

## Innovación tecnológica en cacao Andino

**Producto 2. Informe con datos sobre caracterización e identificación de materiales de cacao de calidad diferenciada por país.**

PhD. Angelica Piedad Sandoval Aldana

MsC. Nubia Martínez Guerrero

Ing. Heidi Briggity Horta Tellez

2021



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un programa de cooperación administrado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Angelica Piedad Sandoval Aldana, Nubia Martínez Guerrero y Heidi Briggity Horta Tellez. Con la colaboración de Isabel Paz, Gian Carlos Peñaloza y Milber Ureña.

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

**FONTAGRO**

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)

[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>6</b>
<b>Caracterización de materiales de cacao de calidad diferenciada - Colombia</b> .....	<b>7</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>7</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>8</b>
<b>Localización</b> .....	<b>8</b>
<b>Desarrollo Metodológico</b> .....	<b>9</b>
• <b>Evaluación morfológica</b> .....	<b>10</b>
• <b>Fermentación y secado</b> .....	<b>10</b>
• <b>Evaluación de relación teobromina / cafeína</b> .....	<b>10</b>
• <b>Polifenoles Totales</b> .....	<b>10</b>
• <b>Actividad antioxidante</b> .....	<b>11</b>
<b>Evaluación sensorial</b> .....	<b>11</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>12</b>
<b>Georreferenciación</b> .....	<b>12</b>
<b>Evaluación morfológica</b> .....	<b>12</b>
<b>Evaluación química</b> .....	<b>19</b>
<b>Discusión</b> .....	<b>24</b>
<b>Caracterización de materiales de cacao de calidad diferenciada - Perú</b> .....	<b>28</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>28</b>
<b>Metodología</b> .....	<b>29</b>
<b>Resultados</b> .....	<b>31</b>
<b>Caracterización morfoagronómica</b> .....	<b>32</b>
<b>Análisis químicos</b> .....	<b>35</b>
<b>Contenido de polifenoles y actividad antioxidante</b> .....	<b>36</b>

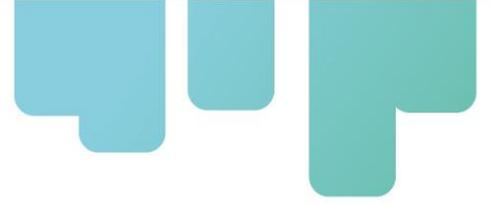


**Análisis sensorial..... 36**

**Conclusiones ..... 39**

**Referencias Bibliográficas..... 45**

**Instituciones Participantes ..... 49**



## Abstract

The international cocoa organization recognized Colombian cocoa as fine aroma quality thus giving this product a high position and greater demand at international level. Colombia has different cocoa-producing areas, including Tolima and Huila department, which occupy the fourth and fifth place of production with approximately 13.4% of the total at the end of 2019. In this area there are different genotypes cacao, some older than 40 years. Many of these materials that were introduced years ago and have been adapted to the agroclimatic conditions of each area have begun to be replaced by universal materials, losing the conservation of native varieties that sometimes tend to be superior in quality and organoleptic attributes.

Peruvian cocoa is recognized for its diversity, genetic variability and quality potential as part of the center of origin and diversity of the species. In recent years, production areas and productivity have increased, as well as participation in the international market, organic certification and recognition of fine aroma quality for specialized market niches. Genetic improvement programs in cocoa are very slow because it is a perennial crop that requires time to start production. Since 1930, various activities began in Latin America that contributed to the selection of materials with better performance characteristics and response to diseases to be established in commercial crops, however, in recent years and with the study of the genetic diversity of Peruvian cacao, has observed the potential for the selection of new genotypes of materials recognized for their organoleptic quality that is necessary to deepen.

As a contribution to the improvement of Peruvian and Colombian cacao, it was carried out a research for evaluation and selection of promising cocoa trees in different regions of the countries. Each of the materials was chosen in conjunction with the producers of the area, who under their experience with each of the farms highlighted hybrid materials of great antiquity, some with more than 60 years on the farm and that still have good productivity or sensory potential. Once the material was collected, the morphological, agronomic, physicochemical, functional and sensory characteristics were evaluated. It is necessary to continue with a monitoring of these materials and more analysis at the agronomic level to replicate these materials in the region.

**Key Words:** Cocoa, antioxidants, polyphenols, sensory quality



## Resumen

La organización internacional del cacao reconoció al cacao colombiano como “fino y de aroma”, dando así un alto posicionamiento a este producto y una mayor demanda a nivel internacional. Colombia cuenta con diferentes zonas productoras de cacao entre ellos el departamento de Tolima y Huila los cuales ocupan el cuarto y quinto puesto a nivel nacional con una producción de aproximadamente el 13.4% del total nacional al cierre del 2019. En esta zona se encuentran diferentes genotipos de cacao, algunos con una antigüedad superior a los 40 años. Muchos de estos materiales que fueron introducidos años atrás y que se han adaptado a las condiciones agroclimáticas de cada zona se han comenzado a reemplazar por materiales universales, perdiendo la conservación de variedades nativas que algunas veces suelen ser superiores en calidad y atributos organolépticos.

El cacao peruano es reconocido por su diversidad, variabilidad genética y potencial de calidad como parte del centro de origen y diversidad de la especie. En los últimos años las áreas de producción y la productividad se han incrementado, así como la participación en el mercado internacional, la certificación orgánica y el reconocimiento de calidad fino de aroma para nichos de mercado especializado. Los programas de mejoramiento genético en cacao son muy lentos debido a que es un cultivo perenne que requiere tiempo para el inicio de producción. Desde 1930 se inició en Latinoamérica diversas actividades que contribuyeron a la selección de materiales de mejores características de rendimiento y respuesta a enfermedades para ser establecidos en cultivos comerciales, sin embargo, en los últimos años y con el estudio de la diversidad genética del cacao peruano se ha observado el potencial para la selección de nuevos genotipos de materiales reconocidos por su calidad organoléptica que es necesario profundizar.

Como aporte al mejoramiento del cacao peruano y colombiano, como resultado del proyecto se realizó la búsqueda evaluación y selección de árboles de cacao promisorios en diferentes regiones de los países. Cada uno de los materiales fue escogido en conjunto con los productores de la zona, quienes bajo su experiencia con cada uno de los predios destaco materiales híbridos de gran antigüedad, algunos con más de 60 años en el predio y que aun cuentan con buena productividad o potencial sensorial. Una vez recolectado el material, se evaluaron las características morfológicas, agronómicas, fisicoquímicas, funcionales y sensoriales. Se hace necesario continuar con un seguimiento de dichos materiales y más análisis a nivel agronómico con el fin de replicar estos materiales en la región para generar un nuevo posicionamiento del departamento en calidad y características sensoriales únicas y de origen, atractivas para potenciales compradores a nivel mundial.

Palabras Clave: Cacao, antioxidantes, polifenoles, calidad sensorial



# Caracterización de materiales de cacao de calidad diferenciada - Colombia

Angélica Sandoval Aldana  
Heidi Brigitte Horta

## Introducción

La cadena productiva del cacao se ha convertido en una de las más importantes a nivel mundial, debido a su aumento en el consumo per cápita y nuevas tendencias que han fascinado a los consumidores. Como resultado se ha evidenciado la labor de las empresas e instituciones con el fin de satisfacer la demanda. Es por ello por lo que estas entidades han generado un trabajo coordinado entre el sector público, el gremio de productores de cacao y el aporte de la cooperación internacional que ha permitido incrementar el área productiva, la productividad y la calidad de cacao fino de aroma.

En Colombia se ha venido desarrollando un enfoque hacia el cultivo de cacao, donde se planea aumentar la producción a gran escala y a largo plazo, abarcando diferentes departamentos del país, incluyendo mejoras en los métodos de producción y variedades productivas (Fedecacao, 2013). La producción anual de cacao en grano se obtiene de la explotación de unas 90.000 ha sembradas en 24.500 fincas. Dicha explotación es un renglón económico muy importante para los departamentos del Huila y del Tolima en Colombia, no obstante, presentan un nivel de competitividad bastante bajos en el contexto internacional, con rendimientos que difícilmente superan las 0.5 ton/ ha-1 en grano seco. Las causas del bajo rendimiento/ha obtenido actualmente se relacionan con cuatro aspectos: a) avanzada edad de las plantaciones sembradas; b) tipo de material de propagación utilizado (cacaos híbridos y comunes con bajos niveles de tolerancia a plagas y enfermedades); c) baja densidad de árboles en producción por hectárea y d) dificultades para que el agricultor pueda poner en práctica las recomendaciones de manejo integral del cultivo (Fedecacao, 2013).

Es por esto que los estudios de diversidad genética se están convirtiendo en una de las labores primordiales de los programas de fitomejoramiento a nivel nacional e internacional, para así poder aprovechar los recursos fitogenéticos, y lograr que el material conservado y/o cultivado se encuentre debidamente caracterizado; sin embargo, existe una considerable brecha entre el número de materiales conservados y de los que tienen datos de caracterización debido a la amplitud de los territorios existentes a nivel mundial (Hernández y Esquivel, 2004).



Aun así a nivel de Colombia se ha realizado la evaluación productiva de diferentes materiales en los tres departamentos más productores de cacao, siendo limitada la posibilidad de rescatar y coleccionar para su evaluación materiales regionales de otras zonas que han venido creciendo en producción a nivel nacional, y así dar paso a otras posibilidades con alto potencial genético que puedan ser usadas a futuro para esa zona o para la generación de un nuevo clon con alto potencial frente a lo que ya se encuentra en el mercado (Castellanos, Contreras & Toloza, 1999a).

De igual manera debe contemplar las causas de la baja competitividad, diagnosticar en campo, las condiciones naturales y de manejo que prevalecen en las zonas productoras, además de los requerimientos del mercado. Para así diseñar estrategias de intervención que incrementen la productividad, mejoren el manejo en cultivo y planteen soluciones frente a futuras limitantes que se puedan tener.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, el proyecto se ha centrado en la necesidad de hacer un reconocimiento de diferentes tipos de materiales de propagación que se encuentran en las tres zonas de estudio de los departamentos de Huila y Tolima, enfocándose en aquellos materiales con antigüedad y que se destacan en su productividad, con el fin de determinar posibles relaciones entre variables índice de grano, calidad sensorial y contenido de algunos componentes funcionales de gran importancia actualmente para el mercado. Además de localizar aquellos materiales nativos que se encuentren ya adaptados a las condiciones edafológicas del territorio, para contrastar la información y poder generar la incorporación de las variedades destacadas, y así permitir el aumento de productividad y mejoras de los perfiles sensoriales de las regiones en estudio.

## Metodología

### Localización

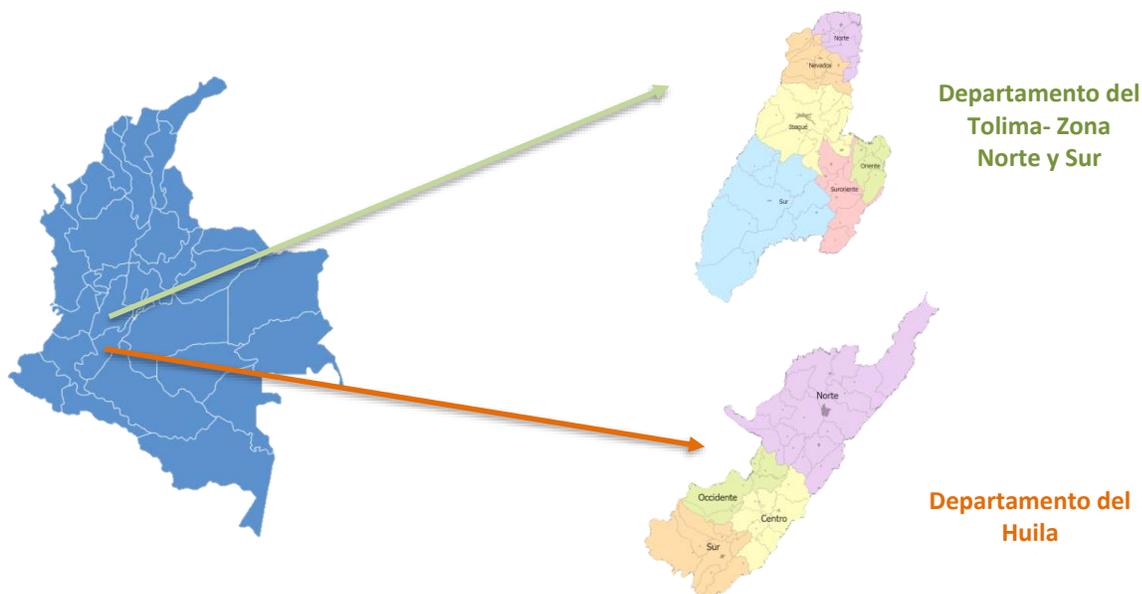
Los estudios se llevaron a cabo en tres zonas de Colombia, dichas zonas contempladas son los municipios de Planadas y Ataco, ubicados al sur del Tolima; los municipios de Fresno, Mariquita Palocabildo y Falan del norte del Tolima, y los municipios de Rivera y Campo Alegre en el departamento del Huila (figura 1). Estos municipios son los mayores productores de cacao en cada uno de sus departamentos. En el departamento del Tolima se tiene que el municipio de Ataco está ubicado a 153 km de Ibagué a una altura de 446 m.s.n.m, y tiene una superficie de 996.8 Km<sup>2</sup>, el 99.9% de la cual es también rural. El rango de temperaturas en el municipio oscila entre 22.6°C y 28.1°C. Por otro lado, el municipio de Planadas está ubicado al sur del Tolima, tiene una superficie de 1445 Km<sup>2</sup>, la mayoría rural, y una población de casi 30.000 habitantes. Planadas tiene una temperatura promedio de 20 °C y una altura de 1450 m.s.n.m.

Para el caso del norte del departamento del Tolima el municipio de Mariquita se encuentra



ubicado a 150 km de Bogotá, cuenta con un área total de 379.52 Km<sup>2</sup>, a una altura aproximada de 495 msnm, muy cerca de este municipio se encuentra Fresno el cual cuenta con un área total de 208 Km<sup>2</sup> y se encuentra ubicado a una altura de 1.465 m.s.n.m, con un promedio de temperatura de 18 a 20°C. Por otro lado, Palocabildo se encuentra ubicado a 1.450 m.s.n.m y cuenta con un área total de 65 Km<sup>2</sup>, de la cual la mayoría está constituida por zona rural, finalmente para el departamento del Tolima se hizo un reconocimiento en el municipio de Falan el cual ocupa un área de 187.5 Km<sup>2</sup> a una altura de 990 m.s.n.m, y el cual se caracteriza por tener el cultivo del cacao en el segundo producto de mayor producción en la región.

Por otra parte, el departamento del Huila, el municipio de Rivera tiene una superficie de 435 km<sup>2</sup>., además de una altitud media de 700 m.s.n.m y la temperatura promedio es de 24 °C. El municipio de Campoalegre está localizado a 525 m.s.n.m, próximo a Gigante y Neiva. Tiene una extensión de 661 km<sup>2</sup> y una población de casi 35.000 habitantes. La temperatura promedio es de 27 °C.



**Figura 1.** Localización de materiales destacados de los departamentos del Tolima (arriba) y Huila (abajo)

### Desarrollo Metodológico

En cada uno de los puntos seleccionados se realizó la toma de muestras de los frutos, a través de inspección visual e información de los agricultores. Cada predio fue georreferenciado. Una vez se recolectaron los frutos o mazorcas, estos se almacenaron, para posteriormente ser transportados hasta el laboratorio. Una vez en este, se procedió a romper la corteza del fruto, y a realizar las respectivas evaluaciones. A cada material se le realizaron las siguientes pruebas:



- **Evaluación morfológica**

La evaluación fisicoquímica se realizó con base a descriptores cualitativos y cuantitativos para generar un perfil para cada material evaluado. Para ello, se utilizaron los protocolos publicados por CATIE 2012.

- **Fermentación y secado**

La masa de cacao de cada material vegetal se fermentó independientemente usando recipientes plásticos con una capacidad de 800 g. Estas muestras se mantuvieron a una temperatura controlada de 35 ° C durante los primeros tres días, y luego la temperatura se incrementó a 45 ° C por dos días y finalmente a una temperatura de 50°C hasta terminar la etapa de fermentación. Después de la fermentación, la masa de cacao se extendió sobre marquesina para secar hasta alcanzar el 7% de contenido de humedad.

- **Evaluación de relación teobromina / cafeína**

Para determinar la relación teobromina/cafeína se tomaron 0.2 g de semilla previamente seca triturada, la cual fue mezclada con 3ml de ácido acético al 0.1% en tubos falcón, estos se llevaron a agitación durante 1 hora, y luego centrifugados por 5 min a 5.000 rpm, el sobrenadante fue tomado y filtrado en una membrana de 40 µm (cada muestra se realiza por duplicado). El análisis de HPLC se llevó a cabo en un Thermo Scientific ultimate 3000 equipado con un detector de matriz de diodos, muestreador automático y bomba cuaternaria (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, Estados Unidos). La separación de teobromina y cafeína se llevó a cabo utilizando un Dionex, (3 µm, 300Å, 2.1 x 50 mm) a un caudal de 0.2 ml / min y una temperatura de 25°C. La fase móvil utilizada fue una solución acuosa de ácido acético (0.1% v/v) como eluyente A y acetonitrilo como B en un ciclo de gradientes durante 35 minutos, en una relación (90-10). Los analitos separados fueron monitoreados a 280 nm y fueron identificados comparando los tiempos de retención y datos espectrales a los de los estándares.

- **Polifenoles Totales**

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se debe a su capacidad para eliminar los radicales libres. Para la determinación de polifenoles totales se tomaron 0.5 g de semilla previamente seca triturada, la cual fue mezclada en 2 ml de hexano en tubos falcón, estos se llevaron a agitación durante 1 hora, el sobrenadante resultante fue desechado, esta acción se realizó por triplicado. Una vez la semilla estuvo desengrasada se tomaron 0.15 g de semilla y se mezclaron con 2.25 ml de 2- propanol en tubos de ensayo los cuales fueron llevados a agitación por 1 hora, después de pasado este tiempo se tomó el sobrenadante y este fue filtrado en una membrana de 40µm. Una vez obtenido el extracto se toman 20 µl de este y se mezcla con 800 µL de agua destilada, de dicha muestra diluida se toman 25 µl y se le agregan 187.5 µl de agua destilada y 12.5 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu, después de 8 minutos se adiciona 25µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (10%) con agitación continua, incubado por 1 hora en refrigeración y oscuridad. Por otra parte, se usó ácido gálico como patrón de referencia para la curva de calibración con diluciones entre 0-100 µg/ml, para determinar la concentración de ácido gálico asociada a una absorbancia



a 760 nm en el espectrofotómetro. Se hace la lectura en microplacas de 96 pozos.

- **Actividad antioxidante**

#### **FRAP:**

Se usa el extracto mencionado en el proceso de detección de polifenoles totales, a dicho extracto se le añadieron 280  $\mu\text{L}$  de extracto diluido y 2,1  $\mu\text{L}$  de FRAP y luego se incubaron durante 4 min a 37 ° C. La absorbancia se leyó a 593 nm usando una celda de cuarzo. Una curva de calibración fue preparado usando diferentes concentraciones de Trolox (0.1, 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8 mmol / L) y FRAP, los datos se expresaron como equivalente en miligramos de Trolox (mgET) por gramo de material de muestra seco (mgEt / g de muestra seca). Se hace la lectura en microplacas de 96 pozos.

#### **DPPH:**

Se usa el extracto que se explica en el procedimiento de detección de polifenoles totales. Para la determinación del coeficiente de inhibición del radical DPPH se prepararon 10 ml de solución stock de DPPH a 100  $\mu\text{M}$  en metanol al 99% de pureza, se agito hasta la solubilización completa del compuesto y se almaceno a 4°C protegido de la luz. A partir de esta solución stock se preparó 50 ml de DPPH a 20  $\mu\text{M}$  en metanol al 99% de pureza. Las muestras son diluidas en una relación 1:20 con agua destilada. Se tomaron 50  $\mu\text{l}$  de la muestra diluida y se le agregaron 200  $\mu\text{l}$  de la solución de DPPH. Se realizo una lectura en un espectrofotómetro de UV/VIS a una longitud de onda de 517 nm con un tiempo de 30 minutos. Se hace la lectura en microplacas de 96 pozos. Se uso para la curva de calibración estándar de Trolox, con una concentración estándar entre 20 a 200 ppm.

#### **ORAC:**

Se usa el extracto realizado para la detección de polifenoles totales. La reacción se llevó a cabo en tampón fosfato 75 mM (pH 7.4) y la mezcla de reacción final fue de 200  $\mu\text{L}$ . Antioxidante (20  $\mu\text{l}$ ) y fluoresceína (120  $\mu\text{L}$ ; 70 nM, concentración final). Se coloco en el pozo de la microplaca. La mezcla se preincubó en ausencia de luz durante 15 min a 37°C. Solución de AAPH (60  $\mu\text{L}$ ; 12 mM, concentración final) se añadió rápidamente utilizando una pipeta multicanal. La microplaca fue colocada inmediatamente en el lector y la fluorescencia registrada cada minuto durante 90 minutos. La microplaca se agitó automáticamente antes de cada lectura. El blanco (FL + AAPH) usado fue tampón fosfato en lugar del solución antioxidante y ocho soluciones de calibración con Trolox (1-8  $\mu\text{M}$ , concentración final). Las muestras se realizaron por triplicado.

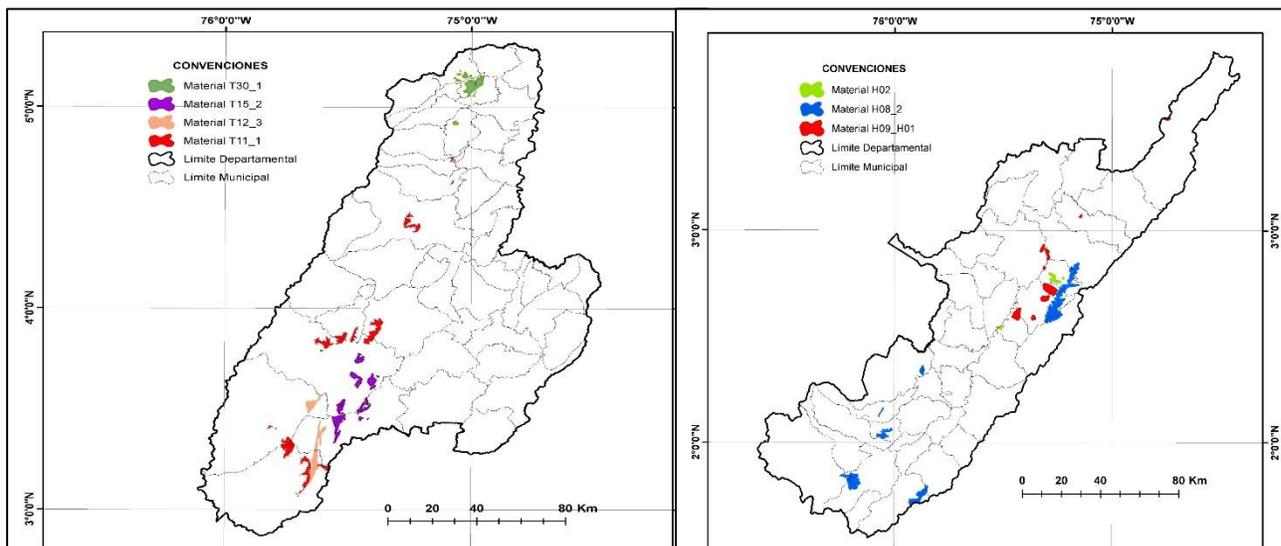
#### **Evaluación sensorial**

Se realizó la evaluación de cada una de las fermentaciones con el apoyo del panel sensorial en entrenamiento de la Universidad del Tolima. Durante las dos sesiones realizadas, se analizaron 4 muestras de licores de cacao, evaluando las características de: i) sabores básicos como: la acidez, amargo, astringencia, ii) sabores específicos como: floral, frutal, nuez y iii) sabores adquiridos como: crudo o verde, entre otros.

# Resultados

## Georreferenciación

Durante el transcurso del proyecto se realizaron diferentes visitas a campo a productores del norte y sur del Tolima como al departamento del Huila, donde se hizo la recolección de diferentes materiales híbridos. En total se evaluaron los materiales vegetales de 15 fincas las cuales poseían entre 2 a 4 hectáreas. Muchas de las fincas visitadas eran reconocidas en la zona por su buena productividad y calidad de cacao. En la figura 2, se muestra los mapas de los departamentos evaluados y la georreferenciación de 8 puntos donde se destaca la presencia de materiales vegetales con gran potencial.



**Figura 2.** Localización de materiales destacados de los departamentos del Tolima (izquierda) y Huila (derecha) Fuente: Autores

## Evaluación morfológica.

La caracterización del material vegetal se realizó a partir de 7 descriptores cualitativos y 15 cuantitativos. Como se observa en la tabla 1. La mayoría de los frutos recolectados cuentan con un color amarillo en su estado de madurez, excepto por los materiales H04, T11-2 y T14-1 los cuales tuvieron una tonalidad rojiza. A nivel de forma del fruto se destaca que más del 60% se caracteriza por una forma angoleta, seguido de frutos con forma amelonada y criolla. Respecto a la forma del ápice se tiene que el 37% de los frutos se destacan por tener un ápice mamilado, seguido por formas obtusas y redondeadas. De igual manera se pudo observar que la mayoría de frutos tienen una rugosidad intermedia.



Otro elemento importante a evaluar fue las características físicas de la semilla, muchas de estas como el color pueden a simple vista generar un preconceito de qué tipo de sabores o aromas básicos se pueden obtener de los granos de cacao, si se hace un proceso de beneficio eficiente. De los materiales recolectados se pudo observar que el color del cotiledón que tuvieron la mayoría de las semillas fue el morado, aunque en algunos este de una manera oscura y en otros de forma clara o violeta. A nivel de la forma del cotiledón la mayoría de las muestras contaran con una forma ovalada, seguido por algunas semillas con forma irregular.

**Tabla 1.** Caracterización física de 27 materiales de tres zonas de Colombia

REF.	Departamento	Municipio	Forma del fruto					Forma de la semilla	
			Color	Fruto	Apice	Constriccion basal	Rugosidad	Color cotiledon	Forma de cotiledon
H01	Huila	Campoalegre	Amarillo	Angoleta	Agudo	suave	Intermedia	Morado	Ovalada - irregular
H02	Huila	Rivera	Amarillo	Amelonado	Obtuso	Ausente	Suave	Morado	Ovalada
H04	Huila	Rivera	Rojo	Angoleta	Mamilado	suave	Suave	Café	Ovalada
H03	Huila	Rivera	Amarillo	Amelonado	Mamilado	Ausente	Intermedia	Morado	Ovalada
H05	Huila	Rivera	Amarillo	Angoleta	Obtuso	Suave	Fuerte	Morado	irregular
H08	Huila	Rivera	Amarillo	Angoleta	Mamilado	Suave	Intermedia	Morado	Ovalada
H08-2	Huila	Rivera	Amarillo	Criollo	Atenuado	Intermedia	Intermedia	Morado	Ovalada
H08-3	Huila	Rivera	Amarillo	Angoleta	Agudo	Suave	Intermedia	Morado	irregular
H09	Huila	Campoalegre	Amarillo	Angoleta	Agudo	suave	Intermedia	Morado	Ovalada
T27-1	Tolima	Fresno	Amarillo	Angoleta	Agudo	suave	Suave	Morado	Ovalada
T27-2	Tolima	Fresno	Amarillo	Angoleta	Mamilado	Intermedia	Fuerte	Morado	irregular
T30-1	Tolima	Palocabildo	Amarillo	Angoleta	Mamilado	Suave	Suave	Morado	Ovalada
T30-2	Tolima	Palocabildo	Amarillo	Angoleta	Agudo	Intermedia	Suave	Morado	Ovalada
T34-1	Tolima	Falan	Amarillo	Amelonado	Obtuso	intermedia	Suave	Morado	Ovalada
T34-2	Tolima	Falan	Amarillo	Amelonado	Obtuso	Suave	Suave	Morado	irregular
T34-3	Tolima	Falan	Amarillo	Angoleta	Mamilado	Suave	Suave	Morado	irregular
T26-1	Tolima	Mariquita	Amarillo	Amelonado	Redondeado	Suave	Suave	Morado	Ovalada
T26-2	Tolima	Mariquita	Amarillo	Amelonado	Redondeado	Suave	intermedio	Morado	irregular
T11-1	Tolima	Planadas	Amarillo	Angoleta	Mamilado	Intermedio	fuerte	Morado	irregular
T11-2	Tolima	Planadas	Amarillo - Rojiso	Angoleta	Mamilado	Intermedio	Intermedia	Morado	irregular
T12-1	Tolima	Planadas	Amarillo	Angoleta	Agudo	Intermedio	Intermedio	Morado	irregular
T12-2	Tolima	Planadas	Amarillo	Angoleta	Agudo	Intermedio	Suave	Morado	Ovalada
T12-3	Tolima	Planadas	Amarillo - naranja	Amelonado	Redondeado	Ausente	Fuerte	Morado	Ovalada
T14-1	Tolima	Ataco	Rojo	Angoleta	Obtuso	Suave	Suave	Morado	irregular
T14-2	Tolima	Ataco	Amarillo	Angoleta	Caudado	Fuerte	Intermedia	Morado	irregular
T15-1	Tolima	Ataco	Amarillo	Angoleta	Mamilado	Suave	Ausente	Morado - claro	Ovalada
T15-2	Tolima	Ataco	Amarillo	Criollo	Mamilado	Intermedio	Fuerte	Morado - claro	Ovalada



Durante esta caracterización se llevó a cabo un registro visual, a continuación, se muestran las fotografías a nivel de fruto y semilla de 8 materiales, donde se puede ver la diversidad en su forma especialmente en la rugosidad de cada fruto y donde se nota al igual las diferentes tonalidades de morado encontradas.



**Figura 3.** Fotografías de 8 materiales vegetales evaluados de 3 zonas de Colombia – fruto y semilla

Una vez realizada la descripción cualitativa de los materiales se realizaron diferentes pruebas a nivel de fruto, cascara, pulpa y semilla, donde se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

El peso del fruto y la relación longitud / diámetro de los 27 materiales oscila entre 200 a 1300 g y 1.8-3.2, respectivamente, estando la mayoría en el rango de los 300 a 800 g y una relación de 2.16 -2.53 . En esta característica se destacan los materiales T12-1, T30-1 y T27-1 con mayor peso promedio a nivel de fruto. A nivel del porcentaje de cascara se tiene un rango entre el 63 al 89%, siendo los clones H08 y H09 con mayor porcentaje a diferencia de los materiales T12-3 y T34-3 con menor porcentaje con relación a el peso inicial del fruto.

A nivel de pulpa se tuvieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), donde a nivel del porcentaje de pulpa se tuvo que la mayoría de las muestras contienen del 2.9 al 7.1%, destacándose los materiales T26-1 y H01 con mayor porcentaje, lo contrario de T30-2 y H08 con menores porcentajes. De igual manera se realizó la medición de pH de la pulpa donde este oscila entre rangos de 2.9 y 4.3 con mayor tendencia en valores de pH de 3.4 a 3.7.



**Tabla 2.** Descriptores cuantitativos de 27 materiales vegetales de 3 zonas de Colombia a nivel de fruto, cascara y pulpa

Mat.	Peso fruto (g)	relación L/D	Pulpa+ semilla	% Cascara	Grosor cascara	% H. cascara	% C. cascara	%Pulpa	pH Pulpa	% H. pulpa	% C. pulpa
H01	706.31 ± 50.95 bc	2.22 ± 0.07 cdefgh	20.56 ± 1.56 ab	77.90 ± 4.96 a	17.07 ± 0.73 bcd	15.24 ± 0.51 ab	1.71 ± 0.08 abc	0.37 ± 0.80 ab	3.68 ± 0.06 abcd	22.68 ± 2.79 c	0.73 ± 0.27 a
H02	759.99 ± 88.25 bc	2.03 ± 0.12 efgh	20.14 ± 2.71 ab	79.59 ± 8.60 a	16.62 ± 1.27 bcd	14.14 ± 0.89 b	1.27 ± 0.13 c	7.45 ± 1.39 ab	3.64 ± 0.10 bcd	27.33 ± 4.83 abc	0.72 ± 0.47 a
H03	573.51 ± 54.04 bc	2.04 ± 0.07 efgh	19.91 ± 1.66 ab	80.44 ± 5.26 a	15.72 ± 0.78 bcd	19.00 ± 0.54 a	1.58 ± 0.08 abc	6.77 ± 0.85 ab	3.51 ± 0.07 cd	27.58 ± 3.16 abc	0.81 ± 0.31 a
H04	608.26 ± 50.95 bc	2.66 ± 0.07 abcd	22.51 ± 1.56 b	77.03 ± 4.96 a	15.46 ± 0.73 bcd	16.62 ± 0.51 ab	1.50 ± 0.08 abc	7.95 ± 0.80 ab	3.63 ± 0.06 bcd	23.09 ± 2.79 c	1.54 ± 0.27 a
H05	357.25 ± 48.33 c	2.25 ± 0.07 cdefgh	21.76 ± 1.48 ab	79.02 ± 4.71 a	13.26 ± 0.69 cd	19.06 ± 0.48 ab	1.51 ± 0.07 abc	6.95 ± 0.76 ab	4.12 ± 0.06 ab	22.37 ± 2.79 c	0.55 ± 0.27 a
H08	759.09 ± 76.42 bc	2.15 ± 0.10 defgh	14.20 ± 2.35 b	87.94 ± 7.44 a	20.85 ± 1.10 ab	17.16 ± 0.77 ab	1.33 ± 0.11 c	3.31 ± 1.21 b	3.82 ± 0.09 abcd	24.67 ± 4.18 bc	0.91 ± 0.41 a
H08-2	683.68 ± 54.04 bc	2.17 ± 0.07 defgh	19.53 ± 1.66 b	83.57 ± 5.26 a	16.59 ± 0.78 bcd	16.46 ± 0.54 ab	1.36 ± 0.08 bc	5.02 ± 0.85 ab	3.96 ± 0.07 abcd	26.54 ± 3.16 abc	0.62 ± 0.31 a
H08-3	526.86 ± 88.25 c	2.55 ± 0.12 abcde	20.59 ± 2.71 ab	79.05 ± 8.60 a	15.21 ± 1.27 bcd	18.44 ± 0.89 ab	1.63 ± 0.13 abc	7.23 ± 1.39 ab	4.19 ± 0.10 a	24.17 ± 4.83 bc	0.55 ± 0.47 a
H09	584.02 ± 50.95 bc	2.38 ± 0.07 bcdefg	15.61 ± 1.56 b	89.92 ± 4.96 a	18.52 ± 0.73 abc	16.71 ± 0.51 ab	1.58 ± 0.08 abc	4.68 ± 0.80 ab	3.56 ± 0.06 bcd	22.32 ± 2.79 c	0.59 ± 0.27 a
T11-1	694.64 ± 88.25 bc	2.88 ± 0.12 ab	23.51 ± 2.71 ab	76.6 ± 8.60 a	14.71 ± 1.27 bcd	18.19 ± 0.89 ab	1.57 ± 0.13 abc	7.06 ± 1.39 ab	3.58 ± 0.10 cd	22.48 ± 4.83 c	1.33 ± 0.47 a
T11-2	617.21 ± 88.25	2.81 ± 0.12 abc	17.97 ± 2.71 b	81.45 ± 8.60 a	14.85 ± 1.27 bcd	19.30 ± 0.89 a	1.45 ± 0.13 abc	5.53 ± 1.39 ab	3.72 ± 0.10 abcd	22.07 ± 4.83 c	0.75 ± 0.47 a
T12-1	967.64 ± 68.35 ab	2.77 ± 0.09 abc	16.10 ± 2.10 b	83.51 ± 6.66 a	16.09 ± 0.98 bcd	17.44 ± 0.69 ab	1.57 ± 0.10 abc	5.04 ± 1.08 ab	3.81 ± 0.08 abcd	22.51 ± 3.74 c	0.89 ± 0.36 a
T12-2	496.07 ± 108.08 c	2.31 ± 0.15 bcdefgh	20.53 ± 3.32 ab	79.00 ± 10.53 a	16.66 ± 1.55 bcd	17.44 ± 1.08 ab	1.68 ± 0.16 abc	6.84 ± 1.71 ab	3.69 ± 0.13 abcd	21.41 ± 5.91 c	0.62 ± 0.57 a
T12-3	766.05 ± 88.25 bc	2.24 ± 0.12 cdefgh	22.27 ± 2.71 ab	70.21 ± 8.60 a	16.49 ± 1.27 bcd	15.05 ± 0.89 ab	1.71 ± 0.13 abc	6.75 ± 1.39 ab	3.66 ± 0.10 bcd	21.54 ± 4.83 c	0.80 ± 0.47 a
T14-	462.44 ±	3.12 ± 0.15 a	19.39 ±	79.83 ±	16.97 ±	17.07 ±	1.36 ±	5.53	3.70 ± 0.13	23.14 ± 5.91	0.72 ± 0.57



1	108.08c		3.32 b	10.53 a	1.55 bcd	1.08 ab	0.16 c	±1.71 ab	abcd	c	a
T14-2	355.20 ± 88.25 c	2.52± 0.12 bcdef	17.40± 2.71 b	81.86 ±8.60 a	16.95± 1.27 bcd	16.03 ±0.89 ab	1.70 ±0.13 abc	5.67± 1.39 ab	3.72± 0.10 abcd	22.86 ± 4.83 cc	0.89 ± 0.47 a
T15-1	377.92 ± 88.25c	2.41± 0.12 bcdefgh	25.40 ±2.71 b	73.75 ± 8.60 a	15.04 ±1.27 bcd	17.90 ±0.89 ab	1.73± 0.13 abc	7.02 ±1.39 ab	3.71± 0.10 abcd	23.54 ± 4.83	0.51 ± 0.47 a
T15-2	496.27 ± 62.40 c	2.38± 0.09 bcdefgh	25.42 ±1.91 ab	75.58 ±6.08 a	14.88 ±0.90 bcd	16.54 ±0.63 ab	1.86 ±0.09 abc	7.82± 0.98 ab	3.72± 0.07 abcd	25.00 ± 3.41 bc	1.29 ± 0.33 a
T26-1	533.56 ± 88.25 bc	2.47± 0.12 bcdef	33.24± 2.71 a	79.44 ±8.60 a	12.03± 1.27 d	17.56 ±0.89 ab	1.57 ±0.13 abc	10.97± 1.39 a	3.74± 0.10 abcd	22.00 ± 4.83 c	0.80 ± 0.47 a
T26-2	588.18 ± 62.40 bc	2.30 ± 0.09 bcdefgh	20.75 ± 1.91 ab	74.84± 6.08 a	14.99 ±0.90 bcd	17.89 ±0.63 ab	1.64 ±0.10 abc	7.31 ±0.98 ab	3.61 ±0.07 abcd	26.02 ± 3.41 abc	0.68 ± 0.33 a
T27-1	772.23 ± 68.35 bc	2.01± 0.09 efgh	12.63± 2.10 b	83.54 ±6.66 a	18.67 ±0.98 abc	18.08 ±0.69 ab	1.50 ±0.10 abc	3.96± 1.08 b	3.50± 0.09 cd	22.27 ± 3.74 c	0.59 ± 0.36 a
T27-2	601.81 ± 76.42 bc	2.33± 0.10 bcdefgh	22.52± 2.35 ab	72.89 ± 7.44 a	16.04± 1.10 bcd	17.54± 0.7 ab	2.06 ±0.13 a	5.79± 1.21 ab	3.66± 0.09 bcd	24.89 ± 4.18 bc	0.43 ± 0.41 a
T30-1	777.12 ± 68.35 bc	2.25± 0.09 cdefgh	14.39± 2.10 b	83.68 ±6.66 a	18.09± 0.98 abcd	17.16 ±0.69 ab	1.64 ±0.10 abc	5.05± 1.08 ab	3.55± 0.08 cd	23.81 ± 3.74 bc	0.73 ± 0.36a
T30-2	1320.76 ± 108.08 a	2.39± 0.15 bcdefgh	14.95± 3.32 b	85.61 ±10.53 a	23.88± 1.55 a	16.82 ±1.0 ab	1.54 ±0.23 abc	2.98± 1.71 b	3.77± 0.13 abcd	24.88 ± 5.91 bc	0.68 ± 0.57 a
T34-1	631.75 ± 108.08 bc	1.96± 0.15 fgh	13.94± 3.32 b	81.92± 10.53 a	17.65± 1.55 abcd	18.74± 1.08 a	2.04± 0.16 ab	3.42± 1.71 b	3.32± 0.13 d	31.05 ± 5.91 abc	0.89 ± 0.57 a
T34-2	469.85 ± 108.08 c	1.88± 0.15 gh	12.62± 3.32 b	82.66±10.53 a	15.79± 1.55 bcd	17.95± 1.08 ab	1.83± 0.16 abc	6.50± 1.71 ab	3.68± 0.13 abcd	47.67 ± 5.91 ab	1.32 ± 0.57 a
T34-3	361.85 ± 88.25 c	1.79± 0.12	19.67± 2.71 b	63.84 ±8.60 a	11.92± 1.55 d	16.0±3 1. ab	1.57± 0.16 abc	3.58± 1.39 b	3.68± 0.06 bcd	49.67 ± 4.83 a	0.43 ± 0.47 a

Fuente: Autor n = 125 ± Standard error; aquellos resultados con una letra en común no tienen diferencia significativa (p> 0.05).



**Tabla 3.** Descriptores cuantitativos de 27 materiales vegetales de 3 zonas de Colombia para semilla

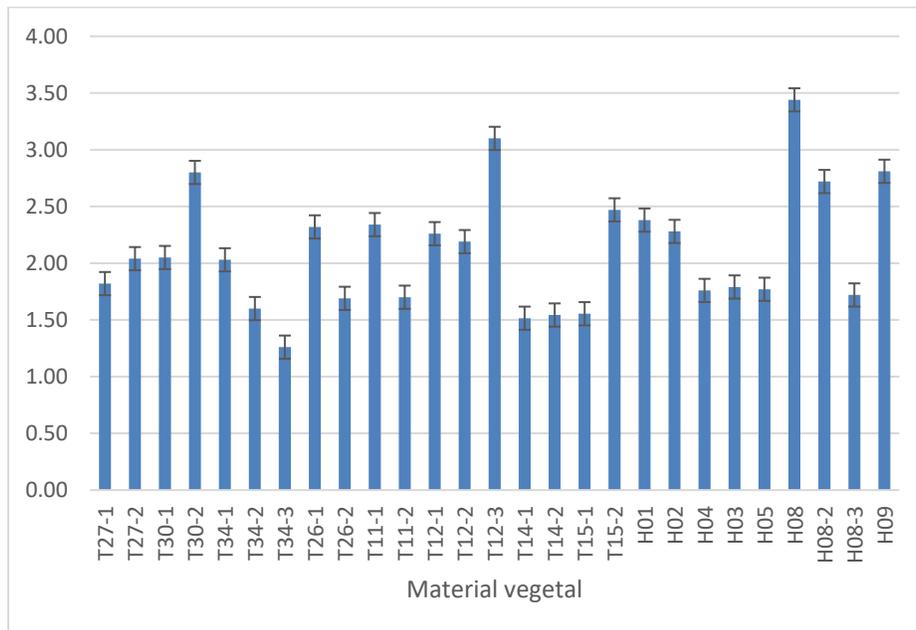
Material	%semilla	L/A semilla	% H. semilla	% C. semilla	pH semilla	°Brix	Acidez
H01	8.87 ± 1.07 a	2.00 ± 0.07 ab	58.32 ± 4.70 a	3.55 ± 0.22 ab	6.35 ± 0.09 a	0.41 ± 0.08 ef	0.41 ± 0.13 bcd
H02	9.32 ± 1.85 a	1.84 ± 0.11 ab	68.62 ± 8.14 a	2.83 ± 0.38 ab	6.28 ± 0.16 a	0.44 ± 0.14 def	0.22 ± 0.22 d
H03	9.91 ± 1.13 a	1.95 ± 0.07 ab	72.73 ± 4.98 a	2.78 ± 0.23 ab	5.92 ± 0.10 a	0.33 ± 0.09 ef	0.17 ± 0.13 d
H04	11.10 ± 1.07 a	2.05 ± 0.07 ab	65.58 ± 4.70 a	3.24 ± 0.22 ab	6.23 ± 0.09 a	0.38 ± 0.08 ef	0.50 ± 0.13 bcd
H05	10.14 ± 1.01 a	1.84 ± 0.06 ab	62.11 ± 4.46 a	3.63 ± 0.21 ab	6.47 ± 0.09	0.33 ± 0.08 f	0.54 ± 0.12 bcd
H08	5.21 ± 1.60 a	2.04 ± 0.10 ab	67.41 ± 7.05 a	2.67 ± 0.33 ab	6.51 ± 0.14 a	0.60 ± 0.12 cdef	0.59 ± 0.19 bcd
H08-2	7.02 ± 1.13 a	2.14 ± 0.07 ab	69.57 ± 4.98 a	3.49 ± 0.23 ab	6.36 ± 0.10 a	0.40 ± 0.09 ef	0.57 ± 0.13 bcd
H08-3	8.85 ± 1.85 a	2.17 ± 0.11 ab	68.65 ± 8.14 a	2.63 ± 0.38 ab	6.36 ± 0.16 a	0.40 ± 0.14 ef	0.86 ± 0.22 abcd
H09	8.32 ± 1.07 a	1.94 ± 0.07 ab	62.29 ± 4.70 a	3.68 ± 0.22 ab	6.12 ± 0.10 a	1.06 ± 0.08 abcde	1.11 ± 0.13 abcd
T11-1	11.11 ± 1.85 a	1.83 ± 0.11 ab	61.58 ± 8.14 a	3.91 ± 0.38 a	6.44 ± 0.16 a	0.50 ± 0.14 def	0.53 ± 0.22 bcd
T11-2	7.96 ± 1.85 a	1.92 ± 0.11 ab	62.33 ± 8.14 a	3.41 ± 0.38 ab	6.44 ± 0.16 a	0.56 ± 0.14 cdef	0.30 ± 0.22 cd
T12-1	7.45 ± 1.43 a	2.00 ± 0.09 ab	60.62 ± 6.30 a	2.44 ± 0.29 ab	6.41 ± 0.12 a	0.57 ± 0.11 cdef	0.48 ± 0.17 bcd
T12-2	8.96 ± 2.26 a	2.20 ± 0.14 ab	57.16 ± 9.97 a	2.44 ± 0.46 ab	6.47 ± 0.20 a	0.47 ± 0.17 def	0.45 ± 0.27 bcd
T12-3	8.24 ± 1.85 a	1.92 ± 0.11 ab	61.40 ± 8.14 a	2.37 ± 0.38 ab	6.46 ± 0.16 a	0.47 ± 0.14 def	0.51 ± 0.22 bcd
T14-1	9.10 ± 2.26 a	2.08 ± 0.14 ab	68.38 ± 9.97 a	2.70 ± 0.46 ab	6.32 ± 0.20 a	1.15 ± 0.17 abcd	1.49 ± 0.27 ab
T14-2	10.63 ± 1.85 a	2.18 ± 0.11 ab	61.85 ± 8.14 a	2.47 ± 0.38 ab	6.40 ± 0.16 a	0.62 ± 0.14 cdef	0.47 ± 0.22 bcd
T15-1	12.20 ± 1.85 a	1.81 ± 0.11 ab	61.67 ± 8.14 a	3.88 ± 0.38 a	6.37 ± 0.16 a	0.46 ± 0.14 def	0.40 ± 0.22 cd
T15-2	13.54 ± 1.31 a	2.07 ± 0.08 ab	6.49 ± 5.76 a	3.93 ± 0.27 a	6.47 ± 0.11 a	0.41 ± 0.10	0.40 ± 0.16 cd
T26-1	12.50 ± 1.85 a	1.99 ± 0.11 ab	63.57 ± 8.14 a	2.83 ± 0.38 ab	6.38 ± 0.16 a	0.63 ± 0.14 cdef	0.89 ± 0.22 abcd
T26-2	11.07 ± 1.31 a	1.92 ± 0.08 ab	70.34 ± 5.76 a	3.26 ± 0.27 ab	6.32 ± 0.11	0.77 ± 0.10 bcdef	0.43 ± 0.16 bcd
T27-1	5.83 ± 1.43 a	2.29 ± 0.09 a	67.39 ± 6.30 a	3.10 ± 0.29 ab	6.44 ± 0.12 a	1.22 ± 0.11 abc	0.85 ± 0.17 abcd
T27-2	11.87 ± 1.60 a	1.86 ± 0.10 ab	65.66 ± 7.05 a	1.93 ± 0.33 ab	6.30 ± 0.14 a	0.93 ± 0.12 abcdef	1.34 ± 0.19 abc
T30-1	6.55 ± 1.43 a	1.89 ± 0.09 ab	76.36 ± 6.30 a	2.63 ± 0.29 ab	6.48 ± 0.12 a	0.93 ± 0.11 abcdef	0.51 ± 0.17 bcd
T30-2	5.13 ± 2.26 a	1.77 ± 0.14 ab	85.13 ± 9.97 a	3.12 ± 0.46 ab	6.49 ± 0.20 a	1.57 ± 0.17 a	0.24 ± 0.27 d
T34-1	7.67 ± 2.26 a	1.68 ± 0.14 b	68.07 ± 9.97 a	2.92 ± 0.46 ab	6.33 ± 0.20 a	1.40 ± 0.17 ab	0.87 ± 0.27 abcd
T34-2	7.40 ± 2.26 a	1.72 ± 0.14 b	69.80 ± 9.97 a	2.42 ± 0.46 ab	6.08 ± 0.20 a	1.42 ± 0.17 ab	1.84 ± 0.27 a
T34-3	11.49 ± 1.85 a	1.80 ± 0.11 ab	65.91 ± 8.14 a	2.25 ± 0.38 ab	6.36 ± 0.16 a	0.80 ± 0.14 bcdef	0.62 ± 0.22 bcd

Fuente: Autor n = 125 ± Standard error; aquellos resultados con una letra en común no tienen diferencia significativa (p > 0.05).



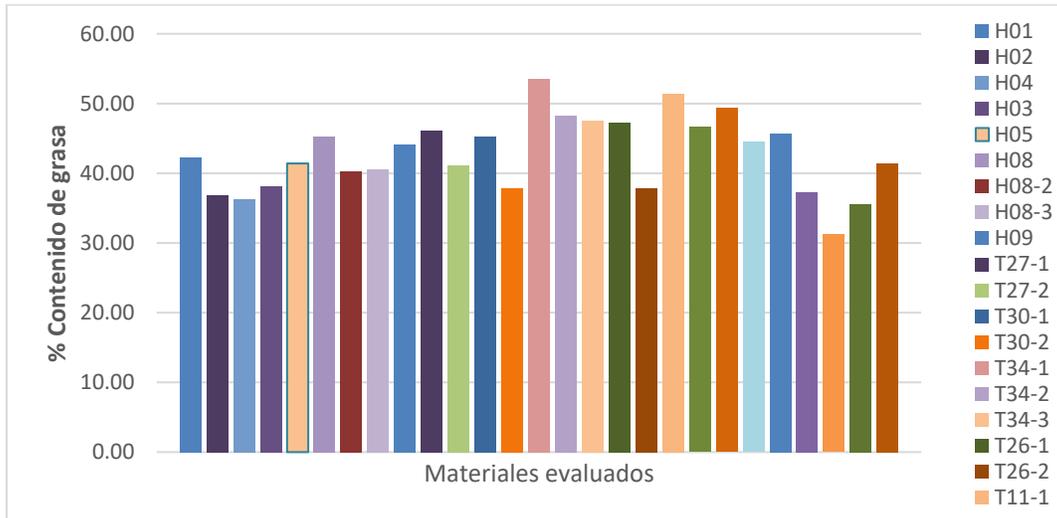
Respecto a la semilla de los materiales evaluados (tabla 3) se tiene que el porcentaje de esta se encuentra en los 27 materiales dentro del 5.12 y 15.52%, con mayor tendencia entre los de 5 a 12%. Los materiales que presentan mayor porcentaje de semilla respecto al peso inicial del fruto son T15-2, T15-1 y T26-1 en relación con los materiales T30-2, T27-2 y H08. De igual manera se logró observar que las semillas cuentan con una relación largo / ancho entre el 1.67 y 2.39, donde los materiales T27-1 y H08-3 cuenta con el mayor valor en esta variable a diferencia de T30-2, T34-1 y T34-2. A nivel de las características fisicoquímicas del grano se encontró que el pH se encuentra entre 6.2 a 6.6 en la mayoría de los materiales.

Entre las variables estudiadas de igual manera se encontró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las características físicas entre algunos de los materiales de acuerdo con la clasificación de los protocolos CATIE 2012, donde el material genético T34-3 tiene el índice de grano más bajo en gran diferencia con el material H08-2. Esta diferencia de igual manera se presenta a nivel de la relación longitud/ diámetro de los frutos entre los materiales F14 y F11 en relación con los materiales F34 y F27.



**Gráfica 1.** Índice de grano de 27 materiales vegetales de 3 zonas de Colombia

A nivel del contenido de grasa en semilla sin fermentar se encontraron porcentajes que oscilan entre el 31 al 19.80 %, donde se tiene que los materiales T34-1, T11-1 y T12-1 se destacan por su mayor contenido de grasa a diferencia de los materiales T14-2, T15 Y H04. No se encuentran diferencias significativas.

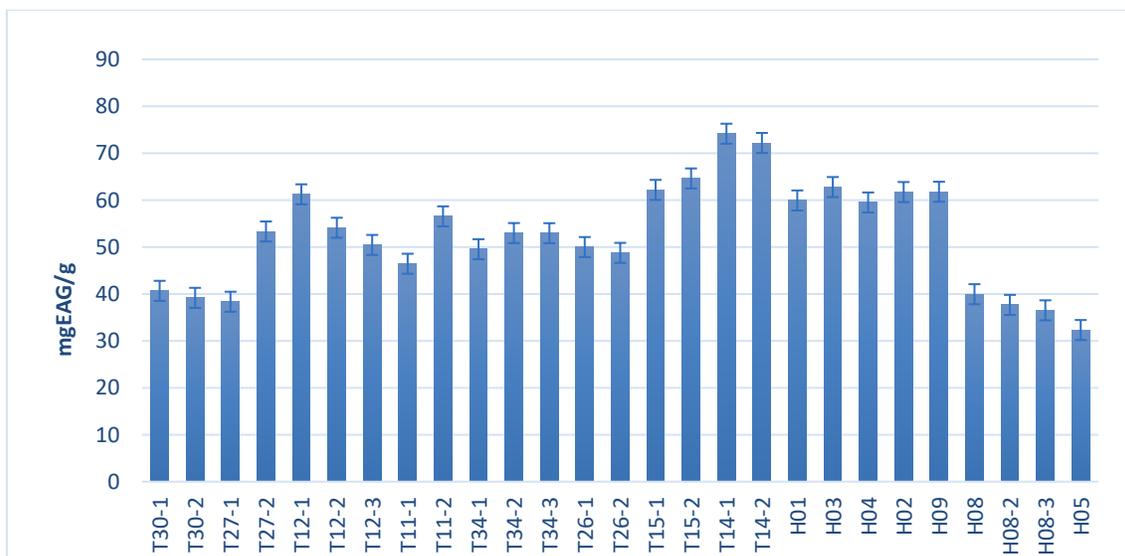


**Gráfica 2.** Contenido de grasa de 27 materiales vegetales de 3 zonas de Colombia

## Evaluación química

- **Evaluación de polifenoles totales**

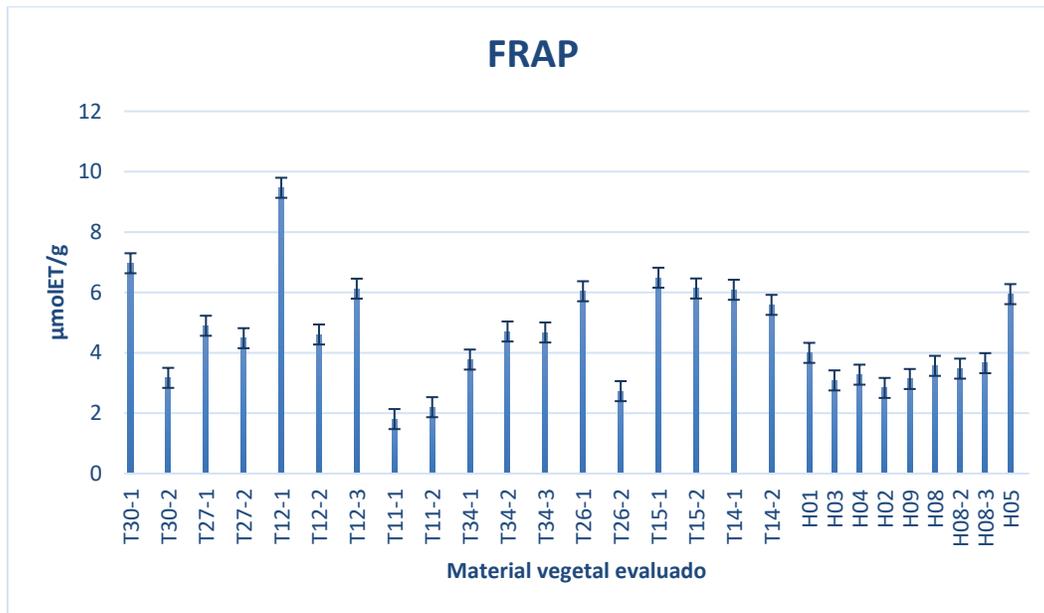
En el caso del seguimiento de las pruebas químicas, se puede evidenciar que el contenido de polifenoles totales varía entre el 32.3 mgEAG/g hasta 72 mgEAG/g, dicho contenido se ve en mayores proporciones en los materiales vegetales T14-1 T14-2 y T15-2 con valores entre 64 mgEAG/g a 74 mgEAG/g, del departamento del Tolima a diferencia de H08-2, H08-3 Y H05 con valores menores entre 32.3 y 37.67 mgEAG/g del departamento Huila.



**Gráfica 3.** Polifenoles totales de 27 materiales vegetales de 3 zonas de Colombia

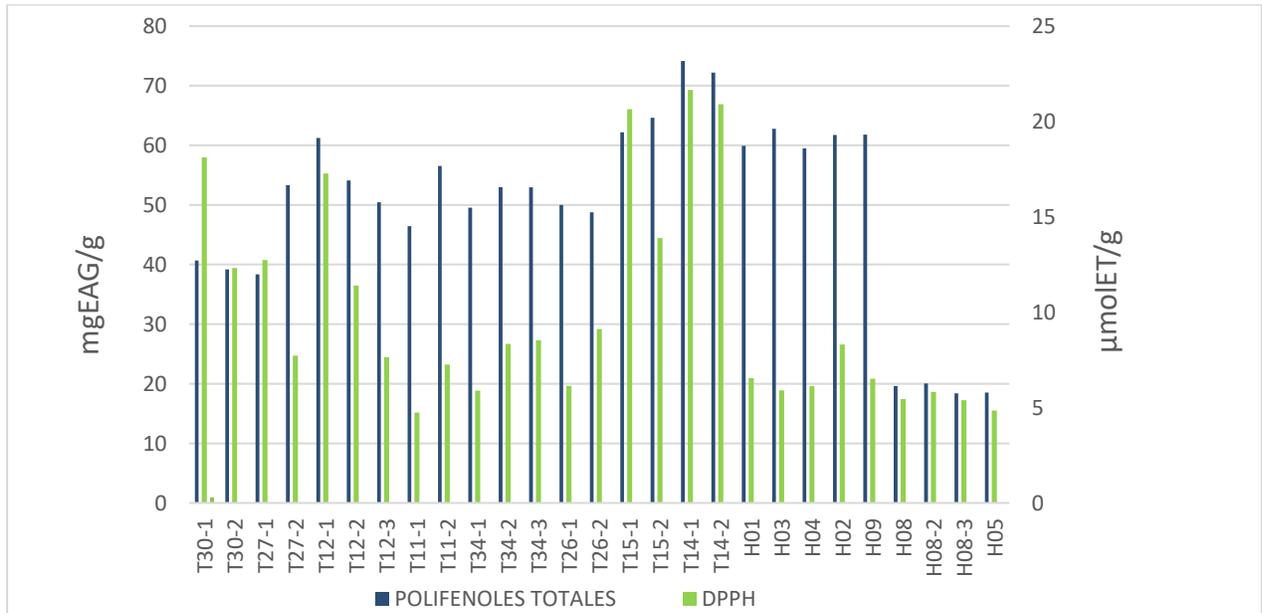
- Evaluación contenida de antioxidantes

De igual manera se realizó la evaluación del método FRAP el cual se fundamenta en la reducción del hierro férrico (Fe+3) presente en el reactivo de FRAP hasta la forma ferrosa (Fe+2) por presencia de antioxidantes. En este método se tuvo como resultado que los rangos de mayor poder reductor fueron los materiales T12-1, T30-1 y T15-1 con valores que oscilan entre 9.4  $\mu\text{molET/g}$  y 6.4  $\mu\text{molET/g}$  a diferencia de los materiales T11-1 Y T11-2 los cuales poseen un contenido menor a 2  $\mu\text{molET/g}$ .



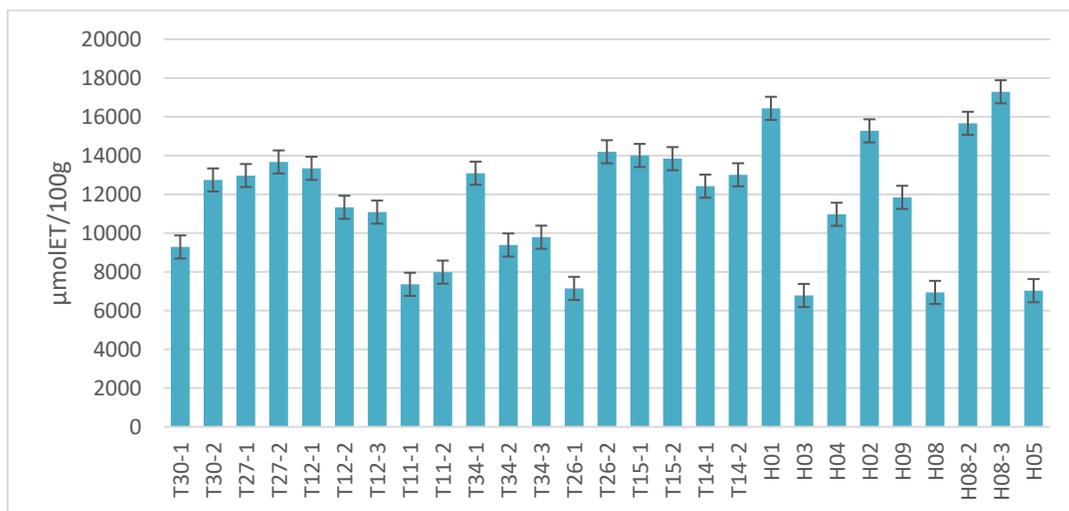
**Gráfica 4.** Capacidad antioxidante (FRAP) de 27 materiales vegetales de 3 zonas de Colombia

Al igual se realizó el método DPPH para la detección de contenido antioxidante, el cual se basa en el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, el cual es susceptible de reaccionar con compuestos antioxidantes a través de un proceso caracterizado por la cesión de un átomo de hidrogeno proporcionado por el agente antioxidante. Una vez realizada esta prueba a las semillas de cada uno de los materiales recolectado se encontró que entre los materiales evaluados se tiene diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ), según la comparación de los resultados mediante la prueba de tukey. El material que conto con mayor contenido antioxidante para este método fue el material T14-1 con un valor de 21.65  $\mu\text{molET/g} \pm 0.01$ , seguido de los materiales T14-2 y T15-1 con valores de 20.90  $\mu\text{molET/g}$  y 20.64  $\mu\text{molET/g}$  respectivamente. El material que presento menor contenido fue la muestra T11-1 con un valor de 4.74  $\pm 0.01$   $\mu\text{molET/g}$ .



**Gráfica 5.** Correlación entre Polifenoles totales y capacidad antioxidante (DPPH) de 27 materiales vegetales de 3 zonas de Colombia

Los valores de la actividad antioxidante evaluada por el método ORAC variaron entre 6781 y 17581  $\mu\text{molET}/100\text{g}$  en los granos sin fermentar. Los materiales vegetales que presentaron mayor potencial antioxidante por esta metodología fueron H08-3, H08-2 y H01 sin fermentar a diferencia de los clones T11-1 y H03. Se presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P < 0.05$ ), según la comparación de los resultados mediante la prueba de tukey.

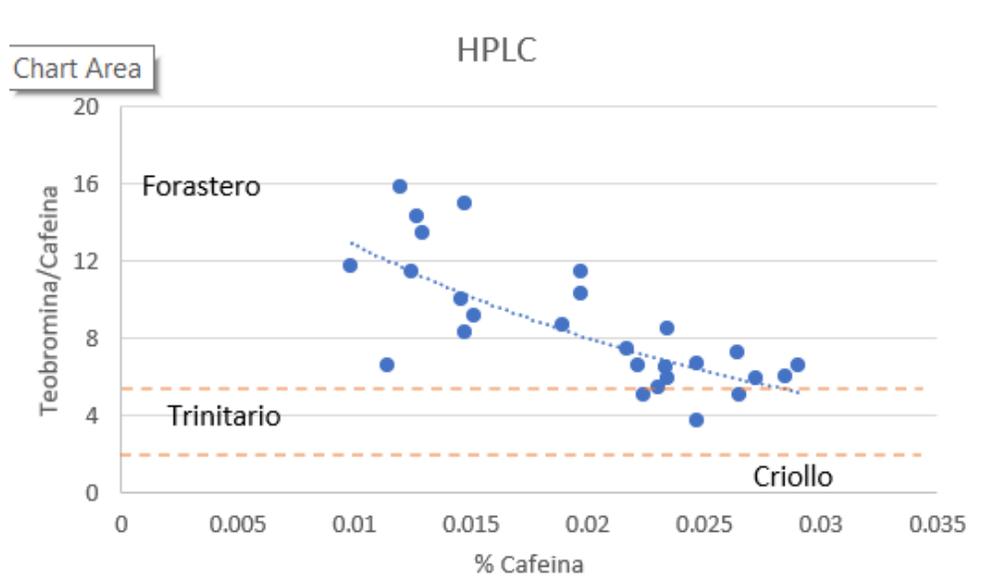


**Gráfica 6.** Capacidad antioxidante (ORAC) de 27 materiales vegetales de 3 zonas de Colombia



- **Evaluación de relación teobromina / cafeína**

Como se puede evidenciar se presentan diferencias significativas a nivel del % de cafeína con un  $P < 0,05$ . En cuanto a el porcentaje de teobromina no se presentaron diferencias significativas. Estos compuestos son de importancia en el cacao ya que constituyen el 99% del contenido de los alcaloides y además permiten clasificar la genética del clon (Amores et al., 2009). En este estudio se encontró que se presentan valores de teobromina entre 0.07-0.3% y de cafeína de 0.10-0.17%, en los granos secos sin fermentación. Algunos estudios reportan que no existe una variación entre los días de fermentación y la concentración de teobromina y cafeína (Recalde, 2007; Rivera et al., 2012)



**Gráfica 7.** Relación teobromina / cafeína en comparación con el porcentaje de cafeína de 27 materiales vegetales de 3 zonas de Colombia

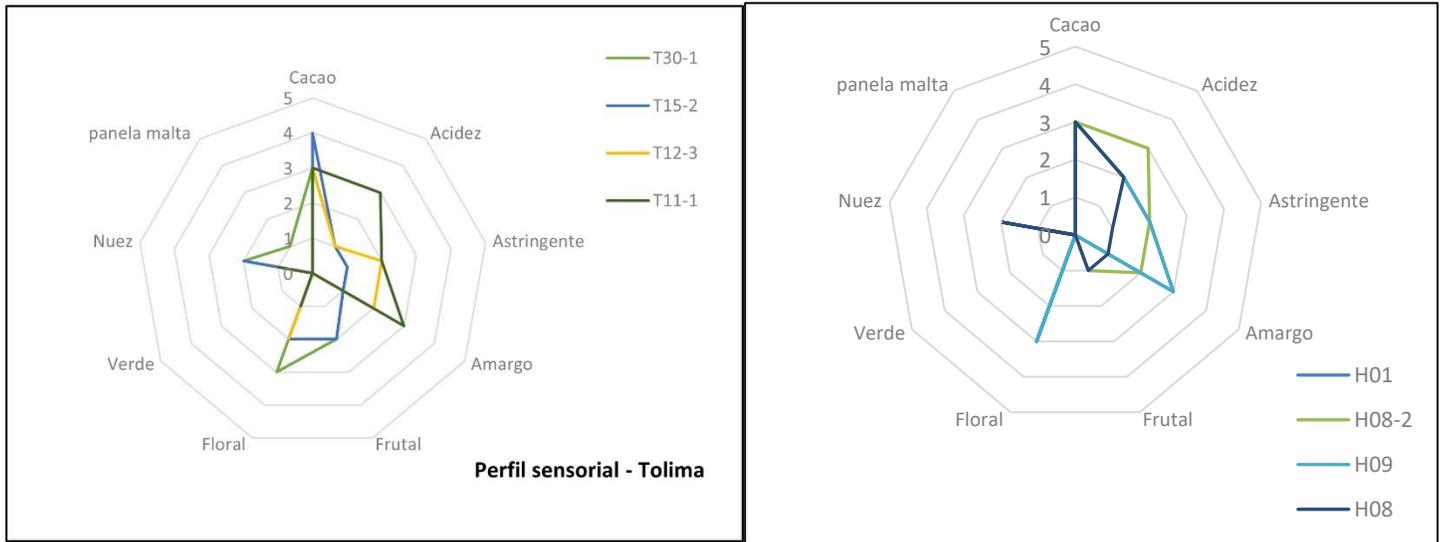
Como se observa en la gráfica 7, más de la mitad de los materiales evaluados se encuentran entre el rango considerado trinitario, el resto de los datos se concentran en una clasificación del material vegetal evaluado tipo forastero. De igual manera se puede evidenciar gran dispersión en los valores de la relación teobromina/cafeína - % cafeína de los materiales vegetales evaluados.

### Evaluación sensorial.

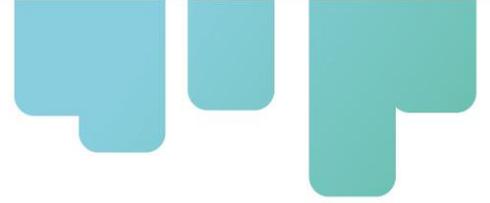
Mediante la caracterización de las pruebas sensoriales se determinó que se dio gran presencia de sabores específicos en los materiales evaluados, destacando los materiales T30-1, T15-2, T12-3 y T11-1 a nivel del departamento del Tolima, muchos de estos tuvieron características de notas maderadas (Grafica 8). Para el departamento del Huila se tuvieron como mejores perfiles los materiales H09, H08-2, H01 Y H02. De igual manera se encontraron atributos deseables como el



sabor a cacao, floral, frutal y nuez. Cabe resaltar que ninguno de los materiales registró sabores a moho u olor a jamón ahumado que son problemas de sobre fermentación.



**Gráfica 8.** Perfil sensorial de 8 materiales vegetales de 3 zonas de Colombia. Lado derecho departamento del Tolima, lado izquierdo departamento del Huila



## Discusión

Los departamentos del Huila y Tolima poseen una diversidad biológica y características ambientales que favorecen una dinámica agrícola. Entre sus cultivos más productivos se encuentra el cacao, el cual ha sido conformado por diferentes materiales genéticos, donde actualmente se tiene mayor inclusión de clones universales que están remplazando muchos de los materiales nativos de la zona. Es importante tener en cuenta que los clones universales no cuentan con la misma eficiencia y productividad en todas las zonas, sino que dichos factores se pueden ver disminuidos por variables agroclimáticas, de suelo, entre otros.

Con el fin de fortalecer la productividad y rendimiento de los cultivos de los departamentos de Tolima y Huila se ha implementado la evaluación y caracterización de materiales nativos de estos dos departamentos, con enfoque en los municipios de mayor productividad y antigüedad en esta labor cacaocultura, todo con el fin de encontrar materiales potencialmente favorables para las condiciones de dichos territorios y así generar un primer paso en la selección de materiales potenciales para su réplica.

Para comenzar la caracterización se realizó la evaluación a nivel de fruto, cascara, pulpa y semillas de 27 materiales encontrándose que hay diferencias significativas entre los materiales evaluados y las características más distintivas como índice de grano, % de grasa, % cascara, % semilla y color de la semilla, destacándose los resultados de 8 materiales por sus características morfoagronómicas, los cuales corresponden a los materiales H08, T12-3, T30-2, H09, H08-2, T15-2, H01 y T11-1.

Con relación al fruto se encontraron similitudes entre los materiales vegetales evaluados. Respecto a la semilla se tiene que establecido que el color de la semilla sirve para establecer diferencias genéticas entre individuos (Enriquez, 1993). En este caso el color morado fue el que predominó para cada uno de ellos, presentando una mínima variación menor al 10% que va de morado claro a morado oscuro. Dicho color morado suele ser característico de materiales de tipo trinitario o forastero, lo cual concuerda con lo encontrado por Barros (1970), Vera (1987), Milz (1990) y Parra (2000). De igual manera el color de la semilla no es lo único compatible con lo encontrado por estos investigadores, ya que las mazorcas de tipo forastero se ha encontrado que se caracterizan por su forma amelonada, frutos de color amarillo con rugosidad intermedia, siendo esto cualidades que se encontraron durante la evaluación cualitativa de algunos de los materiales encontrados. Por otra parte si se compara las características morfológicas principales resaltadas en este trabajo con los materiales universales más usados actualmente a nivel de Colombia y los cuales han sido promocionados para el cambio de cultivos antiguos se puede resaltar que los materiales T14-1, T14-2, T12-2, H02 y T15-1 presenta un índice de grano similar al clon ICS 95 y TSH 565, con un aproximado de 1.5 y los materiales T30-1, T27-2 y T34-1, cuentan con un índice similar al clon ICS 39 (Fedecacao, 2005; Villamil et al., 2013) , y aunque algunos

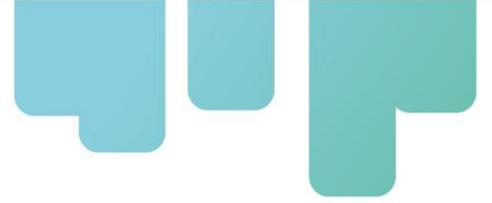


materiales presentan un índice bajo- medio, más del 50% de los materiales estaría entrando como un material competitivo frente a los nuevos clones que ocupan el territorio nacional. En el caso de los materiales H08-2, H09, Y T11-1 se tiene que este se encuentra en índice de grano similar a los clones ICS 60, EET8, Y SCC61 los cuales reportan un índice superior a 2.2 (Martínez, Moreno, Duarte & Gavanzo, 2016), finalmente se supera el índice de grano por parte de los materiales T12.3 y H08 en comparación a los clones universales de mayor uso a nivel nacional, destacando esto materiales como potenciales para la mejora de la productividad.

El mercado del cacao esta netamente vinculado a su uso industrial en la chocolatería. Es por ello por lo que es importante para las compañías y chocolateros el contenido de grasa en la semilla, ya que esta no solo contribuye al sabor sino también al transporte de la masa de chocolate a través de las tuberías, bombas y máquinas. Para este estudio se determinó que se encontraron valores entre 31.20 y 53.58 %, donde aproximadamente el 52% este por debajo del 45% planteado en algunas normas colombianas e internacionales. El rango de valores de bajo contenido de grasa se ha encontrado en cacaos provenientes de México los cuales reportan de 26.3 a 46.1 % (Ramírez-González, Cely-Niño y Ramírez, 2013). Dicho contenido puede estar influenciado por factores genéticos y ambientales (Pérez, 2002: Álvarez 2007). Cabe destacar que 48% de los materiales evaluados en este proyecto, están por encima del 45% de contenido de grasa, como es el caso de los materiales T11-1 y T12-1, los cuales cuentan con un contenido de grasa similar a los materiales FTA 2 y ICS 1. Se tiene que el material T34-1 cuenta con el mayor porcentaje de grasa el cual es del 53% y es similar a lo reportado para los materiales TSH 565, FSA-13 y ICS 60.

Respecto a la evaluación de características químicas se realizó pruebas sobre el contenido de polifenoles totales para los materiales evaluados. Los polifenoles totales son dependientes de varios factores como la madurez, variedades de cacao, reacciones químicas, procesamiento, almacenamiento. Así como también la fermentación y el secado de granos de cacao y el tratamiento de poscosecha. En este estudio se llevó a cabo el análisis de polifenoles totales de granos sin fermentar, dichos polifenoles contribuyen usualmente el 12 al 18% del peso seco del grano de cacao, y están asociados con el aroma y color característico del chocolate. Los resultados presentados en la Grafica 3 corresponden a los encontrado por otros autores en granos sin fermentar (Ecperu,2013). Según Peláez et al. (2016) el contenido de polifenoles totales en granos de cacao híbrido forastero y CCN-51 no fermentado es aproximadamente del 70,1 mgEAG/g, siendo esto muy similar a lo encontrado para los materiales T14-1 y T14-2. Cabe destacar que a mayor contenido inicial de polifenoles totales una vez pasado el grano por el proceso de beneficio se mantendrá mayor posibilidad de tener un chocolate rico en estos metabolitos secundarios a los cuales se les atribuyen beneficios en la salud humana.

Por otra parte, se tiene que el grano de cacao no solo es reconocido por sus cautivadores sabor y aroma, sino que las nuevas tendencias apuntan a generar nuevos productos de valor agregado de tipo funcional. Es por ello por lo que es importante cuantificar dichos compuestos que se



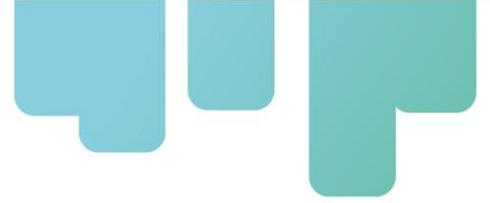
encuentran presentes en el cacao y poseen una buena capacidad antioxidante comparado a otros alimentos como el té y vino rojo (Martín et al., 2016). Uno de los métodos para medir esta capacidad antioxidante es mediante FRAP, donde se encontró que el material con mayor poder reductor fue la muestra T12-1 correspondiente al departamento del Tolima con un valor de 9.46  $\mu\text{molET/g}$ . Todos los valores encontrados se encuentran dentro de lo reportado por otros autores (Ortega et al., 2010; Rodríguez-Carrasco et al., 2018).

Otro método que se tuvo en cuenta para medir la capacidad antioxidante fue el método DPPH, en el cual se mide la capacidad de inhibición del radical DPPH (IC50). En este método se pudo observar que los materiales que tuvieron mayor eficiencia frente al radical DPPH fueron los materiales T14-1, T14-2 y T15-1 los cuales contaron con valores entre 21.6 y 20.64  $\mu\text{molET/g}$ , altos valores de inhibición del radical DPPH también han sido encontrados en materiales genéticos como ICS 01 y I-21. Los materiales que tuvieron menores valores de inhibición pueden ser comparativos a clones como el ICS 95 y SCA-12 que cuentan con dicha similitud (Amudhan & Apshara, 2015).

De igual manera se encontró una correlación positiva en el contenido bioquímico de polifenoles y actividad antioxidante (DPPH) ( $r = 0.4733$ ), dicha relación ha sido encontrada por otros autores (Hernandez – Hernandez et al., 2018; Amudhan & Apshara, 2015). Los altos contenidos de polifenoles en algunos materiales evaluados deben ser considerados en futuras investigaciones, ya que pueden ser destinados a el uso nutricional y funcional.

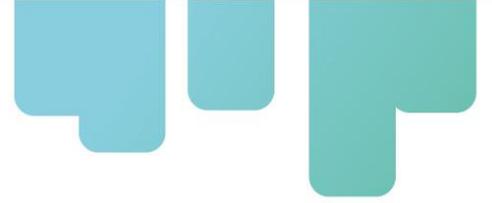
El creciente interés en la evaluación de la actividad antioxidante en matrices complejas se ha dirigido a el desarrollo de nuevas metodologías y / o la mejora de los conocidos. El método ORAC tiene en cuenta tanto porcentaje de inhibición y tiempo de inhibición del radical peroxilo, es por ello por lo que se ha usado como tercer método de medición del contenido de capacidad antioxidante de los 27 materiales que se evalúan en este proyecto. Este método nos permitió observar datos obtenidos entre 7029 y 17292  $\mu\text{molET}/100\text{g}$ , dichos resultados se encuentran dentro del rango de lo reportado por otros autores (Wu, Ou, and Prior, 2006; Zapata, Tamayo & Alberto, 2013). Finalmente cabe resaltar que los diferentes materiales evaluados tienen una actividad antioxidante superior a la gran mayoría de frutas y hortalizas reportadas.

Finalmente, frente al análisis químico realizado se concluyó la parte experimental con una de las pruebas más importantes a la hora de caracterizar un material y es la evaluación de la relación teobromina/cafeína y porcentaje de cafeína, mediante HPLC, con el fin de cuantificar dichos componentes. Esta prueba nos permite delimitar los materiales en evaluación entre las 3 subespecies conocidas como criollo, trinitario y forastero. En cuanto a los resultados encontrados en este trabajo se tuvo que los valores encontrados de teobromina no se presenta diferencias significativas. La teobromina es un compuesto de importancia en el cacao ya que constituye el 99% del contenido de los alcaloides y además permiten clasificar la genética del clon (Amores et al., 2009). Para granos no fermentados y secos se puede encontrar como promedio de cafeína



0.2% y teobromina en un 1.2% (citado por Recalde, 2007). En este estudio se encontró que se presentan valores de teobromina entre 0.07-0.23% y de cafeína de 0.03-0.33%. De igual manera en este estudio se encontró que 62 % de los materiales evaluados se encuentran clasificados como trinitarios según la escala planteada por varios autores como Carrillo, Londoño & Gil (2014), dicho aspecto puede ser corroborado con las características físicas descriptivas observadas de los materiales evaluados, como color del grano típicamente morado oscuro para materiales del tipo trinitario. De igual manera se destaca que no se encontró ningún material de tipo criollo. Se pudo visualizar que el material H01 y T12-1 poseen un resultado de relación teobromina/cafeína similar al clon EET95 y que los materiales T26-, T11-1 y T12-2 poseen una relación similar al clon CCN51 el cual cuenta con un valor de 6.7 según estudios de espín, Samaniego, Wakao & Jiménez (2007).

Finalmente, con el fin de verificar la calidad sensorial de los materiales recolectados se hizo una evaluación sensorial junto con a un panel entrenado, el cual evaluó diferentes características a nivel de aroma y sabor, dicho panel destaco los atributos de los materiales T30-1, T15-2, T12-3, T11-1 del departamento del Tolima y H01, H08-2, H09, H08 del departamento del Huila (Grafica 8). De igual manera se encontraron atributos deseables como el sabor a cacao, floral, frutal y nuez. Cabe resaltar que ninguno de los materiales registró sabores a moho u olor a jamón ahumado que son problemas de sobre fermentación. En general se encontró que ocho de los 27 materiales evaluados presentan un gran potencial de atributos especiales, permitiendo demostrar que el cacao del departamento del Tolima y Huila tiene una gran posibilidad para ser catalogado de origen, con sabores únicos, dignos de la chocolatería gourmet.



# Caracterización de materiales de cacao de calidad diferenciada - Perú

Nubia Martínez

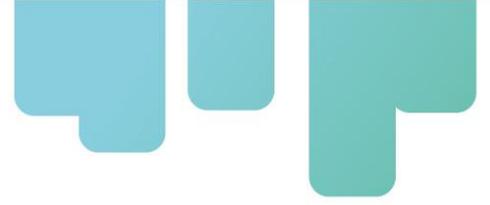
## Introducción

En Perú existe una alta diversidad y variabilidad genética del cacao, verificable en las diferentes variedades (razas nativas o ecotipos, clones, etc), dispersos en toda la selva alta y baja de la Amazonía, lo que demuestra que hace parte del centro de origen del cacao (Motamayor et al., 2008) sino que además incluiría la región centro y suroriental del Perú, i.e., las cuencas de los ríos Huallaga, Ucayali y Urubamba (García, 2000).

La riqueza genética, sumada a las condiciones edafoclimáticas favorables constituyen una ventaja que ha permitido el incremento de las áreas de producción y la productividad del cultivo en la última década en el país. Adicionalmente la participación en el mercado internacional, la certificación orgánica y el mejoramiento en los procesos de poscosecha han permitido la oferta de cacao de calidad superior y la obtención de reconocimientos en diferentes concursos de cacao y chocolate con lo que se ha entrado en la participación de nichos de mercados de cacao fino de aroma.

Inicialmente para el establecimiento del cacao como cultivo, se utilizó la semilla de árboles seleccionados por características específicas, pero sin conocimiento de características enfocadas en la productividad, proceso que se inició en el país a partir de 1890, cuando el concepto de fenotipo fue introducido como herramienta para la selección de árboles promisorios, ampliando así la base genética (Aranzazu et al., 2008). Sin embargo, posteriormente se iniciaron procesos de premejoramiento genético mediante colectas de germoplasma que se reportan desde 1937 por parte de expediciones a la Amazonía del Dr. F.J. Pound donde se colectaron frutos y varas yemeras de árboles de cacao aparentemente inmunes a la "escoba de bruja". Este germoplasma fue llevado a Trinidad & Tobago y una parte se estableció como Jardín clonal en Iquitos (que se perdieron). 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 (García, 2008).

Posteriormente el mejoramiento con prioridad en rendimiento se inicia en 1953 y con énfasis en Escoba de Bruja a partir de 1962. Entre 1986 y 1989 el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), realizó expediciones a la Amazonia peruana, para colectar germoplasma de cacao de las cuencas de los ríos: Huallaga, Ucayali y Urubamba, que se conservan en el Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional Agraria de la Selva en Tingo Maria. 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" En 2003 se realizó una colecta en fincas de productores y en 2008 a 2010 en el Alto



Amazonas que se encuentran en el ICT en Tarapoto y en 2012 se realizó una colección de cacao nativo en el Rio Madre de Dios, Ucayali y Urubamba (García, 2008).

Por otro lado, también se ha ingresado material internacional de las colecciones de Reading-UK, Cepec/Ceplac – Brasil e INIAP – Ecuador. En 1953 el Proyecto Nacional de Mejoramiento de Germoplasma de Cacao del Ministerio de Agricultura realizó la introducción de germoplasma del exterior a Tingo María, donde ingresaron los clones ICS 1, ICS 6, ICS-39 e ICS 48, SCA 6 y SCA 12 de Trinidad los clones EET 59, EET 61 y EET 82 de Ecuador y UF-2 y UF-613. Entre 1957 y 1958 se continuó introduciendo germoplasma de Colombia y Costa Rica. A partir de 1962 se recomendó 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 (Hernández, 1991).

El mejoramiento genético de cacao en el país ha tenido diferentes etapas de colecta de material genético en diferentes regiones y en la actualidad se está enfocando en el incremento de la productividad, resistencia a plagas y enfermedades, calidad en sabor y aroma y adaptación a factores adversos del clima. Para el mejoramiento de cacao, el proceso de selección tiene que optimizar el rendimiento dado en kilogramos de cacao seco por árbol, al aumentar el número de mazorcas producidas, el número de semillas por mazorca y el peso medio de las semillas producidas (Cilas, Machado & Motamayor, 2010).

A pesar que se han realizado actividades para la colecta e identificación de genotipos superiores, es necesario continuar con actividades de pre-mejoramiento (colección, caracterización, evaluación, multiplicación/regeneración, documentación, conservación, e intercambio de germoplasma), además es de gran relevancia emplear métodos eficaces de mejoramiento genético participativo y avanzar en el establecimiento de ensayos de campo para la evaluación de la expresión de las características deseables de los materiales seleccionados y la obtención de nuevos materiales que puedan ser entregados por los productores.

## Metodología

Teniendo en cuenta que el proyecto se desarrolló en las zonas productoras de cacao de las regiones de San Martín y Cusco, se seleccionaron y evaluaron árboles en los distritos de Echarati en Cusco y Pólvora en San Martín en donde se realizaron visitas a productores para la búsqueda de árboles sobresalientes, después de la preselección los árboles fueron evaluados utilizando indicadores de selección según lo establecido por Soria (1966) y Aranzazu et al., (2009) y posteriormente fueron caracterizados utilizando los descriptores planteados por (Bekele, et. al, 2006).

## Visita a fincas de agricultores

Se realizaron visitas a fincas de productores en los distritos de Echarati en Cusco y Pólvora en San Martín con la participación de líderes de las cooperativas de productores de cacao de los dos lugares para dar a conocer el proyecto y solicitar el apoyo para la búsqueda y selección de árboles promisorios. Con la participación de los agricultores se realizaron recorridos para identificar los árboles con las siguientes características:

- Árboles de cacao tipo nativo o híbridos
- Establecidos dentro de cultivos de cacao
- Presentar en el momento de la colecta más de 20 frutos sanos
- Alto número de almendras por fruto (más de 40)
- Almendras medianas – grandes (1.2 a 1.8 g por grano)
- Árboles sanos con frutos sanos

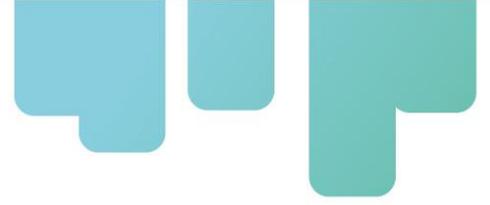
## Evaluación “in situ” de los árboles identificados

La evaluación in situ de los árboles consistió en observar características de productividad, sanidad, calidad y fisiología de los árboles durante un año, que se vio muy afectada por la limitación de actividades por la pandemia de Covid 19, lo que retrasó todas las actividades programadas. Se registraron características morfoagronómicas para su caracterización (Anexo 1) mediante la toma de muestras de frutos maduros y semillas, y con la ayuda de una lista de descriptores morfológicos según lo propuesto por Bekele, et. al, (2006) (Anexo 2). Los árboles se identificaron con una placa.

- Las características morfoagronómicas que se midieron en los árboles fueron las siguientes:
  - Perímetro: Diámetro del tronco a 1.5 m del suelo
  - Longitud media de la hoja (cm): Longitud desde el punto de inserción del peciolo hasta el ápice en tres hojas. Calcular el promedio.
  - Ancho medio de las hojas (cm): Ancho de tres hojas, calcular el promedio.
  - Forma del fruto: cundeamor, amelonado, angoleta o calabacillo
  - Color del fruto inmaduro: Verde ligero, Verde intermedio, Verde intenso, Verde rojizo, Rojo ligero, Rojo intermedio o Rojo intenso
  - Forma del ápice del fruto: puntiagudo, semipuntiagudo o redondeado.
  - Rugosidad del fruto: rugoso, semirrugoso o liso.
  - Longitud media del fruto (cm): Promedio de 5 frutos.
  - Perímetro medio del fruto (cm): Promedio de 5 frutos.
  - Grosor medio de la cáscara (cm): Promedio de 5 frutos.
  - Peso medio del fruto (g): Promedio de 20 frutos.
  - Peso fresco de almendras/fruto (g): Promedio del peso de las semillas con mucilago de un fruto obtenido de 20 frutos.
  - Número de almendras por fruto: Promedio 20 frutos.
  - Forma de las almendras: Oblongas, elípticas, ovoide, irregulares.
  - Color de las almendras: Morado, violeta, moteado, blancas o crema.
  - Índice de grano: Es el peso promedio en gramos, de una almendra de cacao seca de 100 almendras.
  - Índice de mazorca: número de mazorcas para hacer 1 kg de cacao seco.

## Evaluación físicoquímica, funcional y sensorial de árboles seleccionados

Se tomaron muestras de granos de cacao fermentados y secos para realizar análisis de contenido de proteína, carbohidratos, grasa, humedad, fibra cruda, cenizas perfil de sabor y muestras de granos sin fermentar para evaluar el contenido de polifenoles y actividad antioxidante. Las muestras fueron evaluadas en el Laboratorio de Calidad Total de La Universidad Nacional Agraria La Molina.



Los granos fermentados y secos de cada árbol fueron pesados y tostados según el tamaño de grano y las características del horno, con un tostado medio de 120 °C por 25 minutos en promedio, según el Protocolo E: Tostado de granos de cacao establecido por los Estándares Internacionales para la Evaluación de la Calidad y el Sabor del cacao. Posteriormente los granos fueron quebrados, descascarillados y refinados siguiendo los protocolos establecidos en los mencionados estándares.

La evaluación sensorial de las muestras de licor o pasta de cacao se realizó siguiendo la norma técnica NTP 107.303. 2018, y el protocolo de Evaluación sensorial de licor de cacao de los Estándares Internacionales para la Evaluación de la calidad y el sabor del cacao (ISCQF, 2020). Las muestras fueron codificadas, calentadas y evaluadas sensorialmente, determinando los atributos presentes y la intensidad percibida para realizar el perfil del sabor de cada muestra. La intensidad fue calificada mediante una escala de 0 a 10 según la tabla 4.

Tabla 4. Escala de intensidad para la evaluación sensorial del cacao.

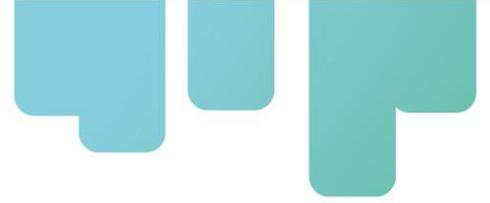
<b>Intensidad Atributo</b>	<b>Significado</b>	<b>Uso común de Intensidad</b>
0	No está presente	Ausente - Intensidad baja
1	Solo un rastro y puede no ser encontrado si saboreado de nuevo	
2	Presente en la muestra	Intensidad media
3 a 5	Claramente característico de la muestra	
6 a 8	Dominante característica de la muestra	Intensidad fuerte
9 a 10	Máximo. Domina algunas otras notas aromáticas de la muestra	

## Resultados

En el recorrido en las fincas de productores se encontraron árboles con las características establecidas que estaban dentro de algunos cultivos.

En Echarati la mayoría de los árboles de cacao tipo Chunchu se encuentran dentro de plantaciones con más de 50 años, siendo árboles muy grandes con escaso manejo y alturas superiores a los cinco metros. Se observó que todos los árboles tienen mazorcas verdes y aunque son de tipo Chunchu hay diversidad en los tamaños y las formas que los productores tienen diferentes nombres como señorita, pamuco, cáscara de huevo, etc. También se observó que las almendras de este tipo de cacao son de color morado y son muy pequeñas. Al evaluar el sabor de la pulpa se encontró diversidad de notas frutales y florales y sabor dulce intenso.

En San Martín la mayoría de los cultivos son clonados y en un alto porcentaje se encuentra CCN 51 que fue propagado como estrategia para sustituir cultivos de coca, por lo que existen muy pocos



árboles nativos e híbridos o descendientes de híbridos y fue más complicado encontrar y seleccionar árboles con las características deseadas.

### Caracterización morfoagronómica

Se seleccionaron dos árboles de la región Cusco (CC007 y CCWS) y uno de la región San Martín (CFA15) (Figuras 4 a 6). En la tabla 5 se presentan los datos de caracterización morfoagronómica de los árboles seleccionados.

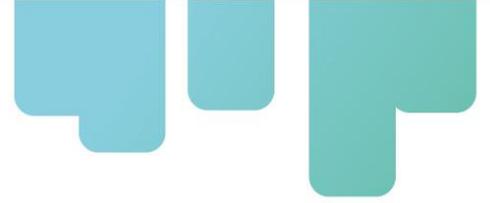
Según Lachenaud, (1995); Cilas, Machado & Motamayor, (2010) la producción de un árbol de cacao en un determinado periodo de tiempo depende del número de mazorcas producidas, el número de almendras por mazorca y el peso promedio de las almendras, lo que indica que estas variables están directamente relacionadas con el rendimiento y por lo tanto son determinantes en el valor comercial del grano.

En cuanto al índice de grano es conocido que es un rasgo de importancia para comercializadores y fabricantes y está relacionado con el origen genético del genotipo, siendo el peso del grano un criterio de selección que se utiliza en programas de mejoramiento (Clement et al., 2003). La uniformidad del grano permite un mejor procesamiento durante la poscosecha y el procesamiento, varios autores coinciden que esta característica presenta alto nivel de heredabilidad (Cilas, Machado & Motamayor, 2010; Lachenaud, 1995; Lockwood & Pang 1995), lo que permite demostrar las diferencias encontradas entre los árboles evaluados. Se ha establecido como tamaño estándar para la comercialización del cacao un promedio de 1,2 gramos por grano (Cilas, Machado & Motamayor, 2010), con lo cual los árboles seleccionados en el proyecto estarían dentro de los rangos establecidos. Considerando que los árboles de Cusco son tipo Chunchu, que generalmente presentan índices de grano de menos de 1.0, en este caso los dos árboles seleccionados presentan índices más altos y se destaca el árbol CCWS con 1.76 gramos por grano en promedio, que lo clasifica como grano de tamaño grande.

En cuanto al índice de mazorca, se observa que los árboles tipo chunchu presentaron valores similares de 13.5 (CCWS) y 13 (CC007), mientras que el árbol de San Martín presentó índice de mazorca más alto de 17.6, este índice es importante porque influye en el rendimiento final y está relacionado con el número de semillas por fruto y el tamaño del grano, siendo inversamente proporcional al rendimiento (Cilas, Machado & Motamayor, 2010). El rango de valores obtenido para el índice de mazorca, permite establecer que los materiales evaluados presentan índices de mazorca favorables para el rendimiento, como uno de los criterios que se debe utilizar para seleccionar genotipos como parentales en programas de mejoramiento.

Existe una relación inversamente proporcional entre el índice de mazorca y el índice de grano, de tal manera que genotipos que presentan granos más grandes, tienen menores índices de mazorca, siendo rasgos muy importantes en la selección de materiales de alto rendimiento (Martínez, 2016).

Otra variable de gran importancia en el rendimiento es el número de granos dentro de la mazorca en este caso el promedio de granos por mazorca fue de 40 para el árbol CFA 15, mientras que para



CCWS fue de 41 y para CC007 fue de 56 que son superiores a los reportados en el clon ICS 95 por Johnson *et al* (2009) con 35 granos por mazorca, siendo el clon ICS 95 uno de los más utilizados en los cultivos comerciales de Latinoamérica.

Con respecto a características como forma del fruto se encontró que CC007 presenta forma angoleta y es un fruto de tamaño más grande que el promedio de los frutos del cacao tipo Chunchu, mientras que los frutos de los árboles CCWS y CFA15 presentaron frutos con forma amelonada. Los tres árboles presentan frutas de color verde cuando están inmaduras y en la madurez amarillo. En cuanto a la rugosidad, los frutos del árbol CCWS son los más rugosos mientras que en el árbol CC007 son semirrugosos y en el árbol CFA con los surcos lisos que es característico de la forma amelonada. En general se puede decir que el fruto del árbol CC007 es el más grande de los tres. Se debe continuar con la evaluación en experimentos en campo de los tres árboles seleccionados dentro de pruebas agronómicas para evaluar la expresión de sus características de rendimiento.



Figura 4. Imágenes del árbol CC007 de la región Cusco.



Tabla 5. Resultados de la caracterización morfoagronómica de árboles seleccionados

Característica	CC007	CCWS	CFA 15
Perímetro	1.25	96	48
Longitud hoja	39.6	36.9	37.5
Ancho hoja	13.2	12.4	12.1
Forma del fruto	Angoleta	Amelonado	Amelonado
Color del fruto inmaduro	Verde intermedio	Verde intenso	Verde intermedio
Forma del ápice del fruto	Atenuado	Obtuso	Obtuso
Rugosidad	Semirrugoso	Rugoso	Liso
Longitud del fruto	26.3	18.6	19.1
Perímetro del fruto	30.6	29.3	31.1
Grosor de la cáscara	1.5	1.3	1.4
Peso del fruto	766.6	526	548.2
Peso fresco semillas	201.5	162	149.6
Número semillas	56	41	40
Forma semillas	Oblongo	Oblongo	Oblongo
Color semillas	Violeta	Violeta	Violeta
Índice de grano	1.2	1.76	1.52
Índice de mazorca	13	13.5	17.6



Figura 5. Imágenes del árbol CCWS de la región Cusco.



Figura 6. Imágenes del árbol CFA 15 de la región San Martín.

### Análisis químicos

Con respecto a los resultados de evaluación de las características químicas de los granos de los árboles seleccionados, en la tabla 6 se presentan los contenidos de proteína, carbohidratos, grasa, fibra, humedad y calorías de los tres árboles.

Los contenidos de grasa en los árboles fueron de 47.8% para CCWS, 36.7% para CFA15 y para el árbol CC007 de 40.2%. Estos valores son ligeramente bajos comparados con algunos de los repostados en la literatura, sin embargo, se han reportado valores similares en muestras de cacao amazónicos y también en otros países como Venezuela (Chire-Fajardo & Ureña-Peralta, 2020; Lares et al., 2002). Se ha demostrado que existen diferencias significativas entre genotipos en la respuesta del contenido total de lípidos debido a características genéticas y condiciones ambientales como la temperatura y la disponibilidad de agua, (Daymond & Hadley, 2008; Martínez 2016) que confirma la variación existente entre los árboles evaluados en el presente trabajo.

Los contenidos de proteína de los granos de cacao de los árboles seleccionados se encuentran dentro de los rangos descritos en varias investigaciones, donde el rango de proteína presente en granos de cacao fermentados y secos, provenientes de diferentes países, es del 10 al 15% (Afoakwa et al., 2012; Bertazzo et al., 2011; Ventura et al., 2014). En cuanto a los carbohidratos totales, como indica el método, el resultado se obtiene por la diferencia de la suma de los resultados del análisis proximal restados de 100.

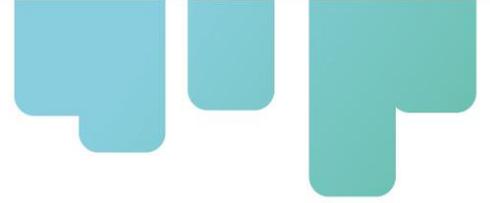


Tabla 6. Resultados de caracterización química de frutos de árboles seleccionados.

Variables		CFA15	CCWS	CC007
Grasa	g/100 g de muestra	36.7	47.8	40.2
Proteína	g/100 g de muestra	15.7	14.7	16.0
Fibra cruda	g/100 g de muestra	24.7	24.6	22.4
Carbohidratos	g/100 g de muestra	43.7	33.6	163.7
Cenizas	g/100 g de muestra	3.9	3.9	4.1
Humedad	g/100 g de muestra	7.8	6.2	7.5
Calorías de grasa	% Kcal	58.1	69	62.0
Calorías de proteínas	% Kcal	11.1	9.4	11.0
Calorías de carbohidratos	% Kcal	30.8	21.6	27.1
Energía total	% Kcal/	523.4	584.4	441.3

## Contenido de polifenoles y actividad antioxidante

Se evaluó el contenido de compuestos funcionales en los árboles seleccionados como los polifenoles y la actividad antioxidante. Los resultados se presentan en la tabla 7. Se observa que el árbol CFA15 presentó el valor más alto en el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante, mientras que los árboles de Cusco presentaron valores más bajos. Los valores de los fenoles totales son superiores a los reportados por Rojas et al (2017) para varios tipos de cacao Chuncho donde el rango descrito fue de 3,0 a 1,4 mg EAG/g y en el rango de los resultados reportados por Ordoñez et al (2020) en varios tipos de cacao Chuncho y el genotipo SHU 1 que presentaron valores entre 18,6 y 6,4 mg EAG/g. Según Terán & Morán (2021), la cantidad y proporción de los polifenoles puede variar por factores genéticos, ambientales y agronómicos, sin embargo, se puede considerar que el cacao es una buena fuente de antioxidantes comparado con otros productos reconocidos como por ejemplo el vino tinto.

Tabla 7. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de los árboles seleccionados

Variables	CFA 15	CC007	CCWS
Capacidad Antioxidante ( $\mu\text{M}$ Trolox/ g)	17581.7	4359.7	709.1
Compuestos fenólicos (mg EAG/100 g)	9.9	6.6	5.7

## Análisis sensorial

Los resultados se presentan mediante el perfil sensorial de cada muestra, compuesto por un gráfico circular con la puntuación de las intensidades de cada atributo y la descripción de las características cualitativas percibidas en la cata.

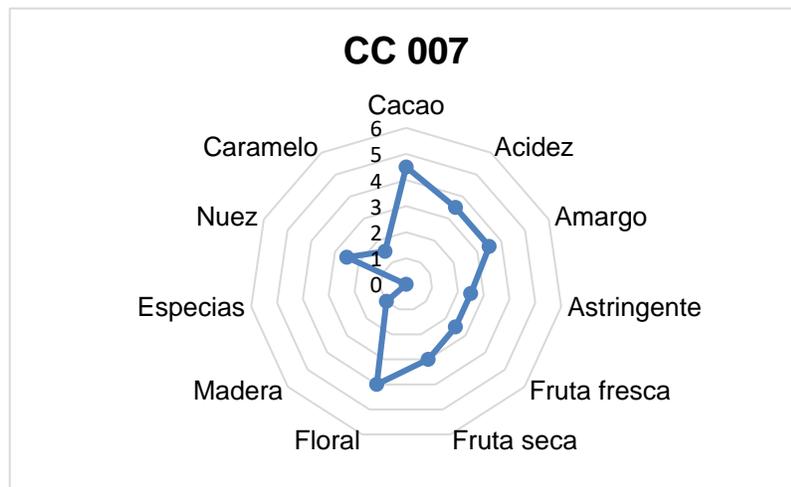


En el árbol CC007 la medición de la intensidad de los atributos básicos como cacao, acidez, amargo y astringente tienen valores similares lo que demuestra que hay balance en este grupo de atributos. En cuanto a los atributos complementarios como frutal, floral, madera y especias entre otros, se destaca la intensidad del atributo floral descrito como referencia de flores de jazmín, también se destaca la presencia de notas de frutas frescas como ciruelas y frutas secas, así como nuez y caramelo, lo que demuestra la complejidad y por lo tanto la calidad sensorial. La evaluación del perfil de sabor del árbol CCWS demostró que también presenta potencial en términos de calidad, en este caso se percibió acidez relacionada con frutos rojos, frutas secas, floral y nuez.

La evaluación sensorial de las muestras de estos árboles demostró su potencial de calidad organoléptica que corrobora la expresión en atributos típicos del cacao Chuncho que es considerado fino de aroma por tener características individuales distintivas con sabores florales, nueces, especias y frutales, con menor amargor y astringencia (Condori et al., 2014, Quispe 2019).

El árbol CFA 15 seleccionado en la región San Martín presentó notas de cítricos y frutas secas, herbales y floral de flores de violeta, madera y caramelo con lo que también se puede destacar con potencial como cacao fino que puede hacer parte de la población segregante de la semilla híbrida que fue entregada dentro de programas de mejoramiento a en los años 60 (Perea et al., 2013).

### Árbol CC007



Grafica 9. Evaluación sensorial frutos árbol CC007

Olor ácido y nuez, atributos básicos en balance, notas de frutas frescas de carne blanca y ciruelas, fruta seca en baja intensidad. Resaltan notas florales de jazmín y herbales que persisten hasta el final, complejo, balanceado, final chocolatoso.

## Árbol CCWS

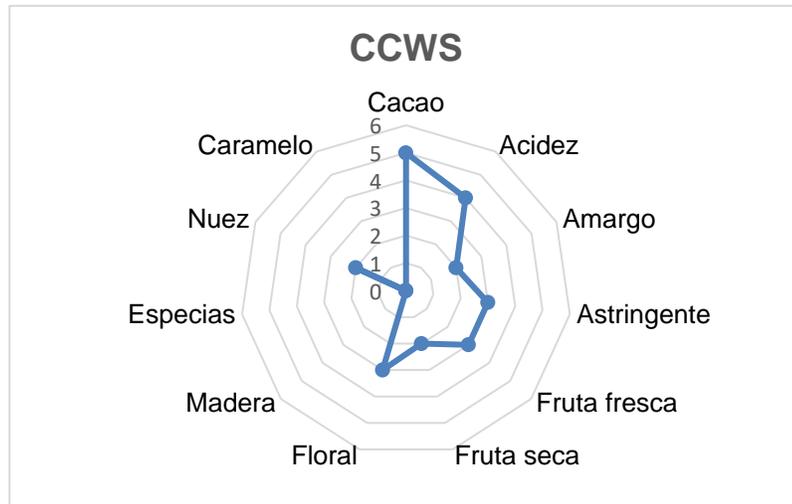


Grafico 10. Evaluación sensorial frutos árbol CCWS

Acidez inicial brillante, notas de frutos rojos, frutas secas, y floral suave pero persistente, astringencia aterciopelada y final de nuez como marañón.

## CFA 15

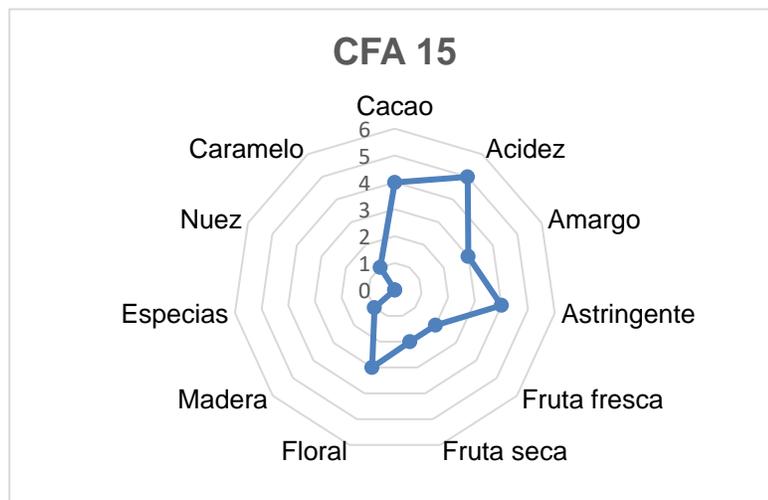
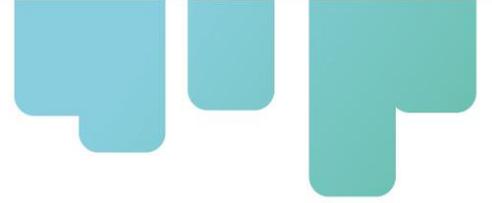


Grafico 11. Evaluación sensorial frutos del árbol CFA15

Acidez que resalta al inicio, suave intensidad de frutas frescas como cítricos, notas herbales y florales de violeta de baja intensidad, baja intensidad de madera y caramelo al final.



## Conclusiones

- Se tienen diferentes tipos de materiales en los dos departamentos evaluados en Colombia con grandes cualidades genéticas y de calidad, en especial en el caso del material T12- proveniente del municipio de Palocabildo - Tolima, y el material H08 de Rivera – Huila, los cuales ha generado una buena productividad y se ha adaptado a las condiciones agroecológicas de la zona, siendo de gran interés para su réplica, ya que es un material que puede llegar a ser muy bien pago a nivel comercial, dando paso a la posibilidad de replicar este material en la zona.
- No se encontraron materiales con características cualitativas y cuantitativas representativos a la subespecie de tipo criollo
- Se destaca el porcentaje de polifenoles totales encontrado en los materiales T12-2, T15-, T15-2, T14-1, T14-2, H03, H02 y H09, los cuales superan el rango de 60 mgEAG/g siendo esto algo bueno en comparación al porcentaje encontrado en otros frutos.
- La evaluación de los licores de cacao mostró amplia variabilidad sensorial en características como amargor y astringencia. De igual manera los 27 materiales recolectados se caracterizaron por una calificación baja – media de sabores tanto frutal, como floral.
- Se debe continuar con el proceso de reconocimiento de materiales regionales ya que se cuenta con una gran variedad y una zona extensa de evaluación además de una evaluación de estos materiales frente a temas como resistencia al cambio climático.
- Se contribuyó con la selección de tres materiales nativos dos de la región Cusco y uno de San Martín con características de rendimiento y calidad y con enfoque de selección participativa.
- Los materiales tipo Chunchu seleccionados presentan características de rendimiento como mayor índice de grano y menor índice de mazorca como aporte al mejoramiento de las características del rendimiento
- Se debe continuar el proceso de evaluación de estos materiales a través de experimentos en campo para la obtención de registros comerciales, la entrega de estos materiales a los productores y el establecimiento en cultivos comerciales.

## Anexos

### Anexo 1. Ficha para registro de árboles

<b>Proyecto CACAO ANDINO ATN/RF 16109RG</b>			
Universidad Nacional Agraria La Molina - Universidad del Tolima - Fontagro			
Fecha _____			
<b>CARACTERIZACIÓN MORFOAGRONÓMICA DE ÁRBOLES DE CALIDAD DIFERENCIADA</b>			
Identificación del árbol _____		Provincia _____	Distrito _____
Fundos _____		Fundos _____	
Coordenadas (GPS) _____		Propietario _____	
Altura _____msnm			
<b>TALLO</b>			
1. Forma del Tallo	Recto <input type="checkbox"/>	Decumbente <input type="checkbox"/>	
2. Perímetro del tallo	<input type="text"/>		
3. Pubescencia en tallos terminales	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
<b>HOJAS</b>			
4. Longitud promedio (cm)	<input type="text"/>	5. Ancho promedio (cm)	<input type="text"/>
6. Color de las hojas o brote terminal	Rojizo <input type="checkbox"/>	Verdoso <input type="checkbox"/>	Otro <input type="text"/>
7. Follaje, Frondosidad	Abundante <input type="checkbox"/>	Escaso <input type="checkbox"/>	
<b>FLORES</b>			
8. Color de la flor	Rojo <input type="checkbox"/>	Blanco <input type="checkbox"/>	Rosado <input type="checkbox"/>
9. Número promedio de flores por cojin	<input type="text"/>		
<b>FRUTO</b>			
10. Forma del fruto	Cundeamor <input type="checkbox"/>	Amelonado <input type="checkbox"/>	Angoleta <input type="checkbox"/>
			Calabacillo <input type="checkbox"/>
11. Color del fruto inmaduro	Verde <input type="checkbox"/>	Rojo <input type="checkbox"/>	Otro <input type="text"/>
12. Forma del ápice del fruto	Puntiagudo <input type="checkbox"/>	Sempuntiagudo <input type="checkbox"/>	Redondeado <input type="checkbox"/>
13. Rugosidad del fruto	Rugoso <input type="checkbox"/>	Semirugoso <input type="checkbox"/>	Liso <input type="checkbox"/>
14. Largo promedio (cm)	<input type="text"/>	15. Perímetro promedio (cm)	<input type="text"/>
16. Grosor promedio cáscara (cm)	<input type="text"/>	17. Peso promedio (g)	<input type="text"/>
18. Peso fresco promedio almendras/mazorca (g)	<input type="text"/>		
19. Número promedio de almendras/mazorca	<input type="text"/>		
20. Forma de las almendras	Oblongas <input type="checkbox"/>	Elípticas <input type="checkbox"/>	Irregular <input type="checkbox"/>
			Ovoides <input type="checkbox"/>
21. Color de las almendras	Moradas <input type="checkbox"/>	Violetas <input type="checkbox"/>	Moteadas <input type="checkbox"/>
	Blancas o crema <input type="checkbox"/>		
22. Índice de grano	<input type="text"/>	23. Índice de mazorca	<input type="text"/>
24. Numero de mazorcas/año	<input type="text"/>		
25. Número de mazorcas con Monilia	<input type="text"/>		

## Anexo 2. Protocolo caracterización de árboles.

### PROTOCOLO PARA CARACTERIZACIÓN DE ÁRBOLES DE CALIDAD DIFERENCIADA

El presente documento establece los parámetros para la selección de árboles como parte del proyecto “CACAO ANDINO ATN/RF 16109RG”.

A continuación se presenta una relación de las características a registrar en los árboles que se van a evaluar, con el fin de seleccionar los mejores. Este documento va acompañado de un formato para registrar la información solicitada.

#### 1. Visita a fincas de agricultores

Se realizará una visita a la finca, en donde se da a conocer la actividad que se va a realizar. Con la participación del agricultor se realiza la identificación y ubicación de los árboles a evaluar dentro de la finca, realizando un recorrido para identificar los que presenten las características adecuadas para ser seleccionados.

#### 2. Evaluación “in situ” de los árboles identificados

La evaluación *in situ*, consiste en observar características de productividad, sanidad, calidad y fisiología de los árboles, según las variables establecidas.

Se deben seleccionar solamente los árboles que realmente presenten características sobresalientes, que les permitan hacer un verdadero aporte al mejoramiento de la producción, la resistencia a enfermedades y la calidad.

La evaluación se realiza con la ayuda del formato. La evaluación se debe realizar en época de cosecha, cuando el árbol presente una buena cantidad de frutos en todas las edades, si es posible.

Cumplido el diligenciamiento del formulario, se asigna una identificación al árbol y debe ser marcado en un lugar visible, con una placa.

Un árbol seleccionado debe estar dentro de los siguientes parámetros morfoagronómicos y productivos.

- Árboles mayores a 15 años de edad, híbridos, criollos o materiales comunes en plantaciones tradicionales.
- Ubicados dentro de plantaciones de cacao.
- Tener en lo posible porte medio o bajo.
- Presentar en el momento de la colecta más de 20 frutos.
- Los frutos del árbol deben encontrarse completamente sanos, así como el árbol.
- Los frutos deben presentar más de 45 almendras dentro de la mazorca.
- El tamaño de la almendra debe encontrarse entre 1,4 y máximo 2 gramos en estado seco.
- En lo posible se debe tener preferencia a árboles que produzcan almendras, claras, sin embargo, la característica no es obligatoria.
- Árboles tolerantes al estrés de sequía y humedad.

#### 3. Preselección de árboles sobresalientes en fincas de agricultores

La preselección de los árboles promisorios debe ser el resultado del análisis de la información recopilada en el formato, para lo cual se utilizarán características de selección basadas en indicadores de selección según la tabla 1.

**Tabla 1:** Indicadores, índices y límites de selección para la selección de árboles en fincas de agricultores.

Indicador	Índices y límites		
	1	2	3
No. frutos/árbol	< 10	10-15	> 20
Índice de Mazorca	> 21	16 – 20	< 15
Índice de grano (gr.)	< 1,2	1,3 - 1,4	> 1,5
No. Almendras/mazorca	< 35	36 – 45	> 45
No. de frutos con Monilia	> 6	3-5	< 2
Porte del árbol	Alto <sup>41</sup>	Medio	Bajo



Para esta actividad, los árboles deben ser calificados usando las variables que aparecen en la tabla, dando valores de 1, 2 o 3 puntos según sea el caso. Al final se deben sumar las características y se seleccionarán los árboles con los más altos puntajes.

#### 4. Caracterización morfoagronómica

A los árboles evaluados se les deben registrar algunas de las más importantes características agronómicas y morfológicas que permitirán conocerlos. A continuación se relacionan las variables a evaluar en la caracterización morfoagronómica de los árboles promisorios. Los datos se deben registrar en el formato que se anexa.

**1. Forma del tallo:** Se debe observar el ángulo intermedio que se forma entre las dos ramas principales de la primera ramificación para determinar:

Erecto (<90 )

Decumbente (>135)

**2. Perímetro:** con la ayuda de una cinta métrica medir el diámetro del tronco a 1.5 m del suelo y registrar su valor.

**3. Pubescencia en los terminales del tallo:** Observar cuidadosamente el brote y notar la presencia o ausencia de vellosidades en las hojas y peciolo de este.

**4. Longitud media de la hoja (cm):** Tomar tres hojas no muy viejas de la parte media del árbol y medir a cada una la longitud desde el punto de inserción del peciolo hasta el ápice. Promediar los valores sumando las longitudes dividiendo en tres, registrar el valor en cm.

**5. Ancho medio de las hojas (cm):** Tomar tres hojas no muy viejas de la parte media del árbol. En la parte más ancha de la hoja marcar y medir el ancho, calcular el promedio y registrar el dato.

**6. Color de las hojas o brote terminal:** Observar brotes frescos, visualizando su color ya sea rojizo, verde u otro color.

**7. Follaje, frondosidad:** Observar el dosel del árbol y registrar la tendencia ya sea abundante o escaso y marca con una x.

**8. Color de la flor:** Observar 5 flores del árbol al azar, y registrar la tendencia del color presentes en el pedicelo y pétalos, rojo, blanco o rosado.

**9. Número medio de flores por cojín:** Ubicar 5 cojines florales al azar, contar el número de flores de cada uno, promediar y registrar el valor.

**10. Forma del fruto:** Observar los frutos, según su forma: cundeamor, amelonado, angoleta, calabacillo, y marcar la forma más predominante.

**11. Color del fruto inmaduro:** Observar los lomos del fruto inmaduro y marcar el color predominante. Verde, Rojo y otros colores como:

Verde ligero

Rojo ligero

Verde intermedio

Rojo intermedio

Verde intenso

Rojo intenso

Verde rojizo

Rojizo verde ligero

**12. Forma del ápice del fruto** Observar la parte apical (ápice o punta) del fruto y seleccionar según la forma: puntiagudo, semipuntiagudo, redondeado. Marcar la opción que corresponda.

**13. Rugosidad del fruto:** Observar los frutos y marcar la forma predominante de la rugosidad



**14. Longitud media del fruto (cm):** Tomar cinco frutos maduros, al azar y medir su longitud, calcular el promedio y registrar el valor en cm.

**15 Perímetro medio del fruto (cm):** Tomar cinco frutos maduros, al azar, ubicar la parte media del fruto y medir el perímetro, promediar y registrar el valor en cm.

**16. Grosor medio de la cáscara (cm):** Tomar veinte frutos, al azar, abrirlos y medir el espesor de la pared de la cáscara, calcular el promedio y registrar el valor en cm.

**17. Peso medio del fruto (g):** Tomar veinte frutos maduros al azar, pesar cada uno en la balanza, calcular el promedio y registrar el valor en gramos.

**18. Peso fresco de almendras/fruto (g):** Tomar veinte frutos maduros, extraer y pesar las semillas con mucilago de cada uno de los frutos. Calcular el promedio y registrar el valor en gramos.

**19. Número de almendras por fruto:** Tomar veinte frutos, contar el número de granos por cada uno, promediar y registrar el valor.

**20. Forma de las almendras:** Tomar veinte frutos, abrirlos y extraer 15 almendras de cada uno, observar la forma de las almendras y registrar la tendencia de la forma, según sean: Oblongas, elípticas, ovoide, irregulares.

**21. Color de las almendras:** Tomar cinco frutos, abrirlos y extraer 15 almendras de cada uno, haga un corte horizontal y visualice el color de ellas, registre la tendencia del color ya sea: Morado, violeta, moteado, blancas o crema.

**22. Índice de grano:** Es el peso promedio en gramos, de una almendra de cacao seca. Para calcular el valor se toman cinco frutos, se extraen las almendras y se pesan para cada uno, se registra el valor y se calcula el índice de grano para cada fruto así:

$$\text{Índice de grano por fruto} = \frac{\text{Peso total de granos húmedos por fruto} * 0,38}{\text{Número de granos por fruto}}$$

Con los cinco valores calcular el promedio y registrar el valor

**23. Índice de mazorca:** Tomar 20 frutos, abrirlos, extraer las semillas y pesarlas con mucilago, sin placenta. Para hallar el peso seco se realiza la siguiente operación:

$$\text{Peso total de granos húmedos} \times 0,38$$

Obtenido el peso seco, se procede a calcular el I.M con la siguiente operación:

$$\frac{20 \text{ mazorcas} \times 1000}{\text{Peso seco de las almendras}}$$

Registrar el valor obtenido

**24. Número de frutos en el momento de la colecta:** Se registra el número de frutos maduros e inmaduros presentes en el árbol en el momento de la colecta.

**25. Número de frutos enfermos:** Registrar el número de frutos enfermos presentes en el árbol en el momento de la colecta, discriminar por enfermedad o plaga.



## 5. Registro fotográfico

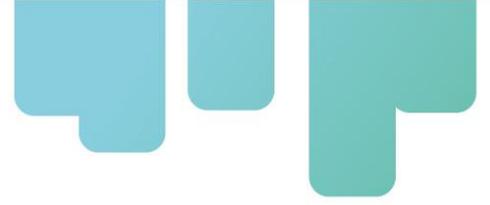
Se debe realizar registro fotográfico del árbol, si es posible con el agricultor, y registrar fotos de: flor, fruto, almendras enteras y en corte longitudinal para visualizar color y forma, todos marcados con el nombre del árbol.

## 6. Materiales para la colecta

GPS	Báscula
Cámara fotográfica	Papel periódico
Formato	Parafina
Calculadora	Tijeras
Lápiz y bolígrafo	Navaja
Cuaderno	Cinta de enmascarar
Metro	Marcadores
Regla de 30 cm	Vernier
Lupa	Bolsas plástica transparentes
Bolsas ziploc	Malla sintética

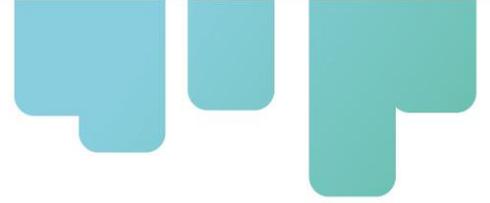
## 7. Réplica del árbol en finca

Se le pedirá al agricultor que a los árboles seleccionados se les clone dentro de la finca, con el fin de apoyar observaciones posteriores.



## Referencias Bibliográficas

- Afoakwa, E. (2010). *Chocolate Science and Technology*. (1°ed). Ghana: Wiley-Blackwell.
- Afoakwa, E. O., Quao, J., Takrama, F. S., Budu, A. S., & Saalia, F. K. (2012). Changes in total polyphenols, o-diphenols and anthocyanin concentrations during fermentation of pulp pre-conditioned cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *International Food Research Journal*, 19(3), 1071-1077.
- Aidé, J., Ramírez, O. & Villamizar, A. (2011). Caracterización fisicoquímica de materiales regionales de cacao colombiano. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 9(1): 35-42. Colombia. ISSN: 1692-3561.
- Amores, F., Palacios, Á., Jiménez, J. & Zhang, D. (2009). Entorno ambiental, genético, atributos de calidad y singularización del cacao en el nor oriente de la provincia del Ecuador. Extensión Experimental Tropical Pichilingue. INIAP, SENACYT, USDA. Boletín Técnico # 135. Quevedo, Ecuador. p.99
- Aranzazu, F. & Martínez, N. (2008). Reseña histórica o evolución del manejo del recurso genético en Colombia. *Memorias Seminario Internacional de Cacao*. Junio 26 y 27. Bucaramanga. Colombia. Pp 12 – 25.
- Aranzazu, F., Martinez, N., Palencia, G., Coronado, R., Rincón, D. (2009). Mejoramiento genético para incrementar la producción y productividad del sistema de cacao en Colombia. *Unión Temporal Cacao de Colombia* 1. 128 p. ISBN 978-958-98858-3-3.
- Bekele, F. L., Bekele, I., Butler, D. R., & Bidaisee, G. G. (2006). Patterns of morphological variation in a sample of cacao (*Theobroma cacao* L.) germplasm from the International Cocoa Genebank, Trinidad. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(5), 933-948.
- Bertazzo, A., Comai, S., Brunato, I., Zancato, M., & Costa, C. V. (2011). The content of protein and non-protein (free and protein-bound) tryptophan in *Theobroma cacao* beans. *Food chemistry*, 124(1), 93-96.
- Castellanos, O., Flórez, L., Contreras, N. & Toloza, J. (1999a). Manual de caracterización morfoagronómica de clones elite de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el nororiente colombiano. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria. Bucaramanga 7-9.
- Cedeño, P. (2010). Determinación de perfiles organolépticos en ocho grupos de cacao mediante la degustación de licor de cacao y chocolates oscuros elaborados artesanalmente. Tesis Ing. Agroindustrial. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Manabí Ecuador
- Chire-Fajardo, G. C., Ureña-Peralta, M. O., & Hartel, R. W. (2020). Fatty acid profile and solid fat content of peruvian cacao for optimal production of trade chocolate. *Rev. chil. nutr*, 50-56.
- Cilas, C., Machado, R., & Motamayor, J. C. (2010). Relations between several traits linked to sexual plant reproduction in *Theobroma cacao* L.: number of ovules per ovary, number of seeds per pod, and seed



weight. *Tree genetics & genomes*, 6(2), 219-226.

Clement, D., Risterucci, A. M., Motamayor, J. C., N'Goran, J., & Lanaud, C. (2003). Mapping quantitative trait loci for bean traits and ovule number in *Theobroma cacao* L. *Genome*, 46(1), 103-111.

Condori, D., Asencios, E., Garcia, L., Ruiz, C., Saavedra, Y., Rojas, R. 2014. Optimización del proceso postcosecha del cacao “Chuncho” peruano para el mejoramiento de la calidad organoléptica del licor de cacao. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*. Medellín, Colombia. 67(2): 1149-1150.

Cros, E. (2004). Factores que afectan el desarrollo del sabor a cacao bases bioquímicas del perfil aromático. Memoria. Taller Internacional calidad Integral del cacao: Teoría y Práctica (2004) INIAP / EET-P Quevedo, Ecuador

FEDECACAO (2013). La producción de cacao aumentó un 12% y el precio cayó un 24%. *Colombia Cacaotera* 6 (15), pp 6-8.

Fedecacao. (2005). Caracterización fisicoquímica y beneficio del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) Federación nacional de cacaoteros. Bogotá D.C.

García, C., L. 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- Programa Estratégico Nacional de Exportaciones PENX 2003-2013. Lima

García, C., L. 2000. Recursos genéticos del cacao en Perú: *Estado actual y perspectivas futuras*. En: Reunión anual de la red para el manejo y conservación de los recursos genéticos vegetales de los trópicos suramericanos (TROIPIGEN). IICA/PROCITROPICOS, Lima, 9-11 Octubre del 2000. 5 p

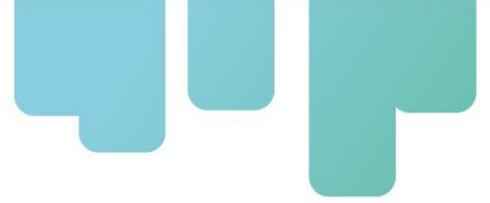
González Muñoz, Y., Pérez Sira, E. & Palomino Camargo, C. (2012). Factores que afectan la calidad sensorial del chocolate. *Nutrition*, Vol.13 (4), 314-331

Hernández, C. & Esquivel, E. (2004). Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, septiembre, año/vol. 27, núm. Especial 1. Sociedad Mexicana de Fitotecnia, A.C., México. pp. 27-31.

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.

ICONTEC. (2003). Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Cacao en grano. NTC 1252, 3ªed, p12. Bogotá, D.C

ISCQF. 2020. Primer Borrador del Protocolo para la Evaluación Sensorial del Licor de Cacao: parte de los Estándares Internacionales para la Evaluación de la Calidad y el Sabor del Cacao (ISCQF, por su nombre en inglés). Compilado por la Alianza entre Bioversity International y el CIAT, en colaboración con miembros del Grupo de Trabajo de ISCQF.



Jiménez, F., Amores, C. & Nicklin, D Rodríguez. (2011). Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao: INIAP, Quevedo.

Johnson, E. S., Bekele, F. L., Brown, S. J., Song, Q., Zhang, D., Meinhardt, L. W., & Schnell, R. J. (2009). Population Structure and Genetic Diversity of the Trinitario Cacao (L.) from Trinidad and Tobago. *Crop Science*, 49(2), 564-572.

Lachenaud, P. (1995). Variations in the number of beans per pod in *Theobroma cacao* L. in the Ivory Coast. II. Pollen germination, fruit setting and ovule development. *Journal of Horticultural Science*, 70(1), 1-6.

Lares, M.; Gutiérrez, R.; Pérez, E., y Álvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), 439-446.

Liendo, Rigel J. (2004). El Beneficio del Cacao. Revista Digital CENIAP HOY No. 5. Maracay, Aragua, Venezuela. Consultado el 28 de agosto del 2005. Disponible en [www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/ns/arti/rliendo2.htm](http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/ns/arti/rliendo2.htm)

Lockwood, G., & Pang, J. T. Y. (1995). Cocoa breeding at Bal plantations: genetic analysis and its implications for breeding strategies. First International Group for Genetic Improvement of Cocoa (INGENIC). In *International Workshop on Cocoa Breeding Strategies*. Edited by INGENIC (pp. 66-80).

Loor, R. (2002). Caracterización morfológica y molecular de 37 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional de Ecuador. Colegio de Pos graduación, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas; Instituto de Recursos Genéticos y Productividad; programa de Genética, Maestro en Ciencias. p 52

MADR (2018). Cifras sectoriales Cadena de Cacao. Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadena - SIOC. Bogotá.

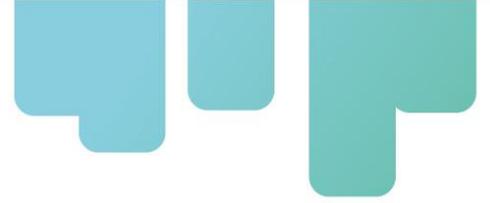
Martínez, N. E., Duarte, D. & Gavanzo, O. (2016). Nuevos clones regionales de cacao. Base de la biodiversidad, productividad y calidad del cacao de Colombia. Federación Nacional de Cacaoteros. 84 p Bucaramanga, Colombia.

Motamayor, J. C., Lachenaud, P., e Mota, J. W. D. S., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L). *PLoS One*, 3(10), e3311.

Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., Lopez, P. A., Ortiz, C. F., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380-386.

NTP 107.303:2018. EVALUACIÓN SENSORIAL. Licor de cacao. Requisitos. INACAL

Ordoñez, E. S., Quispe, Y., & García, L. F. (2020). Cuantificación de fenoles, antocianinas y caracterización sensorial de nibs y licor de cinco variedades de cacao, en dos sistemas de fermentación. *Scientia*



*Agropecuaria*, 11(4), 473-481.

Perea, A., Martínez, N., Aranzazu, F., Cadena, T. (2013). Características de calidad del cacao de Colombia. Catálogo de 26 cultivares. *Universidad Industrial de Santander – Fedecacao*. Bucaramanga, Colombia. ISBN978-958-8819-09-9. 107 p.

Quispe Camacho, Y. (2019). Polifenoles, antocianinas y caracterización sensorial de nibs y licor de cacao chuncho, clon SHU-1 fermentados tradicionalmente y por microfermentación. Universidad Nacional Agraria la Selva. Tesis.

Ramos, G., Ramos, P. & Azócar, A., (2000). Beneficio del Cacao, In Manual del Productor de cacao, Mérida Venezuela, p. 58 - 69.

Rojas, R.; Rodríguez, C.; Ruiz, C.; et al. 2017. Cacao Chuncho del Cusco. 1 ed. Lima, Perú, Lumiva. 120 pp.  
Soria, B.J. 1966. Obtención de clones de cacao por el método de índices de selección. *Revista Turrialba*, Vol. 16, No. 2, Pág. 119-124.

Terán, S. G. S., & Morán, W. A. M. (2021). Efecto del procesamiento de cacao negro en el contenido y actividad antioxidante de compuestos fenólicos. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 12(1), 41-45.

Vázquez-Ovando, A.; Ovando, I.; Adriano, L.; et al. 2016. Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 66(3): 239-254.

Ventura, M.; María, A.; González, J.; Rodríguez, O., y Almonte, J. (2014). Caracterización de los atributos de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) del municipio de Castillo. *Revista Agropecuaria y Forestal APF*, 3(1), 55-60

Villamil, A., Martínez, N., Aranzazu, F. & Cadena, T. (2013). Características de calidad del cacao de Colombia. Catálogo de 26 cultivares. Universidad Industrial de Santander, Federación Nacional de Cacaoteros. Bucaramanga- Colombia.



# Instituciones Participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

FONTAGRO  
Banco interamericano de Desarrollo  
1300 New York Avenue, NW, Stop  
W0502, Washington DC 20577  
Correo electrónico: [fontagro@iadb.org](mailto:fontagro@iadb.org)