: VRAE 52

Clon 3: VRAE 81

Clon 4: VRAE 99

### **2.5. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS**

X1: Características morfológicas del fruto

X2: Características morfológicas de la semilla

X3: Características agronómicas de productividad

Fuente: García (2010). Catálogo de cultivares de cacao en Perú

#### **2.5.1. Características morfológicas del fruto (X1)**

Y1: Constricción basal

Y2: Forma de la fruta

Y3: Forma de ápice

Y4: Color de fruto

Y5: Rugosidad del fruto

Y6: Dureza de la cáscara

Y7: Profundidad del surco del fruto

Y8: Separación de un par de lomos

#### **2.5.2. Características morfológicas de la semilla (X2)**

Y9: Forma de la semilla en sección longitudinal

Y10: Forma de la semilla en sección transversal

Y11: Color de cotiledones

### 2.5.3. Características agronómicas de productividad (X3)

Y12: Tamaño del fruto

Y13: Peso del fruto

Y14: Número de semillas por fruto

Y15: Peso seco de semilla

Y16: Tamaño de semilla

Y17: Índice de Mazorca

Y18: Rendimiento

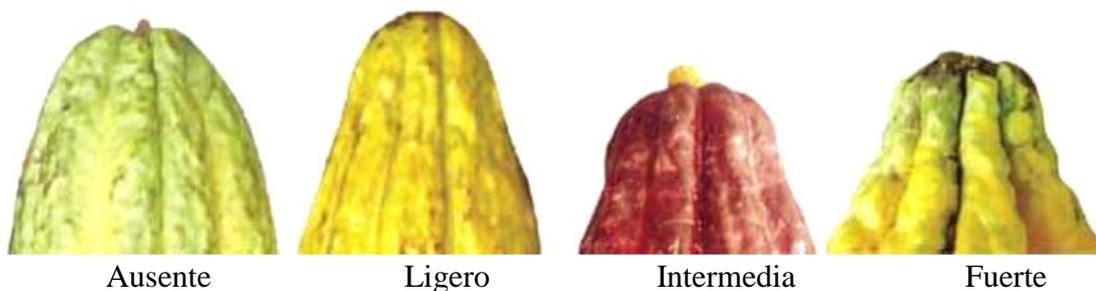
## 2.6. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

### 2.6.1. Características morfológicas del fruto

Se evaluó 20 mazorcas por clon, a la madurez fisiológica, libre de enfermedad de acuerdo a los parámetros de evaluación propuesta en el catálogo de cultivares de cacao en Perú (2010).

#### a. Constricción basal:

0 = Ausente; 1= Ligero; 2 = Intermedia; 3 = Fuerte



**Figura 2.2.** Forma de determinar la constricción basal en los distintos frutos de cacao.

Fuente: García (2010). Catálogo de cultivares de cacao en Perú

**b. Forma de fruta:**

0=oblongo; 1 = elíptico; 2 = abovado; 3 = esférico; 4= oblato; 5= ovado.



**Figura 2.3.** Descripción de la forma de distintos frutos de cacao.

Fuente: García (2010). Catálogo de cultivares de cacao en Perú

**c. Forma de ápice:**

1=Puntiagudo; 2=Agudo; 3=Obtuso; 4=Redondeado 5=Pezón; 6 Dentado.

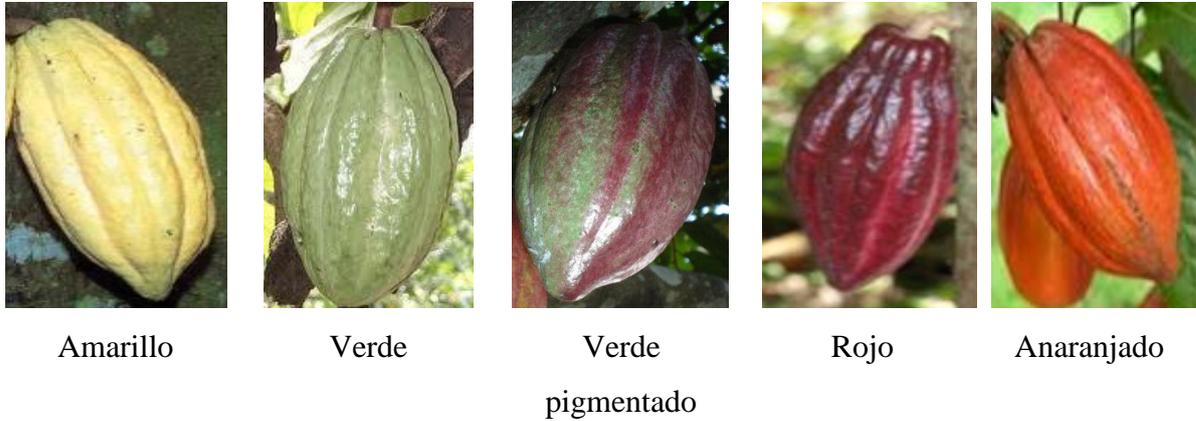


**Figura 2.4.** Descripción de la forma apical en distintos frutos de cacao.

Fuente: Catálogo de cultivares de cacao en Perú (2015).

**d. Color de Fruto:**

1= Verde, Verde a Amarillo; 2=Rojo-Violeta, Rojo-Violeta a Anaranjado

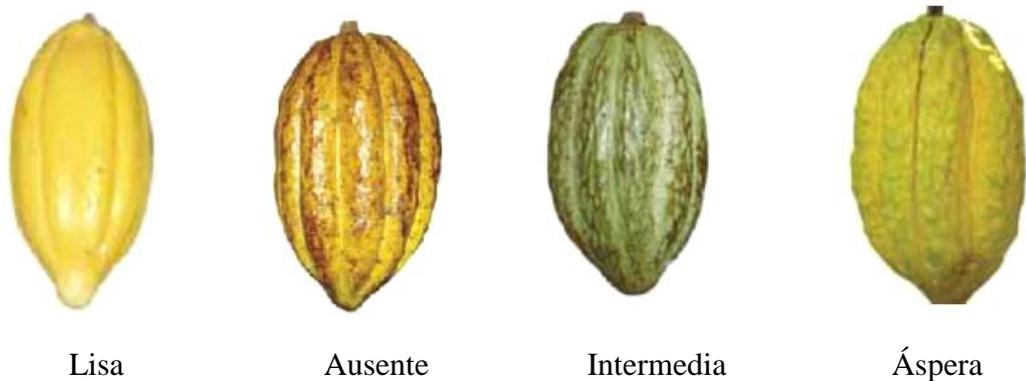


**Figura 2.5.** Color de fruta del cacao.

Fuente: García (2010). Catálogo de cultivares de cacao en Perú

**e. Rugosidad de mesocarpio:**

1=Lisa o Ausente; 2= intermedia; 3= Áspera.



**Figura 2.6.** Forma de determinar la rugosidad de la cascara del cacao.

Fuente: García (2010). Catálogo de cultivares de cacao en Perú

**f. Dureza de cáscara**

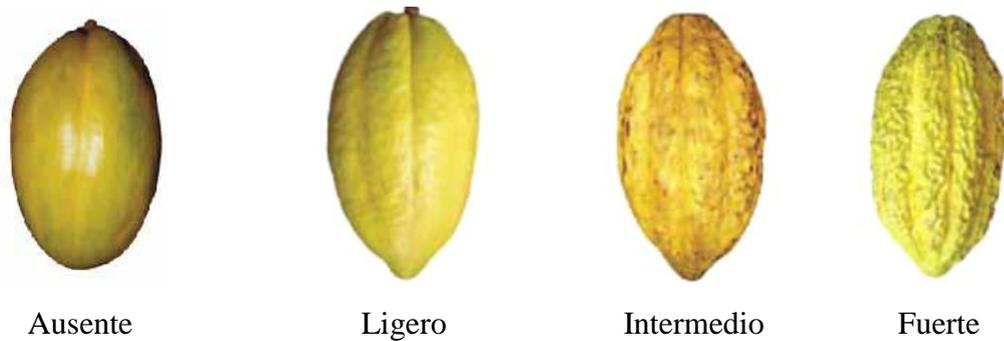
La descripción del presente parámetro en estudio, se determinará de acuerdo a la escala propuesta por (Phillips-Mora, et al., 2012) en base a 20 mazorcas por clon.

3 = suave; 5 = intermedia; 7 = dura

### g. Profundidad de surcos

La descripción del presente parámetro en estudio, se determinará de acuerdo a la escala propuesta por (García, 2010), en base a 20 mazorcas por clon, figura 3.10.

0 = ausente; 1 = ligero; 3 = intermedio; 5 = fuerte

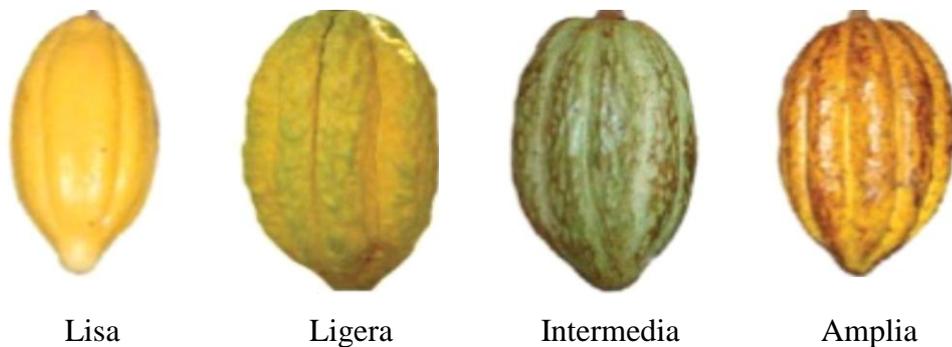


**Figura 2.7.** Profundidad de surcos de la cascara del cacao.

Fuente: García (2010). Catálogo de cultivares de cacao en Perú

### h. Separación de par de lomos

1= Lisa; 2=ligera; 3=Intermedia y 4=Amplia.



**Figura 2.8.** Descripción de la separación de par de lomos

Fuente: García (2010). Catálogo de cultivares de cacao en Perú

### 2.6.2. Características morfológicas de la semilla

Se tomó 20 semillas por cada fruto por clon y se evaluó las siguientes características.

#### a. Forma de la semilla en sección longitudinal:

1=Elíptica, 2=Oblonga, 3=Irregular, 4=Ovalada.

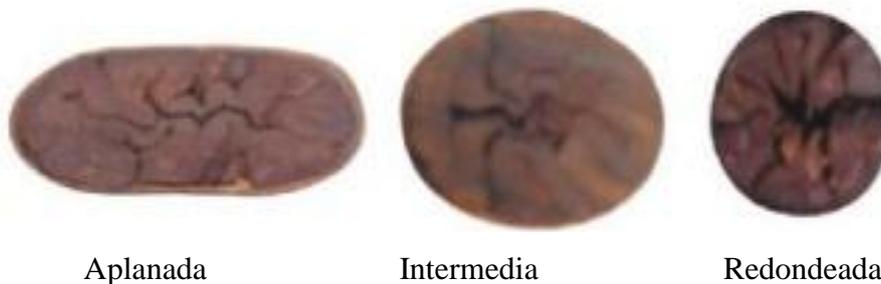


**Figura 2.9.** Forma de la semilla en sección longitudinal

Fuente: García (2010). Catálogo de cultivares de cacao en Perú

**b. Forma de la semilla en sección transversal:**

1=Aplanada, 2=Intermedia y 3=Redondeada.



**Figura 2.10.** Forma de la semilla en sección transversal

Fuente: García (2010). Catálogo de cultivares de cacao en Perú

**c. Color de cotiledones:**

1= blanco cremoso; 3 = rosado; 5 = violeta; 7 = morado.

**2.6.3. Características de productividad**

**a. Tamaño del fruto**

Para describir esta variable se usó la longitud del fruto como criterio por su facilidad de medición. Los frutos fueron clasificados según la escala adaptada de Soria y Enríquez (1981), citado por García (2010):

- Muy pequeño (<10 cm)
- Pequeño (10 -14 cm)
- Intermedio (15 - 19 cm)
- Grande (20 - 24 cm)
- Muy grande (>24 cm)

- Largo de fruto : Distancia lineal entre los extremos del fruto en cm.
- Diámetro de fruto : Determinado en el ecuador de la mazorca en cm.

**b. Peso del fruto**

Para la cuantificación de esta variable se realizó utilizando una balanza, cuyos resultados se expresaron en g.

**c. Número de semillas por fruto**

La cuantificación de esta variable se realizó utilizando una muestra de n = 20 frutos por clon.

**d. Peso seco de semilla**

Peso seco de semilla con testa; peso seco de semilla con testa, sometida a secado artificial a temperaturas de 104° C por 90 minutos, en tres repeticiones.

- Peso de la testa; se ha calculado mediante la diferencia de peso seco de semilla con testa menos el peso seco de semilla sin testa.
- Peso seco de semilla sin testa; Peso seco de semilla sin testa, sometida a temperaturas de 104° C por 90 minutos, en tres repeticiones.

Para la cuantificación de estas variables se realizó utilizando una balanza de precisión, cuyos resultados se expresaron en g.

**e. Tamaño de la semilla**

El tamaño de la semilla se clasificó en función de su peso seco, según la escala adaptada de Soria y Enríquez (1981), citado por García (2010):

- Muy pequeño (<0.8 gr)
- Pequeño (0.8 -1.0 g)
- Intermedio (1.1 - 1.4 gr)
- Grande (1.5 - 1.8 gr)
- Muy grande (>1.8 gr)

**f. Índice de mazorca**

La cuantificación de esta variable se hizo utilizando la fórmula propuesta por Wood y Lass (1984), citado por García (2010):

IM =	1000
	NUSE X PESE

Dónde:

NUSE = número de semillas /fruto

PESE = peso seco promedio de una semilla

### **g. Rendimiento por planta**

El cálculo de rendimiento se ha basado en la cantidad de frutos cosechados en un periodo de un año y dividido por el índice de fruto de cada clon:

Rendimiento = Frutos cosechados /IM

## **2.7. PROCEDIMIENTO DE DATOS**

Se utilizó la metodología propuesta por Phillips y Enríquez (1988); CATIE (2008); Aragón & Santos (2010). Haciendo una descripción de 08 caracteres del fruto, 03 caracteres de la semilla y 07 características agronómicas de productividad; tomando como muestra representativa 20 mazorcas por clon, en dos momentos de registro (abril y julio del 2018) y 20 semillas por fruto para la descripción morfológica.

En base a los datos obtenidos en el diseño de muestreo probabilístico aleatorio simple de los cuatro clones promisorios de cacao, con los valores cuantitativos se efectuaron el análisis de variancia (ANVA) y su correspondiente prueba de contraste Tukey, cuyos resultados se presentan en las tablas y figuras, y su interpretación, análisis y discusión correspondiente.

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobre la base de la información obtenida en la evaluación de caracterización agronómica y morfológica de fruto y semilla de cuatro clones promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L.) del Valle Río Apurímac, se ha efectuado el procesamiento de datos, asimismo la interpretación de los resultados y discusión correspondiente.

#### 3.1. Características morfológicas del fruto del cacao

**Tabla 3.1.** Características morfológicas del fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de Productores CACAO VRAE”, en el Sector Aeropuerto, Distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.

ITEM	Carácter	VRAE 15	VRAE 52	VRAE 81	VRAE 99
1	Y1: Constricción basal	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Fuerte
2	Y2: Forma de fruto	Abovado	oblonga	Abovado	Oblonga
3	Y3: Forma de ápice	Atenuado	Atenuado	Agudo	Apezonado
4	Y4: Color de fruto	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
5	Y5: Rugosidad del fruto	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
6	Y6: Dureza de la cáscara	Suave	Dura	Suave	Dura
7	Y7: Profundidad del surco	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
8	Y8: Separación de un par de lomos	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte

La tabla 3.1 muestra los resultados de las características morfológicas del fruto de los cuatro clones promisorios de cacao VRAE 15, VRAE 52, VRAE 81 y VRAE 99; en base a 20 frutos o mazorcas de cacao por cada clon. Los caracteres evaluados fueron; constricción basal, forma de fruto, forma de ápice, color de fruto, rugosidad del fruto, dureza de la cáscara, profundidad del surco y separación de un par de lomos, utilizando los parámetros de evaluación establecida en el catálogo de cultivares de cacao del Perú (GARCÍA, 2010).

CATIE (2015) señala que el fruto es conocido botánicamente como una drupa; pero generalmente se le conoce como mazorca. El tamaño y la forma dependen en gran medida de las características genéticas de los clones y el medio ambiente donde se encuentra.

Efectuado la caracterización morfológica del fruto de los cuatro clones promisorios de cacao, los datos obtenidos manifestaron homogeneidad en las veinte muestras tomadas para cada clon, encontrando las siguientes características. El fruto del clon VRAE 15, tiene constricción basal intermedia, forma abovado, ápice atenuado, color anaranjado, rugosidad ligero, cascara suave, profundidad del surco y la separación de un par de lomos ligero. El fruto del clon VRAE 52, posee constricción basal intermedia, forma oblonga, ápice atenuado, color amarillo, rugosidad ligero, cascara dura, profundidad del surco y la separación de un par de lomos ligero. El fruto del clon VRAE 81, ostenta constricción basal intermedia, forma abovado, ápice agudo, color anaranjado, rugosidad ligero, cascara suave, profundidad del surco y la separación de un par de lomos intermedio. El fruto del clon VRAE 99, tiene constricción basal fuerte, forma oblonga, ápice apezonado, color amarillo, rugosidad fuerte, cascara dura, profundidad del surco y la separación de un par de lomos fuerte.

Los resultados manifiestan que los distintos clones de cacao en estudio, tienen distintas formas y colores de fruto, cuyas peculiaridades dependen de las características genéticas de los clones. Sin embargo los clones promisorios VRAE 15 y VRAE 52, tienen características similares, respecto a la constricción basal del fruto intermedia, forma de ápice de fruto atenuado, también rugosidad del fruto, profundidad del surco y separación de un par de lomos ligero. Asimismo los clones VRAE 15 y VRAE 81, tienen afinidad en la constricción basal del fruto intermedia, forma de fruto abovado, de color anaranjado y cáscara suave. Del mismo modo los clones VRAE 52 y VRAE 99, tienen características similares, respecto a la forma de fruto oblonga de color amarillo y cáscara dura. Igualmente los clones VRAE 52 y VRAE 81, se asemejan sólo en la constricción basal, que es intermedia. Finalmente, comparado los clones VRAE 15 versus VRAE 99 y VRAE 81 versus VRAE 99, no tienen semejanza alguna para los caracteres evaluados.

Los caracteres de rugosidad de fruto, dureza de la cascara, profundidad de surco y separación de un par de lomos, pueden ser de mucha importancia en la ovoposición ataque de la plaga *Carmenta* spp, porque el insecto ovoposita en la epidermis del fruto del cacao, cuyas depresiones del fruto pueden ayudar en hospedar los huevos, hasta que las larvas emerjan e inmediatamente proceden a perforar los frutos.

### 3.2. Características morfológicas de las semillas de cacao

La tabla 3.2 presenta los resultados de las características morfológicas de la semilla de los cuatros clones de cacao VRAE 15, VRAE 52, VRAE 81 y VRAE 99; tomando en cuenta un número de 20 muestras de semilla por cada clon. Los caracteres evaluados fueron; forma de la semilla en sección longitudinal, forma de la semilla en sección transversal, y color de cotiledones, utilizando los parámetros de evaluación establecida en el catálogo de cultivares de cacao del Perú (GARCÍA, 2010).

**Tabla 3.2.** Características morfológicas de la semilla de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de Productores CACAO VRAE”, en el Sector Aeropuerto, Distrito de Kimbiri, La Convención, Cusco.

ITEM	Carácter	VRAE 15	VRAE 52	VRAE 81	VRAE 99
1	Y9: Forma de la semilla en sección longitudinal	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
2	Y10: Forma de la semilla en sección transversal	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedio
3	Y11: Color de cotiledones	Violeta	Violeta	Morado	Morado

BRAUDEAU (2010) menciona que la semilla es conocida como “haba”, “grano” o “almendra”, pero para una identificación clara, aquella semilla que ha recibido los procesos de fermentación y secado se llama “haba” o “pepa”, y la semilla en estado fresco, recibirá el nombre de “grano” o “almendra”. El grano del cacao es una semilla sin albumen que mide 2 a 3 cm, está cubierta por una pulpa o mucílago de color blanco y sabor azucarado; bajo esta pulpa se encuentra una envoltura muy fina y resistente de color rosado y nervada que es la cáscara del grano, la misma que recubre los cotiledones fuertemente pegados y unidos en la base por la radícula que mide 6 a 7 mm con una gémula rudimentaria.

Efectuado la caracterización morfológica de la semilla de los cuatro clones promisorios de cacao, los datos obtenidos manifestaron homogeneidad en las veinte muestras tomadas para cada clon, encontrando las siguientes características. El clon VRAE 15, tiene la forma de semilla en sección longitudinal oblonga y en sección transversal intermedio, y cotiledón color violeta. El clon VRAE 52, tiene la forma de semilla en sección longitudinal ovalada y en sección transversal aplanada, y cotiledón color violeta. El clon VRAE 81, tiene la forma de semilla en sección longitudinal irregular y en sección transversal intermedio, y cotiledón color morado. El clon VRAE 15, tiene la forma de semilla en sección longitudinal oblonga y en sección transversal intermedio, y cotiledón color morado.

Los resultados manifiestan que los diferentes clones de cacao en estudio, tienen distintas formas y colores de semilla, cuyos aspectos dependen de las características genéticas de los clones. No obstante los clones promisorios VRAE 15, VRAE 81 y VRAE 99, tienen características similares, respecto a la forma de la semilla en sección transversal de tipo intermedio. Asimismo los clones VRAE 15 y VRAE 52, tienen color de cotiledón violeta. Del mismo modo los clones VRAE 52 y VRAE 99, presentan forma de la semilla en sección longitudinal oblonga. Igualmente los clones VRAE 81 y VRAE 99, se asemejan en la forma de la semilla en sección transversal tipo intermedio y color de cotiledón morado. Finalmente, comparado los clones VRAE 52 versus VRAE 81 y VRAE 15 versus VRAE 99, no tienen semejanza alguna para los caracteres evaluados.

Los caracteres de forma de la semilla en sección longitudinal, en sección transversal, y el color de cotiledón pueden ser de mucha importancia desde el punto de vista comercial e industrial.

En conclusión, de la observación realizada in situ y el análisis de los resultados de cada uno de los clones estudiados, se ha generado información descriptiva de las características morfológica del fruto y semilla de los cuatro clones promisorios de cacao, que permiten diferenciarlo o compararlo entre ellos y con otros cultivares del ámbito en referencia.

### 3.3. Características agronómicas

#### a. Tamaño de fruto

##### a.1. Longitud del fruto

**Tabla 3.3.** Análisis de la variancia para la longitud de fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	317.73	105.91	27.64	<0.0001 **
Clones	3	317.73	105.91	27.64	<0.0001 **
Error	76	291.16	3.83		
Total	79	608.89			

CV = 9.98%

##### a.2. Diámetro de fruto

**Tabla 3.4.** Análisis de la variancia para el diámetro de fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

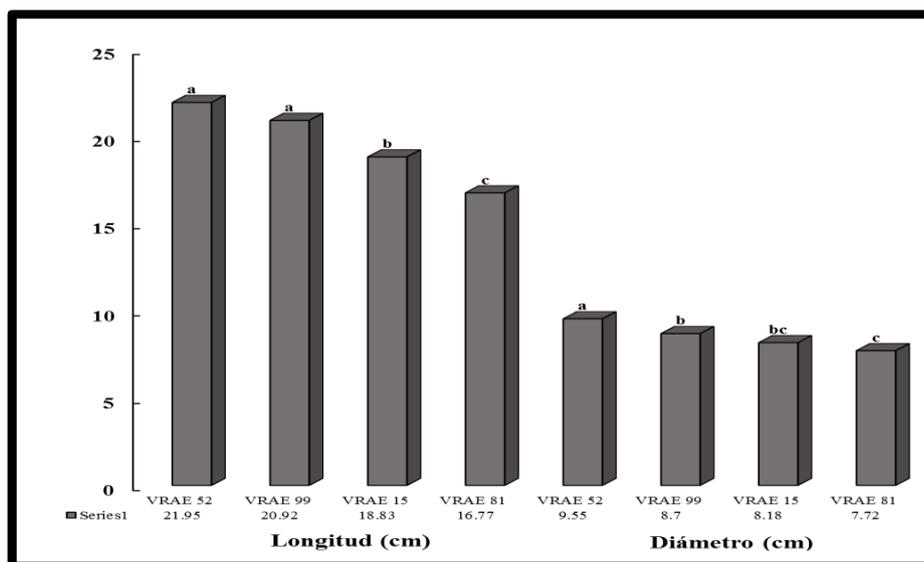
F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	37.03	12.34	30.31	<0.0001 **
Clones	3	37.03	12.34	30.31	<0.0001 **
Error	76	30.95	0.41		
Total	79	67.98			

CV = 7.47%

Según las tablas 3.3 y 3.4, el análisis de variancia para el tamaño del fruto conformado por la longitud y diámetro de fruto, muestran que el p valor es menor que 0.01, este resultado demuestra alta significación estadística entre los clones; es decir, que al menos uno de los clones tiene un promedio superior o inferior a los demás, por lo que se recomienda realizar prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variación para la longitud del fruto y diámetro de fruto, es 9.98% y 7.47%, respectivamente, indica que los datos se encuentran distribuidos con normalidad y no son distantes de la media.

Según la figura 3.1, prueba de Tukey para la longitud de fruto, se observa que los clones VRAE 52 con 21.95 cm y VRAE 99 con 20.92 cm, no tienen diferencia estadística entre sí, pero sí son superiores y diferentes en longitud, frente a los clones VRAE 15 con 18.83 cm y VRAE 81 con 16.77 cm, respectivamente, siendo el VRAE 81 inferior a los demás clones. La misma figura 3.1, prueba de Tukey para el diámetro de fruto, muestra que el clon VRAE 52 estadísticamente es superior a los demás clones con un promedio de 9.55 cm; seguida por el clon VRAE 99 con un promedio de 8.70 cm, el cual no muestra diferencia significativa frente al clon VRAE 15 con 8.18 cm, pero sí es superior al VRAE 81 que logró sólo 7.72 cm.

ARGUELLO (2000) menciona que los frutos o mazorcas tienen diferentes formas y tamaños, de acuerdo con la variedad. Miden entre 15 a 30 centímetros de largo y de 7 a 10 centímetros de ancho, son puntiagudas y con camellones a los largo de la mazorca.



**Figura 3.1.** Prueba de Tukey para la longitud y diámetro del fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

Según los resultados, confrontada con la escala adaptada por SORIA y ENRÍQUEZ (1981), citado por GARCÍA (2010), considerando la variable longitud del fruto, los clones promisorios VRAE 15 con 18.83 cm y VRAE 81 con 16.77 cm, se encuentran dentro de la escala intermedio (15 – 19 cm); mientras los clones promisorios VRAE 52 con 21.95 cm y VRAE 99 con 20.92 cm, se encuentran dentro de la escala grande (20 – 24 cm).

Respecto a la variable diámetro del fruto, el clon promisorio VRAE 52 con 9.55 cm es mejor, seguido por los clones VRAE 99, VRAE 15 y VRAE 81, con 8.7 cm, 8.18 cm, 7.42 cm, respectivamente.

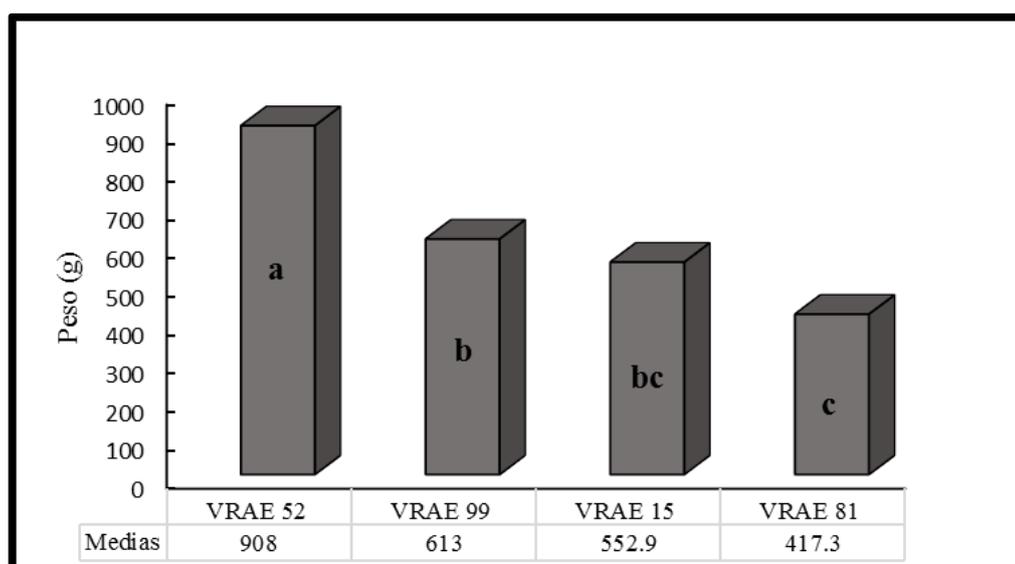
En conclusión para el tamaño de fruto, representados por la longitud y el diámetro de fruto, los clones promisorios VRAE 52 y VRAE 99, tienen mejor característica agronómica referida al tamaño de fruto, en comparación con los demás clones estudiados.

### b. Peso del fruto

**Tabla 3.5.** Análisis de la variancia para el peso del fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	2571026.5	857008.83	27.77	<0.0001 **
Clones	3	2571026.5	857008.83	27.77	<0.0001 **
Error	76	2345530.4	30862.24		
Total	79	4916556.9			

CV = 28.21%



**Figura 3.2.** Prueba de Tukey para el peso de fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

La tabla 3.5, muestra el análisis de variancia para el peso del fruto donde se observa que el p valor es menor que 0.01, lo cual demuestra alta significación estadística entre los clones; es decir, que al menos uno de los clones tiene un promedio superior o inferior a los demás, por lo que se recomienda realizar prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variación de 28.21%, indica que los datos se encuentran distribuidos con normalidad y no son muy distantes de la media.

La figura 3.2 prueba de Tukey para el peso de fruto, muestra que el clon VRAE 52 estadísticamente es superior a los demás clones, con un promedio de 908 g, seguida por el clon VRAE 99, con un promedio de 613 g, el cual no muestra diferencia significativa frente al clon VRAE 15 con 552.9 g, pero sí es superior al de VRAE 81 que alcanzó solo 417.3 g.

Según los resultados del presente trabajo de investigación, el clon promisorio VRAE 52 tiene mayor peso promedio por fruto con 0.908 kg, seguido por VRAE 99 con 0.613 kg, lo que significa que ambos clones tienen mejores características agronómicas respecto al peso de fruto, en comparación con los demás clones estudiados.

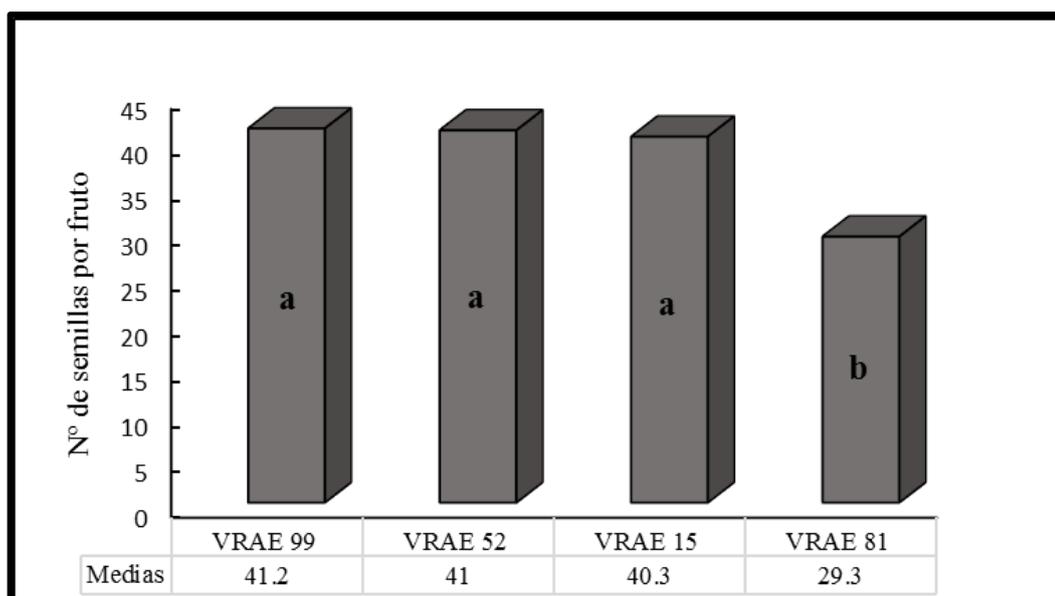
### c. Número de semillas por fruto

La tabla 3.6, muestra el análisis de variancia para el número de semillas donde se observa que el p valor es menor que 0.01, lo cual demuestra alta significación estadística entre los clones; es decir, que al menos uno de los clones tiene un promedio superior o inferior a los demás, por lo que se recomienda realizar prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variación de 22.53%, indica que los datos se encuentran distribuidos con normalidad y no son muy distantes de la media.

**Tabla 3.6.** Análisis de la variancia para el número de semillas por fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	1999.54	666.51	9.12	<0.0001 **
Clon	3	1999.54	666.51	9.12	<0.0001 **
Error	76	5553.15	73.07		
Total	79	7552.69			

CV = 22.53%



**Figura 3.3.** Prueba de Tukey para el número de semillas por fruto de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

La figura 3.3, prueba de Tukey para número de semillas por fruto, muestra que los clones VRAE 99 con 41.2 semillas, VRAE 52 con 41 semillas y VRAE 15 con 40.3 semillas, no tienen diferencias estadísticas entre sí, y a su vez son superiores al clon VRAE 81 el cual presenta un promedio de 29.3 semillas por fruto.

ENRÍQUEZ (1966) señala que cada mazorca contiene en general entre 30 y 40 semillas dispuestas en placentación axial e incrustada en una masa de pulpa desarrollada de las capas externas de la testa.

Según el resultado del presente trabajo de investigación, se determinó la homogeneidad numérica de las semillas contenidas en cada mazorca de los tres clones promisorios VRAE 99, VRAE 52 y VRAE 15, los mismos se encuentran dentro de la escala señalada por ENRÍQUEZ (1966) entre 30 - 40 semilla por fruto, por lo contrario el clon promisorio VRAE 81, se encuentra por debajo de la escala en mención. Es decir, en conclusión para el número de semillas, los clones promisorios VRAE 99, VRAE 52 y VRAE 15, tienen mejor característica agronómica, en comparación con VRAE 81.

#### d. Peso seco de semilla

Según la tabla 3.7, 3.8 y 3.9, el análisis de variancia para el peso de semilla con testa, peso de la testa y peso de semilla sin testa (cotiledón), se observa que el p valor es menor que 0.01, lo cual demuestra alta significación estadística entre los clones; es decir, que al menos uno de los clones tiene un promedio superior o inferior a los demás, por lo que no se recomienda realizar prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variación para para el peso de semilla con testa, peso de la testa y peso de semilla sin testa (cotiledón), es de 12.29%, 14.61% y 13.02%, respectivamente, esto indica que los datos se encuentran distribuidos con normalidad y no son muy distantes de la media.

##### d.1. Peso de semilla con testa

**Tabla 3.7.** Análisis de la variancia del peso de la semilla con testa de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	3	21.81	7.27	202.83	<0.0001 **
Clones	3	21.81	7.27	202.83	<0.0001 **
Error	76	2.72	0.04		
Total	79	24.53			

CV=12.29%

##### d.2. Peso de la testa

**Tabla 3.8.** Análisis de la variancia del peso de la testa de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	0.03	0.01	57.89	<0.0001 **
Clones	3	0.03	0.01	57.89	<0.0001 **
Error	76	0.02	2.00E-04		
Total	79	0.05			

CV=14.61%

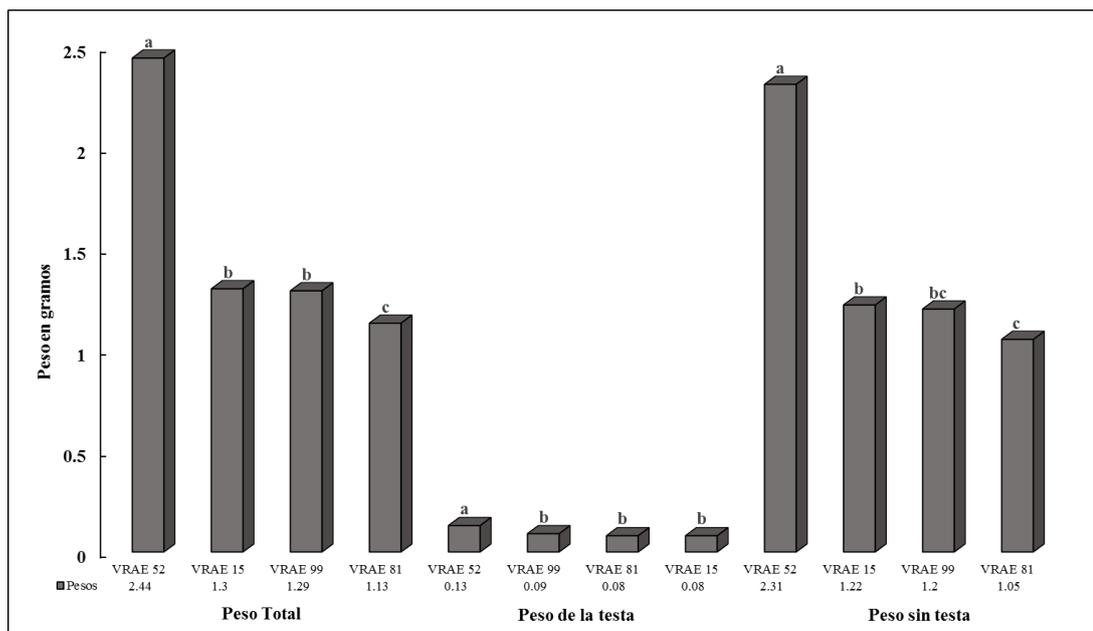
### d.3. Peso de la semilla sin testa (cotiledón)

**Tabla 3.9.** Análisis de la variancia del peso de la semilla sin testa (cotiledón) de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	20.15	6.72	190.15	<0.0001 **
Clones	3	20.15	6.72	190.15	<0.0001 **
Error	76	2.68	0.04		
Total	79	22.83			

CV= 13.02%

La figura 3.4, muestra prueba de Tukey para el peso de la semilla con testa, peso de la testa y peso de la semilla sin testa (cotiledón) de los cuatro clones de cacao. Donde el clon VRAE 52 estadísticamente es superior a los demás clones, con un peso promedio de semilla con testa de 2.44 g, que al quitarle la testa de 0.13 g, queda con un peso promedio de semilla sin testa de 2.31 g; seguido por los clones VRAE 15 con un peso promedio de semilla con testa de 1.3 g, restándole la testa de 0.09 g, queda con un peso promedio de semilla sin testa de 1.22 g, y clon VRAE 99 que obtuvo un peso promedio de semilla con testa de 1.29 g, descontándole la testa de 0.08 g, queda con un peso promedio de semilla sin testa de 1.20 g; y siendo el clon VRAE 81 inferior a los demás clones, con un peso promedio de semilla con testa de 1.13 g, que al retirar la testa de 0.08 g, queda con un peso promedio de semilla sin testa de 1.05 g. En conclusión el resultado del presente trabajo de investigación demuestra, que el clon promisorio VRAE 52, tiene mejor característica agronómica en relación al peso de semilla con testa y sin testa, en comparación a los demás clones en estudio.



**Figura 3.4.** Prueba de Tukey para peso de la semilla total, peso de la testa y peso de la semilla sin testa (cotiledón) de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

#### e. Tamaño de la semilla

Según la figura 3.4, prueba de Tukey para el tamaño de semilla en función del peso seco de la semilla, demuestra que el clon promisorios VRAE 52 estadísticamente es superior a los demás clones en estudio. Considerando la escala adaptada por SORIA y ENRÍQUEZ (1981), citado por García (2010), el clon promisorios VRAE 52 con 2.44 g, se ubica dentro de la escala muy grande, es decir por encima de 1.8 gr, mientras los clones VRAE 15 con 1.3 g, VRAE 99 con 1.29 g y VRAE 81 con 1.13 g, respectivamente, se encuentran dentro de la escala intermedio, es decir entre 1.1 – 1.4 g. Cuyo resultado demuestra que el clon VRAE 52 tiene mejores características agronómicas en el tamaño de semilla, en comparación con los demás clones en estudio.

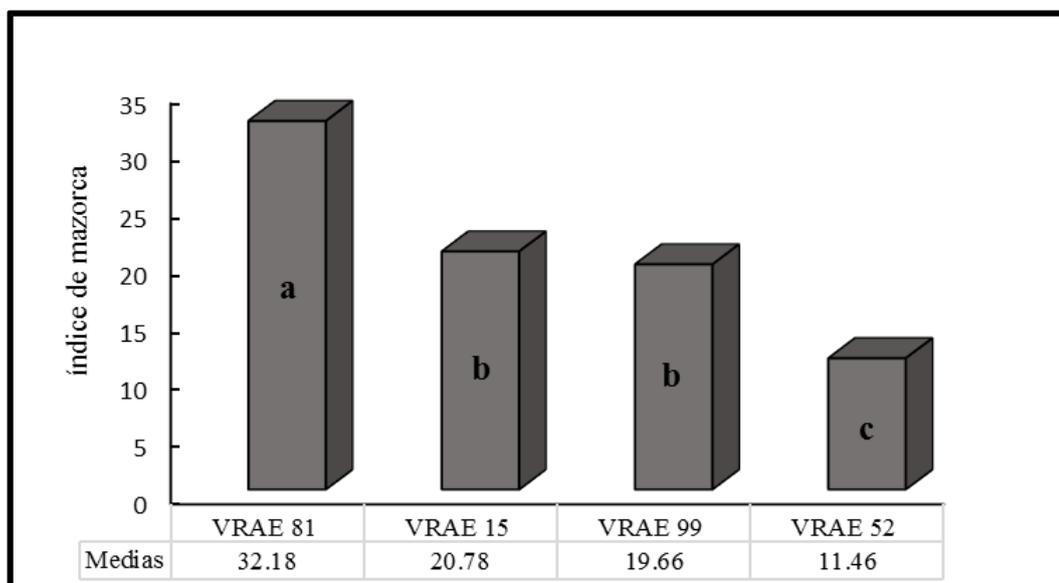
## f. Índice de mazorca

**Tabla 3.10.** Análisis de la variancia del índice de mazorca clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	4358.04	1452.68	30.88	<0.0001 **
Clones	3	4358.04	1452.68	30.88	<0.0001 **
Error	76	3575.06	47.04		
Total	79	7933.09			

CV=32.63%

La tabla 3.10, muestra el análisis de variancia para el índice de mazorca, donde se observa que el p valor es menor que 0.01, lo cual demuestra alta significación estadística entre los clones; es decir, que al menos uno de los clones tiene un promedio superior o inferior a los demás, por lo que se recomienda realizar prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variación de 32.63%, indica que los datos se encuentran distantes a la media, probablemente por los resultados obtenidos para los clones VRAE 81 y VRAE 52.



**Figura 3.5.** Prueba de Tukey del índice de mazorca de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

La figura 3.5, prueba de Tukey, muestra que el clon VRAE 52 estadísticamente es superior a los demás clones en índice de mazorca con una media de 11.46 mazorcas para obtener 1 kg de semilla seco; mientras los clones VRAE 99 con una media de 19.66 mazorcas y VRAE 15 con una media de 20.78 mazorcas, no tienen diferencia estadística entre sí, pero sí es superior al VRAE 81 que logró 32.18 mazorcas para conseguir 1 kg de semilla de cacao seco.

SÁNCHEZ (1983) señala que los materiales ICS-60, ICS-1 y FTA-1 presentan índices de mazorca superiores de 14 a 15 mazorcas por kg de cacao seco, favoreciendo a los agricultores por su mayor rendimiento. Por otro lado los clones FAR-12, FSA-12, FSA-11, FTA 2, IMC-67 e ICS-95, presentan índices de mazorca muy altos, demostrando un tanto poco favorables para el agricultor.

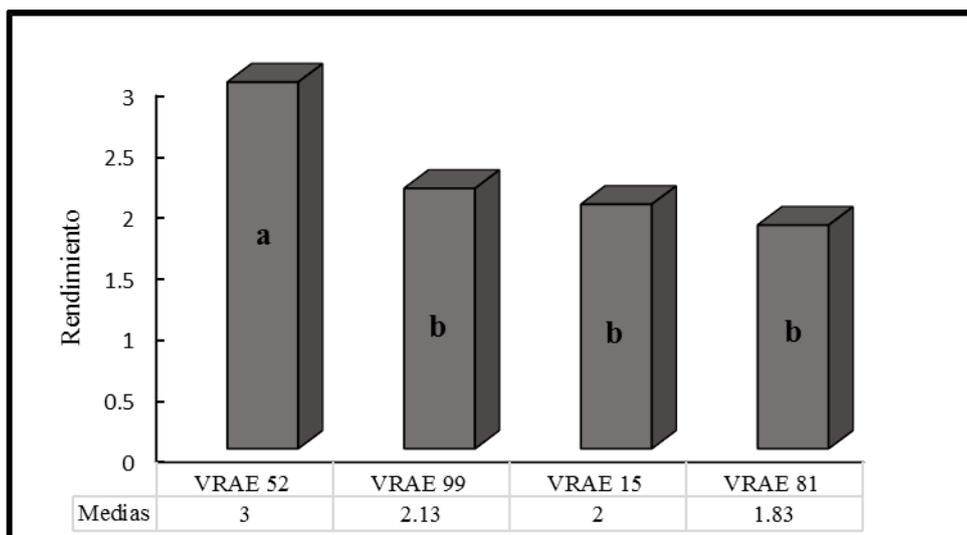
Comparado con la información proporcionada por SÁNCHEZ (1983) y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se concluye que el clon VRAE 52 tiene un alto índice de mazorca, con un valor de 11.46 mazorcas para obtener 1 kg de semilla de cacao seco, mientras con los clones VRAE 99 y VRAE 15, se requiere 19.66 y 20.78 mazorcas, respectivamente para obtener 1 kg de semilla de cacao seco.

#### g. Rendimiento

**Tabla 3.11.** Análisis de la variancia del rendimiento (kg/planta/año) de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo	3	16.24	5.41	15.03	<0.0001 **
Clones	3	16.24	5.41	15.03	<0.0001 **
Error	76	27.37	0.36		
Total	79	43.61			

CV = 26.82%



**Figura 3.6.** Prueba de Tukey para el rendimiento de cuatro clones de cacao en el jardín clonal de la “Asociación de productores CACAO VRAE”, en el sector Aeropuerto, distrito de Kimbiri, la Convención, Cusco.

La tabla 3.11, muestra el análisis de variancia para el rendimiento donde se observa que el p valor es menor que 0.01, lo cual demuestra alta significación estadística entre los clones; es decir, que al menos uno de los clones tiene un promedio superior o inferior a los demás, por lo que se recomienda realizar prueba de contraste Tukey. El coeficiente de variación de 26.82%, indica que los datos se encuentran distribuidos con normalidad y no son muy distantes de la media.

La figura 3.6, prueba de Tukey, muestra que el clon VRAE 52 estadísticamente es superior a los demás clones en rendimiento con una media de 3.0 kg de semilla de cacao seco por árbol por año; mientras los clones VRAE 99 con 2.13 kg, VRAE 15 con 2.0 kg y la variedad VRAE 81 con una media de 1.83 kg de semilla de cacao seco por árbol por año, respectivamente, no tienen diferencia estadística entre sí.

Según ARGUELLO (2000) el Perú tiene una producción promedio de 800 kg por hectárea, superior a África 300 kg y Ecuador 500 kg por hectárea. Por su parte HIDALGO (2003) manifiesta que la producción de frutos comienza a los 2- 4 años, el rendimiento aumenta cada año hasta los 8 a 10 años, se estabiliza entre los 11-15 años y se mantiene desde los 16 hasta los 30 - 35 años de edad de la plantación. El rendimiento declina moderadamente entre los 36 - 45 años y luego rápidamente entre los 46 - 60 años de edad de la plantación.

Confrontado con la información proporcionada por ARGUELLO (2000) y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se concluye que el clon VRAE 52 tiene un mayor rendimiento, con un valor de 3.0 kg de semilla de cacao seco por árbol por año; es decir, si en una hectárea se tiene 1,111 plántones, a un distanciamiento de 3 m, el rendimiento del clon promisorio VRAE 52 sería de 3,333 kg de semilla de cacao seco por hectárea. Mientras los clones VRAE 99, VRAE 15 y VRAE 81, tienen menor rendimiento con 2.13, 2.0 y 1.83 kg de semilla de cacao seco por árbol por año.

## CONCLUSIONES

1. Para las características morfológicas del fruto, los clones VRAE 15 y VRAE 52, tienen características similares, en la constricción basal del fruto tipo intermedia, forma de ápice de fruto atenuado, rugosidad del fruto, profundidad del surco y separación de un par de lomos tipo ligero; los clones VRAE 15 y VRAE 81, tienen afinidad en la constricción basal del fruto intermedia, forma de fruto abovado, de color anaranjado y cáscara suave; los clones VRAE 52 y VRAE 99, tienen características similares, respecto a la forma de fruto oblonga de color amarillo y cáscara dura. Y los clones VRAE 52 y VRAE 81, se asemejan sólo en la constricción basal que tipo intermedia.
2. Para las características morfológicas de la semilla, los clones VRAE 15, VRAE 81 y VRAE 99, tienen características similares, en la forma de la semilla en sección transversal de tipo intermedio; los clones VRAE 15 y VRAE 52, tienen color de cotiledón violeta; los clones VRAE 52 y VRAE 99, presentan forma de la semilla en sección longitudinal tipo oblonga. Y los clones VRAE 81 y VRAE 99, se asemejan en la forma de la semilla en sección transversal tipo intermedio y color de cotiledón morado.
3. Para las características agronómicas, los clones VRAE 52 y VRAE 99, tienen mejores cualidades respecto a los caracteres longitud, diámetro y peso de fruto, seguido por VRAE 15. Asimismo los clones VRAE 52, VRAE 99 y VRAE 15, tiene mayor número de semillas. Y el clon VRAE 52, tiene mejores atributos en peso de semilla con testa y sin testa, tamaño de semilla en función del peso seco de la semilla, índice de mazorca y rendimiento, seguido por los clones VRAE 15 y VRAE 99.

## **RECOMENDACIONES**

1. Continuar con los trabajos de caracterización, registros de producción y rendimiento, así como las características industriales de los clones en estudio.
2. Promover la producción de los clones promisorios VRAE 52 y VRAE 99, porque tiene mejores características agronómicas frente a los demás clones.
3. Continuar con los trabajos de evaluación como densidad de siembra (distanciamiento), la calidad del grano (contenido de grasa y aroma) de los clones evaluados, por que presentan mejor número de semillas por fruto, peso de semillas, índice de mazorca y rendimiento de los clones VRAE 52, VRAE 99 y VRAE 15.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÓN, E; SANTOS R. 2010. Identificación colecta y conservación de cacao tipo criollos y arboles elites en la regiones cacaoteras de Nicaragua. INTA, Informe técnico de gira. 2010.
- ARGUELLO, O; MEJÍA L. 2000. Variabilidad morfo agronómica de 59 árboles de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Santander. In Tecnología para el mejoramiento de sistemas de producción de cacao, Corpoica, Bucaramanga, CO. p 50 – 54 Mejía LA; Argüello, CO. eds. Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. CORPOICA. Bucaramanga, Colombia. p. 50-54.
- BRAUDEAU, J. 1970. El cacao. Colección Agricultura Tropical. Editorial Blume. Barcelona ES. 304 p.
- ENRÍQUEZ, G. 1966. Selección y estudio de los caracteres de la flor, la hoja y la mazorca, útiles para la identificación y descripción de cultivares de cacao. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, CR) OEA, CATIE, Turrialba CR. p. 64-71.
- ENRÍQUEZ, G. 1991. Descripción y evaluación de los recursos genéticos. In Técnicas para el manejo y uso de los recursos genéticos vegetales. Castillo, R. Estrella, J. Tapia, C. eds. Editorial Porvenir. Quito EC. p. 116 – 160.
- FABREGA J.C.; MATEU, A.E. 1999. Problemas de epidemiología veterinaria. 1ra ed., Server de Publicacions Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona España. 165p.
- GARCÍA, C. 2010. Catálogo de Cultivares de Cacao del Perú. Ministerio de Agricultura – DEVIDA. Lima, Perú.
- GARCÍA, C. 2007. Mejoramiento genético del cacao. En: Diplomado en cultivos industriales tropicales. Ed. UNAS. Tingo María. pp: 69-98.
- HARDY, F. 1969. Manual del cacao. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). Turrialba, CR. 362 p.
- HERNANDEZ, T. 1991. Cacao: Sistema de producción en la Amazonía peruana. Proyecto de Promoción Agroindustrial AD/PER/86/459 UNFDAC/PNUD/OSP. Tingo María. Perú.
- HIDALGO, R. 2003. Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. In Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos

- filogenéticos. (En línea). Franco T, Hidalgo R. eds. Boletín técnico no 8, IPGRI Cali, CO. Consultado 28 ago. 2007. Disponible en <http://www.biodiversityinternational.org/publications/pdf/894.pdf> p 2-26.
- IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources) 1981. Genetic resources of cocoa Roma, IT. 25.
- IPGRI. (International Plant Genetic Resources Institute) 2000. Estudios sobre el procedimiento para evaluar y seleccionar germoplasma de cacao FC/ICCO/IPGRI project Workshop 1998 Montpellier, FR. Eds Eskes, AB; Engels, JMM; Lass, RA. 176 p.
- MOTAMAYOR, JC; RISTERUCCI, AM; LÓPEZ, PA; ORTIZ, CF; MORENO, A; LANAUD, C. 2002. Cacao domestication. In The origin of the cacao cultivated by the Mayas. Heredity 89:380-386.
- M & O CONSULTING S.A.C. 2008. Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú. Proyecto de cooperación UE-Perú en materia de asistencia técnica relativa al comercio - Apoyo al programa estratégico nacional exportaciones (PENX 2003-2013). Lima Perú.
- PHILLIPS-MORA, W., ARCINIEGAS-LEAL, A., MATA-QUIRÓS, A., Y MOTAMAYOR-ARIAS, J. 2012. Catálogo de clones de cacao seleccionados por el CATIE para siembras comerciales. CATIE. Serie técnica. Manual técnico no.105. Turrialba, Costa Rica.
- PHILLIPS, W y ENRÍQUEZ, G. 1988. Catálogo de cultivares de cacao. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Programa de Mejoramiento de cultivos tropicales. Oficina Nacional de Semillas. (Series Técnicas, Boletín Técnico 18-60 p).
- POUND, FJ. 1932. The genetic constitution of cacao crops 1. Pp 9 -29 In Annual report of cacao Research 1931 – 1945. Imperial College of Tropical Agriculture Trinidad, TT.
- SÁNCHEZ, A. 1983. Cultivos de plantación. Manuales para la producción agropecuaria, área producción vegetal. Editorial Trillas, S.A. Segunda Reimpresión MX. p. 11 – 24.
- SORIA, VJ. 1966. Principales variedades de cacao cultivadas en América Tropical. Turrialba CR v.16 (3): 261-265.
- WOOD, G.A.R. 1982. Trad. Ambrosio, AM, Cacao. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. ed. en Español de la 3ed. en Inglés, MX. 368p.

## PÁGINA WEB

INTA (Caracterización morfológica del fruto y la semilla de 9 clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) realizado en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el año 2014-2015). Diciembre 2015. Consultado el 20 setiembre de 2018. Disponible en:

<http://repositorio.unan.edu.ni/782/1/10407.pdf>

CENAGRO (Censo Nacional Agropecuario. FOMENTO AL CULTIVO DE CACAO Y SISTEMAS). Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. Consultado el 12 octubre de 2018. Disponible en:

<http://hacienda.gob.ni/documentos/Gral/file>

PROGRAMA DE DESARROLLO ALTERNATIVO EN SATIPO. Buenas prácticas en el cultivo de cacao. Consultado el 02 de Enero de 2019. Disponible en:

[http://www.devida.gob.pe/documents/20182/331779/MANUAL+DE+PROTO OLOS+T%C3%89CNICOS+DE+CACAO/2f7cd647-1ac7-4362-9125-57daf5cd3cf6](http://www.devida.gob.pe/documents/20182/331779/MANUAL+DE+PROTO+OLOS+T%C3%89CNICOS+DE+CACAO/2f7cd647-1ac7-4362-9125-57daf5cd3cf6)

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola) 2009. Guía para caracterización de cacao orgánico. Octubre 2009, La Lima, Cortés, Honduras, C.A. Consultado el 14 de setiembre de 2018. Disponible en:

[http://www.fhia.org.hn/downloads/proteccion\\_veg\\_pagepdfs/cacao.pdf](http://www.fhia.org.hn/downloads/proteccion_veg_pagepdfs/cacao.pdf)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. 2014. Métodos alternativos de propagación cacao (*Theobroma cacao L.*). Serie técnica N° 1. UNA. 2004. Consultado el 05 de agosto de 2018. Disponible en:

<http://repositorio.una.edu.ni/2408/1/nf02a283m.pdf>

# ANEXOS

**Anexo 1**  
**Costos de evaluación**

Ítem	Cantidad	Costo
<b>A) Personal</b>		
Honorarios del Investigador	1	1000.0
Asistente del Investigador	2	2000.0
<b>B) Adquisición de equipos</b>		
GPS	1	480.0
Cámara digital	1	500.0
Laptop	1	3000.0
Impresora	1	600.0
herramientas		100.0
<b>C) Logística</b>		
Pasaje y viáticos		1000.0
<b>D) Materiales</b>		
Materiales de escritorio		200.0
Internet		500.0
<b>E) Otros servicios</b>		
Encuadernación		100.0
Empastado		100.0
Impresión		80.0
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>9,660.00</b>

## Anexo 2

### Caracterización morfológica del fruto de clones promisorios de cacao VRAE

N° DE MUESTRA	Y1: Constricción basal			
	VRAE 15	VRAE 52	VRAE 81	VRAE 99
1	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
2	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedio
3	Ligero	Intermedio	Intermedio	Fuerte
4	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
5	Intermedio	Intermedio	Ligero	Fuerte
6	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
7	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
8	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
9	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
10	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
11	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
12	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
13	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
14	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
15	Intermedio	fuerte	Intermedio	Fuerte
16	Ligero	Intermedio	Intermedio	Fuerte
17	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
18	Intermedio	Intermedio	fuerte	Fuerte
19	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte
20	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Fuerte

N° DE MUESTRA	Y2: Forma de fruta			
	VRAE 15	VRAE 52	VRAE 81	VRAE 99
1	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
2	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
3	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
4	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
5	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
6	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
7	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
8	Oblonga	Oblonga	Abovada	Abovada
9	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
10	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
11	Abovada	Abovada	Abovada	Oblonga
12	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
13	Abovada	Oblonga	Oblonga	Oblonga
14	Abovada	Oblonga	Oblonga	Oblonga
15	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
16	Abovada	Oblonga	Abovada	Abovada
17	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
18	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
19	Abovada	Oblonga	Abovada	Oblonga
20	Abovada	Oblonga	Abovada	oblonga

<b>Y3: Forma de ápice</b>				
<b>N° DE MUESTRA</b>	<b>VRAE 15</b>	<b>VRAE 52</b>	<b>VRAE 81</b>	<b>VRAE 99</b>
1	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
2	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
3	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
4	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
5	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
6	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
7	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
8	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
9	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
10	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
11	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
12	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
13	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
14	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
15	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
16	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
17	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
18	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
19	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado
20	Atenuado	Atenuado	agudo	Apezonado

<b>Y4: Color de fruto</b>				
<b>N° DE MUESTRA</b>	<b>VRAE 15</b>	<b>VRAE 52</b>	<b>VRAE 81</b>	<b>VRAE 99</b>
1	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
2	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
3	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
4	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
5	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
6	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
7	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
8	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
9	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
10	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
11	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
12	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
13	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
14	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
15	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
16	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
17	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
18	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
19	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo
20	Anaranjado	Amarrillo	Anaranjado	Amarrillo

<b>Y5: Rugosidad del fruto</b>				
<b>N° DE MUESTRA</b>	<b>VRAE 15</b>	<b>VRAE 52</b>	<b>VRAE 81</b>	<b>VRAE 99</b>
1	Ligero	Ligero	intermedio	Fuerte
2	Ligero	Intermedio	Intermedio	Fuerte
3	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
4	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
5	Ligero	Intermedio	Intermedio	Intermedio
6	Intermedio	Ligero	Intermedio	Fuerte
7	Ligero	Ligero	Fuerte	Fuerte
8	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
9	Intermedio	Fuerte	Intermedio	Fuerte
10	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
11	Ligero	Ligero	Fuerte	Fuerte
12	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
13	Fuerte	Ligero	Intermedio	Fuerte
14	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
15	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
16	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
17	Ligero	Ligero	Ligero	Fuerte
18	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
19	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte
20	Ligero	Ligero	Intermedio	Fuerte

<b>Y6: Dureza de la cáscara</b>				
<b>N° DE MUESTRA</b>	<b>VRAE 15</b>	<b>VRAE 52</b>	<b>VRAE 81</b>	<b>VRAE 99</b>
1	Suave	Dura	Suave	Dura
2	Suave	Dura	Suave	Dura
3	Suave	Dura	Suave	Dura
4	Suave	Dura	Suave	Dura
5	Suave	Suave	Suave	Dura
6	Suave	Suave	Suave	Dura
7	Suave	Dura	Suave	Dura
8	Suave	Dura	Suave	Dura
9	Suave	Dura	Suave	Dura
10	Suave	Dura	Suave	Dura
11	Suave	Dura	Dura	Dura
12	Suave	Dura	Suave	Dura
13	Suave	Dura	Suave	Dura
14	Suave	Dura	Suave	Dura
15	Suave	Dura	Suave	Dura
16	Suave	Suave	Suave	Dura
17	Suave	Dura	Suave	Dura
18	Suave	Dura	Suave	Dura
19	Suave	Dura	Suave	Dura
20	Suave	Dura	Suave	Dura

<b>Y7: Profundidad del surco</b>				
<b>Nº DE MUESTRA</b>	<b>VRAE 15</b>	<b>VRAE 52</b>	<b>VRAE 81</b>	<b>VRAE 99</b>
1	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
2	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
3	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
4	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
5	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
6	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
7	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
8	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
9	Ligera	Ligera	Ligera	Fuerte
10	Ligera	Ligera	Intermedio	Intermedio
11	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
12	Intermedia	Ligera	Intermedio	Fuerte
13	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
14	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
15	ligera	Intermedio	Intermedio	Fuerte
16	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
17	Ligera	Intermedio	Fuerte	Fuerte
18	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
19	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
20	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte

<b>Y8: Separación de un par de lomos</b>				
<b>Nº DE MUESTRA</b>	<b>VRAE 15</b>	<b>VRAE 52</b>	<b>VRAE 81</b>	<b>VRAE 99</b>
1	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
2	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
3	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
4	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
5	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
6	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
7	Ligera	Ligera	Fuerte	Fuerte
8	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
9	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
10	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
11	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
12	Ligera	Ligera	Fuerte	Fuerte
13	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
14	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
15	Intermedio	Ligera	Intermedio	Fuerte
16	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
17	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
18	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
19	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte
20	Ligera	Ligera	Intermedio	Fuerte

### Anexo 3

#### Caracterización morfológica de la semilla de cuatro clones promisorios del VRAE

<b>Y9: Forma de semilla en sección longitudinal</b>				
<b>Nº DE MUESTRA</b>	<b>VRAE 15</b>	<b>VRAE 52</b>	<b>VRAE 81</b>	<b>VRAE 99</b>
1	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
2	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
3	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
4	Oblonga	Ovada	Ovada	Oblonga
5	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
6	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
7	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
8	Oblonga	irregular	irregular	Oblonga
9	Oblonga	Ovada	irregular	irregular
10	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
11	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
12	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
13	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
14	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
15	Oblonga	irregular	irregular	Oblonga
16	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
17	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
18	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
19	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga
20	Oblonga	Ovada	irregular	Oblonga

<b>Y10: Forma de semilla en sección transversal</b>				
<b>N° DE MUESTRA</b>	<b>VRAE 15</b>	<b>VRAE 52</b>	<b>VRAE 81</b>	<b>VRAE 99</b>
1	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
2	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
3	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Aplanada
4	Intermedio	Aplanada	Aplanada	Intermedia
5	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
6	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
7	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
8	Aplanada	Aplanada	Intermedio	Intermedia
9	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
10	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
11	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Intermedia
12	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
13	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
14	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
15	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
16	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
17	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
18	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
19	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia
20	Intermedio	Aplanada	Intermedio	Intermedia

<b>Y11: Color del cotiledón</b>				
<b>N° DE MUESTRA</b>	<b>VRAE 15</b>	<b>VRAE 52</b>	<b>VRAE 81</b>	<b>VRAE 99</b>
1	Violeta	Violeta	Morado	Morado
2	Violeta	Violeta	Morado	Morado
3	Violeta	Violeta	Morado	Morado
4	Violeta	Violeta	Morado	Morado
5	Violeta	Violeta	Morado	Morado
6	Violeta	Violeta	Morado	Morado
7	Violeta	Violeta	Morado	Morado
8	Violeta	Violeta	Morado	Morado
9	Violeta	Violeta	Morado	Morado
10	Violeta	Violeta	Morado	Morado
11	Violeta	Violeta	Morado	Morado
12	Violeta	Violeta	Morado	Morado
13	Violeta	Violeta	Morado	Morado
14	Violeta	Violeta	Morado	Morado
15	Violeta	Violeta	Morado	Morado
16	Violeta	Violeta	Morado	Morado
17	Violeta	Violeta	Morado	Morado
18	Violeta	Violeta	Morado	Morado
19	Violeta	Violeta	Morado	Morado
20	Violeta	Violeta	Morado	Morado

## Anexo 4

### Características agronómicas de cuatro clones promisorios del cacao VRAE

N° MUESTRAS	Y12: Tamaño del fruto											
	VRAE 15			VRAE 52			VRAE 81			VRAE 99		
	log	diam	peso	log	Diam	peso	log	diam	peso	log	diam	peso
1	23,2	9,54	903	23,6	9,77	951	18,5	8,49	454	17,5	7,98	472
2	20,8	8,48	652	24	10,5	1205	18,3	8,36	537	19,2	8,07	549
3	20,5	8,61	628	21,3	10,1	910	16,8	7,68	407	22,7	9,59	781
4	19,7	8,32	671	23,5	9,9	1027	17	7,5	415	19,2	8,23	534
5	17,8	7,59	449	20,4	9,34	813	16,1	7,73	407	20,4	8,88	613
6	18,9	8,48	605	19,6	8,51	677	17,3	7,68	432	17	7,73	396
7	18,2	8,16	520	18,3	8,77	657	15,3	7,34	315	25,4	9,74	960
8	19,2	8,32	591	19,4	7,68	413	18,8	8,26	558	18	8,09	480
9	18,6	8,32	568	18,9	8,61	545	16	7,57	410	25,4	9,29	1,02
10	18,2	8	469	18,8	8,54	571	16,7	8,37	453	19,7	8,01	538
11	19,1	8,28	579	22	9,05	863	16,7	7,93	436	21	8,52	689
12	18,6	8,1	551	27	10,3	1325	16,8	7,08	352	19,1	7,97	483
13	19	8,18	546	23,2	10,5	1260	16,9	7,95	463	21,6	9,32	742
14	17	7,67	435	22	10,1	1016	15	7,03	328	17	7,73	422
15	16,1	8,41	406	23,2	9,72	995	16,1	7,5	353	23,3	9,83	874
16	19,7	8,24	552	23	9,8	925	15,3	7,7	378	23,3	9,14	802
17	18,1	8,05	480	24	9,63	1006	17,3	8	465	20,4	8,05	568
18	18,8	8	552	24,1	9,69	991	16,7	7,3	363	23,4	9,37	789
19	18	7,51	483	22	9,59	939	16,7	6,85	308	23,7	9,62	913
20	17,3	7,42	418	20,7	10,9	1071	17	8,05	512	21	8,9	654

Y13: Número de semillas por fruto				
N° DE MUESTRA	VRAE 15	VRAE 52	VRAE 81	VRAE 99
1	47	50	29	45
2	42	53	34	48
3	52	38	33	48
4	48	45	35	40
5	45	19	35	39
6	45	28	23	33
7	29	14	35	38
8	49	49	35	37
9	38	25	32	52
10	36	45	28	46
11	31	44	30	42
12	50	52	28	37
13	33	50	27	38
14	43	52	18	23
15	18	48	27	42
16	45	44	24	48
17	27	47	28	29
18	49	39	25	48
19	44	33	37	47
20	34	45	23	44

N° MUESTRAS	Y14: Tamaño de la semilla											
	VRAE 15			VRAE 52			VRAE 81			VRAE 99		
	peso con testa	peso de testa	peso sin testa	peso con testa	peso de testa	peso sin testa	peso con testa	peso de testa	peso sin testa	peso con testa	peso de testa	peso sin testa
1	1,27	0,09	1,18	2,71	0,11	2,6	1,39	0,08	1,31	1,45	0,09	1,36
2	1,3	0,1	1,2	2,16	0,13	2,03	1,14	0,08	1,06	1,44	0,09	1,35
3	1,41	0,09	1,32	2,67	0,13	2,54	1,12	0,07	1,05	1,36	0,1	1,26
4	0,95	0,08	0,87	2,88	0,13	2,75	1,31	0,1	1,21	1,1	0,09	1,01
5	1,26	0,06	1,2	2,79	0,17	2,62	1,19	0,09	1,1	1,4	0,1	1,3
6	1,49	0,06	1,43	2,44	0,13	2,31	0,87	0,08	0,79	1,14	0,11	1,03
7	1,2	0,08	1,12	2,29	0,15	2,14	0,91	0,07	0,84	1,3	0,09	1,21
8	1,18	0,1	1,08	2,36	0,11	2,25	1,21	0,09	1,12	1,47	0,08	1,39
9	1,41	0,09	1,32	2,37	0,14	2,23	1,44	0,06	1,38	1,32	0,08	1,24
10	1,18	0,06	1,12	2,42	0,11	2,31	1,37	0,07	1,3	1,26	0,08	1,18
11	1,07	0,06	1,01	2,31	0,14	2,17	1,05	0,08	0,97	1,38	0,09	1,29
12	1,52	0,09	1,43	2,31	0,11	2,2	1,02	0,08	0,94	1,35	0,09	1,26
13	1,43	0,1	1,33	2,67	0,12	2,55	1,13	0,07	1,06	1,09	0,09	1
14	1,55	0,09	1,46	2,48	0,17	2,31	1,11	0,1	1,01	1,5	0,1	1,4
15	1,26	0,08	1,18	1,98	0,13	1,85	1,14	0,09	1,05	1	0,09	0,91
16	1,6	0,06	1,54	2,66	0,15	2,51	1,17	0,1	1,07	1,15	0,08	1,07
17	1,33	0,06	1,27	2,05	0,11	1,94	0,76	0,09	0,67	1,34	0,09	1,25
18	1,06	0,08	0,98	2,36	0,14	2,22	0,97	0,08	0,89	1,19	0,09	1,1
19	1,22	0,09	1,13	2,17	0,11	2,06	1,16	0,1	1,06	1,15	0,1	1,05
20	1,4	0,08	1,32	2,66	0,15	2,51	1,14	0,09	1,05	1,42	0,09	1,33

Y15: Índice de mazorca				
N° DE MUESTRA	VRAE 15	VRAE 52	VRAE 81	VRAE 99
1	16,75	7,38	24,81	15,33
2	18,32	8,74	25,80	14,47
3	13,64	9,86	27,06	15,32
4	21,93	7,72	21,81	22,73
5	17,64	18,86	24,01	18,32
6	14,91	14,64	49,98	26,58
7	28,74	31,19	31,40	20,24
8	17,30	8,65	23,61	18,39
9	18,66	16,88	21,70	14,57
10	23,54	9,18	26,07	17,25
11	30,15	9,84	31,75	17,25
12	13,16	8,33	35,01	20,02
13	21,19	7,49	32,78	24,14
14	15,00	7,75	50,05	28,99
15	44,09	10,52	32,49	23,81
16	13,89	8,54	35,61	18,12
17	27,85	10,38	46,99	25,73
18	19,25	10,86	41,24	17,51
19	18,63	13,96	23,30	18,50
20	21,01	8,35	38,14	16,01

<b>Y16: Rendimiento</b>				
<b>N° DE MUESTRA</b>	<b>VRAE 15</b>	<b>VRAE 52</b>	<b>VRAE 81</b>	<b>VRAE 99</b>
1	2,27	4,07	2,22	2,61
2	2,07	3,43	2,13	2,76
3	2,79	3,04	2,03	2,61
4	1,73	3,89	2,52	1,76
5	2,15	1,59	2,29	2,18
6	2,55	2,05	1,10	1,50
7	1,32	0,96	1,75	1,98
8	2,20	3,47	2,33	2,18
9	2,04	1,78	2,53	2,75
10	1,61	3,27	2,11	2,32
11	1,26	3,05	1,73	2,32
12	2,89	3,60	1,57	2,00
13	1,79	4,01	1,68	1,66
14	2,53	3,87	1,10	1,38
15	0,86	2,85	1,69	1,68
16	2,74	3,51	1,54	2,21
17	1,36	2,89	1,17	1,55
18	1,97	2,76	1,33	2,28
19	2,04	2,15	2,36	2,16
20	1,81	3,59	1,44	2,50

## Anexo 5

### Panel fotográfico

Proceso de evaluación de cuatro clones promisorios de cacao VRAE.

FOTOGRAFÍA 01



Forma y color del fruto del clon VRAE 15

FOTOGRAFÍA 02



Forma y color del fruto del clon VRAE 81

FOTOGRAFÍA 03



Muestra de fruto del clon VRAE 52

FOTOGRAFÍA 04



Forma y color del fruto del clon VRAE 99

FOTOGRAFÍA 05



Muestra de características morfológicas del fruto del clon VRAE 52

FOTOGRAFÍA 06



Recolección de frutos de cacao VRAE clon 15

FOTOGRAFÍA 07



Recolección de frutos de cacao clon VRAE 81

FOTOGRAFÍA 08



Etiquetado de los clones en evaluación

FOTOGRAFÍA 09



Descripción morfológica del fruto cacao del clon VRAE 15

FOTOGRAFÍA 10



Medición del tamaño del fruto cacao del clon VRAE 15

FOTOGRAFÍA 11



Medición de diámetro del clon VRAE 15

FOTOGRAFÍA 12



Pesado del fruto de cacao del clon VRAE 15

FOTOGRAFÍA 13



Prueba de dureza del fruto del clon VRAE 15

FOTOGRAFÍA 14



Conteo de semillas de cacao por mazorca

FOTOGRAFÍA 15



Medición de grosor de la mazorca del fruto de cacao

FOTOGRAFÍA 16



Pesado de semillas de cacao con mucílago por mazorca de caco

FOTOGRAFÍA 17



Evaluación del color de los cotiledones

FOTOGRAFÍA 18



Comparación de granos de cacao de cuatro clones promisorios del VRAE

FOTOGRAFÍA 19



Pesado de granos de cacao

FOTOGRAFÍA 20



Peso del grano del clon VRAE 52

FOTOGRAFÍA 21



Pesado del fruto del cacao

FOTOGRAFÍA 22



Caracterización de la profundidad del surco de la mazorca

FOTOGRAFÍA 23



Descripción de la forma del ápice del fruto del clon VRAE 15

FOTOGRAFÍA 24



Determinación de la constricción basal del fruto del clon VRAE 15