

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS**

**Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma**



**TESIS**

Caracterización morfológica de genotipos silvestres de cacao (*Theobroma cacao* L.)  
colectados en la provincia de Loreto – departamento de Loreto

**Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo**

**PRESENTADO POR:**

Bach. ORLANDO MEGA ACHO  
(ORCID: 0000-0001-9613-3075)

**ASESOR:**

Dr. OSCAR ALEJANDRO TUESTA HIDALGO  
(ORCID: 0000-0003-2231-9365)

**CO – ASESOR:**

PhD. ENRIQUE ARÉVALO GARDINI  
(ORCID: 0000-0002-1725-6788)

**YURIMAGUAS -PERÚ**

**2026**



## MDJ-02. DECLARACIÓN DE AUTORÍA

PhD. Marco Antonio Mathios Flores, Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, Programa de Estudios de Ingeniería Agrónoma, de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas.

### DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado : “Caracterización morfológica de genotipos silvestres de cacao (*Theobroma cacao* L.) colectados en la provincia de Loreto - Loreto”, constituye la memoria que presenta el Bachiller Orlando Mega Acho para aspirar al título de Profesional en Ingeniero Agrónomo Ha sido realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Yurimaguas, a los 14 Días del mes de agosto Del año 2026.



Dr. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo

Asesor

“Caracterización morfológica de genotipos silvestres de cacao (*Theobroma cacao* L.)  
colectados en la provincia de Loreto – Loreto”

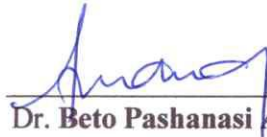
## TESIS

Presentada para optar el título profesional de:  
**INGENIERO AGRÓNOMO**

### JURADOS



Dr. Luis Alberto Arévalo López  
Presidente



Dr. Beto Pashanasi Amasifuén  
Miembro



Dr. Juan Daniel Villacís Fajardo  
Miembro



Dr. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo  
Asesor



PhD. Enrique Arévalo Gardini  
Co. Asesor

Yurimaguas, 18 de agosto del 2026

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA**

**TESIS**

Caracterización morfológica de genotipos silvestres de cacao (*Theobroma cacao*  
*L.*) colectados en la provincia de Loreto – departamento de Loreto

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Zootecnista

**PRESENTADO POR:**

Bach. ORLANDO MEGA ACHO

**ASESOR:**

Dr. OSCAR ALEJANDRO TUESTA HIDALGO

**CO-ASESOR:**

PhD. ENRIQUE ARÉVALO GARDINI

**Yurimaguas - Perú**

**2026**

## DEDICATORIA

A mi esposa Icenia Maribel Vásquez  
García y a mis hijos Kiara Gonzales  
Vásquez, Lorin San Mega Vásquez  
con mucho cariño y amor.

A mi madre María Clementina  
Reategui Castro, con todo mi amor y  
admiración por haberme criado,  
quien está orgullosa de haber  
presenciado cada momento especial  
de mi vida. Y en memoria de mi  
madre progenitora Dora Acho  
Icahuate.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por conservarme la vida y la fuerza espiritual para concluir con mi titulación.

A la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, por brindarme la oportunidad de formar parte de su comunidad académica y permitirme culminar mi carrera profesional.

A mi asesor, Dr. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo, y a mi co-asesor, PhD. Enrique Arévalo Gardini, por su apoyo, orientación en la elaboración y ejecución de este trabajo de investigación, y especialmente por creer en mí.

A los miembros del jurado calificador: Dr. Luis Alberto Arévalo López, Dr. Beto Pashanasi Amasifuen, y Dr. Juan Daniel Villacis Fajardo, por su valiosa colaboración y aportes.

Al Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) - Estación Experimental "El Choclino", así como a su equipo técnico, por facilitar la ejecución del proyecto de investigación con responsabilidad y dedicación en cada una de sus etapas.

Al personal del Laboratorio Agrícola del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) - Tarapoto, Ing. Juvicksa Amayda Villacorta, Ing. Carlos Mauro Tenazoa Sanchez por su amistad y su invaluable apoyo.

## RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie nativa amazónica de gran valor para la conservación y el mejoramiento genético. El objetivo del estudio fue determinar las características morfológicas de 16 genotipos silvestres colectados en la cuenca del río Tigre y establecidos ex situ en el Banco de Germoplasma El Choclino, Banda de Shilcayo - Loreto. Se evaluaron 51 plantas (entre dos a cinco genotipos por accesión), mediante descriptores cualitativos y cuantitativos de plantas, hojas, flores, mazorcas y semillas. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ), análisis de componentes principales (PCA) y conglomerados jerárquicos con distancia de Gower. De 28 descriptores cuantitativos evaluados, 18 mostraron diferencias significativas entre los genotipos, por lo que se aceptó la hipótesis de diferenciación morfológica. El PCA explicó el 41,4 % de la varianza en los dos primeros componentes y el análisis de conglomerados estructuró cuatro grupos morfológicos. La elevada variabilidad observada, con coeficientes de variación superiores al 30 % en descriptores reproductivos, refleja la diversidad genética del material silvestre y su expresión fenotípica en el nuevo hábitat. Los genotipos TIG-309 y TIG-306 destacaron por el peso de mazorca y de semilla, y TIG-301 y TIG-313 por su singularidad morfológica.

**Palabras clave:** genotipos, morfología, caracterización.

## ABSTRACT

Cacao (*Theobroma cacao* L.) is a native Amazonian species of great importance for conservation and genetic improvement. The objective of this study was to determine the morphological characteristics of 16 wild genotypes collected from the Tigre River basin and established ex situ in the El Choclino Germplasm Bank, Banda de Shilcayo - Loreto. A total of 51 plants (ranging from two to five genotypes per accession) were evaluated using qualitative and quantitative descriptors of plants, leaves, flowers, pods, and seeds. The data were analyzed using ANOVA and the Scott-Knott test ( $p \leq 0.05$ ), principal component analysis (PCA), and hierarchical clustering based on Gower distance. Of the 28 quantitative descriptors evaluated, 18 showed significant differences among genotypes, supporting the hypothesis of morphological differentiation. The PCA explained 41.4% of the variance in the first two components, and cluster analysis identified four morphological groups. The high variability observed, with coefficients of variation exceeding 30% in reproductive descriptors, reflects the genetic diversity of the wild material and its phenotypic expression in the new habitat. Genotypes TIG-309 and TIG-306 stood out for pod and seed weight, while TIG-301 and TIG-313 were notable for their morphological distinctiveness.

**Keywords:** genotypes, morphology, characterization.

## INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una planta nativa apreciada por los pueblos amazónicos, especialmente en la región nororiental de la Amazonía. Las investigaciones demuestran que el cacao posee propiedades antioxidantes y estimulantes, lo que lo convierte en un insumo importante para las industrias químicas de chocolates, productos farmacéuticos y cosméticos (Veliz, 2019). En el Perú, los mayores productores de cacao hasta 2024 fueron las regiones de San Martín, Junín, Ucayali y Cusco, que en conjunto concentran la mayor parte de la producción, destacando la región de San Martín. El rendimiento promedio de cacao seco es de 957.32 kg/ha (Goñas et al., 2024).

En el cultivo de cacao, el ciclo de mejoramiento comprende las fases de selección de plantas progenitoras, pruebas de progenies, experimentos de competencia clonal y la posterior liberación de materiales para su siembra a escala comercial. Debido al largo ciclo de cultivo, desde la fase inicial hasta la liberación del material genético, este puede tardar entre 20 y 30 años. Por lo tanto, el conocimiento de la variabilidad genética de los caracteres de interés para el mejorador es fundamental para elegir los métodos más adecuados en la selección de plantas, tanto en la fase joven como en la adulta (Avendaño et al. 2018).

En este aspecto, el uso de la caracterización morfoagronómica debe considerar descriptores botánicos con alta heredabilidad, fácil medición y baja interacción genotipo-ambiente (Araujo, 2023). Para la evaluación de la divergencia genética entre accesiones de genotipos, se pueden utilizar diversas técnicas multivariadas, pero la mayoría de estas metodologías están indicadas para variables cuantitativas o caracteres binarios. Sin embargo, la caracterización de genotipos de cacao utiliza caracteres multicategoricos, es decir, descriptores cualitativos que presentan varias clases, como el color de la cáscara del fruto y el color de las hojas jóvenes (Díaz & Quiñones, 2020).

## ÍNDICE GENERAL

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| RESUMEN .....                                              | iv  |
| ABSTRACT .....                                             | v   |
| INTRODUCCIÓN.....                                          | vi  |
| ÍNDICE GENERAL .....                                       | vii |
| LISTA DE TABLAS .....                                      | ix  |
| CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....                | 10  |
| 1.1. Planteamiento del problema .....                      | 10  |
| 1.2. Delimitación de la investigación.....                 | 11  |
| 1.3. Formulación del problema .....                        | 11  |
| 1.3.1. Problema central.....                               | 11  |
| 1.3.2. Problemas específicos .....                         | 11  |
| 1.4. Formulación de objetivos.....                         | 12  |
| 1.4.1. Objetivo general .....                              | 12  |
| 1.4.2. Objetivos específicos.....                          | 12  |
| 1.5. Justificación de la investigación .....               | 12  |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....                            | 13  |
| 2.1 Antecedentes de la Investigación .....                 | 13  |
| 2.2. Bases Teóricas.....                                   | 17  |
| 2.3. Definición de términos básicos .....                  | 21  |
| 2.4. Formulación de hipótesis .....                        | 21  |
| 2.5. Identificación de variables .....                     | 22  |
| 2.6. Operacional de variables .....                        | 22  |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN ..... | 25  |
| 3.1. Tipo de investigación .....                           | 25  |
| 3.2. Nivel de investigación.....                           | 25  |
| 3.3. Métodos de Investigación .....                        | 25  |
| 3.4. Diseño de la investigación .....                      | 26  |
| 3.5. Población y Muestra.....                              | 26  |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....  | 28  |
| 3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....   | 28  |
| 3.8. Tratamiento estadístico .....                         | 28  |

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES ..... | 29 |
| 4.1. Presentación de análisis.....          | 29 |
| 4.2. Discusiones .....                      | 41 |
| CONCLUSIONES.....                           | 47 |
| RECOMENDACIONES .....                       | 48 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....            | 49 |
| ANEXOS.....                                 | 56 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Descriptores de caracterización morfológica .....                                                             | 22 |
| <b>Tabla 2.</b> Agrupación de cacao silvestre de acuerdo con sus características morfológicas de la cuenca del río Tigre..... | 26 |
| <b>Tabla 3.</b> Características cualitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.....                                | 29 |
| <b>Tabla 4.</b> Características cualitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.....                                | 30 |
| <b>Tabla 5.</b> Características cualitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.....                                | 31 |
| <b>Tabla 6.</b> Características cualitativas generales de las semillas de 16 genotipos de cacao silvestre.....                | 32 |
| <b>Tabla 7.</b> Características cualitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.....                                | 32 |
| <b>Tabla 8.</b> Características cuantitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.....                               | 33 |
| <b>Tabla 9.</b> Características cuantitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.....                               | 34 |
| <b>Tabla 10.</b> Características cuantitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.....                              | 35 |
| <b>Tabla 11.</b> Características cuantitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.....                              | 35 |
| <b>Tabla 12.</b> Características cuantitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.....                              | 36 |

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Planteamiento del problema**

A nivel mundial, el cacao presenta mayores niveles de exportación ya sea como almendras secas o como productos derivados, lo que incentiva a los productores a buscar nuevas estrategias para incrementar la producción y generar mayores ingresos económicos, sin perder la calidad del producto. Esto conlleva reforzar los conocimientos científicos acerca de la diversidad de genotipos existentes.

En la actualidad, la pérdida de genotipos incita a la necesidad de disponer de un banco de germoplasma disponible para la comunidad científica y la humanidad, con información detallada sobre las características morfológicas de cada uno de estos materiales genéticos, lo cual hasta la fecha no se cumple.

Según Avendaño et al. (2018), en cultivos agroindustriales, el ciclo de mejoramiento genético comprende las fases de selección de matrices, pruebas de progenie, experimentos de competición de clones y posterior liberación de materiales para siembra a escala comercial. Debido al largo ciclo de cultivo, desde la fase inicial hasta la liberación de materiales de genética mejorada puede tardar de 20 a 30 años. De esta manera, es importante conocer la variabilidad genética de interés para el obtentor, para elegir los métodos más adecuados en la selección de plantas tanto en la fase joven como en la adulta.

Ya existen estudios de genotipos de cacao relacionados con metales como el cadmio, entre otros metales pesados de importancia en la Amazonía; no obstante, en la caracterización morfológica y mejoramiento genético del cacao se sabe poco, y son estudios que buscan mejorar las variedades tradicionales de cacao en las diferentes regiones de la Amazonía peruana (Arévalo *et al.*, 2019; Arévalo *et al.*, 2021).

Por lo tanto, el objetivo del estudio es la caracterización morfológica de 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la provincia de Loreto – Departamento de Loreto.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

El trabajo de investigación se ejecutó en el banco de germoplasma El Choclino, bajo clima tropical húmedo (23 °C a 32 °C) y humedad relativa cercana al 90 %. El material corresponde a genotipos silvestres colectados en su hábitat natural de la cuenca del río Tigre y trasladados e instalados ex situ en dicho banco, donde se realizó la caracterización; por tanto, las condiciones de clima y suelo descritas corresponden a Tarapoto.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema central**

- ¿Existen diferencias entre las características morfológicas de 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la provincia de Loreto-Loreto?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Qué características morfológicas son diferentes en los 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la provincia de Loreto-Loreto?
- ¿Cómo se agrupan los 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la provincia de Loreto-Loreto según la similitud de sus características morfológicas?

- ¿Determinar el índice de semilla y mazorca de los 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la provincia de Loreto-Loreto?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

- Determinar las características morfológicas de 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la provincia de Loreto - Loreto.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las diferencias de las características morfológicas de los 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la Provincia de Loreto-Loreto.
- Agrupar los 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la provincia de Loreto-Loreto según la similitud de sus características morfológicas.
- Determinar el índice de semilla y mazorca de los 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la provincia de Loreto-Loreto.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

Las características morfológicas se utilizan para estudiar la variabilidad genética, para identificar plantas y para conservar los recursos genéticos. Por lo tanto, la caracterización es el primer paso en el mejoramiento de los cultivos y programas de conservación (Hernández-Villareal, 2013).

En este aspecto, el uso de la caracterización morfoagronómica debe considerar descriptores botánicos con alta heredabilidad, fácil medición y poca interacción genotipo x ambiente (Araujo, 2023).

El trabajo de investigación se justifica debido a que se contribuirá con la caracterización morfológica de 16 genotipos silvestres de cacao que aún no fueron caracterizados; esta experiencia puede ser transferida a los productores de cacao para su aplicación práctica a fin de mejorar su producción.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la Investigación

Vásquez-García *et al.* (2022) caracterizaron agromorfológicamente 113 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) del depósito de material genético del cacao en el INIA, utilizaron descriptores de árbol, hoja, flor, fruto y semilla. Se formaron cinco grupos de acuerdo a las características similares. Las accesiones del grupo 1 fueron árboles vigorosos con un índice de 19,27 vainas/kg de semillas; los grupos que presentaron mejores características diferenciales fueron el grupo 2 con arquitectura de árbol erecto, vigorosidad intermedia, color de semilla morado e índice de 20,07 vainas/kg de semillas y el grupo 3, que tuvo el mayor número de accesiones con el menor índice de vainas de 18,77 vainas/kg de semillas, además de ser árboles vigorosos y tener semillas moradas. Por otro lado, el grupo 4 presentó una característica particular de color de semilla blanca e índices de vainas altos con 22,11 vainas/kg de semillas. Finalmente, las accesiones del grupo 5 se caracterizaron por una arquitectura de árbol y vigor intermedios con un índice de 21,3 vainas/kg de semillas.

García-García (2020) caracterizó morfológicamente 150 tipos autóctonos de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional en Babahoyo. Utilizó una lista de 32 definiciones de genotipos basadas en descriptores agronómicos y morfológicos del cacao. Identificó y examinó las similitudes y diferencias entre subgrupos dentro de los cultivares de cacao

nacionales aplicando un análisis de correlación y conglomerados. De esta manera logró demostrar la estabilidad de las características morfológicas, ya que no se encontraron diferencias fenotípicas entre las muestras de cacao evaluadas. Esto se evidenció por el hecho de que más del 80% de los cultivares evaluados tuvieron un CV por debajo del 50%, indicando una escasa variación en estas especies dentro de la población evaluada. En relación al análisis de agrupamiento, este permitió clasificar los árboles en 4 categorías (azul, amarillo, verde, rojo) según la similitud de sus características.

Gopaulchan *et al.* (2019) evaluaron la morfología y diversidad genética de 125 variedades locales de cacao. Utilizaron 96 marcadores de polimorfismo de un solo nucleótido. La variación genética en ambas regiones fue generalmente comparable, pero las regiones podían diferenciarse entre sí. Los datos morfológicos y genéticos indicaron que la colección de Uganda era un grupo intercalado con una variación de baja a moderada con cierta separación de las regiones occidental y central. El análisis de ascendencia indicó que la mayoría de las accesiones eran híbridas del linaje de Maraón, pero también tenían antecedentes genéticos de Amelonado e Iquitos.

Justo-Domínguez (2019) caracterizó botánica-agronómicamente seis clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) utilizando descriptores morfoagronómicos, y determinó el grado de similitud entre ellos de la Colección Mendis Paredes (CMP). En cuanto a las características morfológicas cualitativas de los clones de cacao, provenientes de diferentes ubicaciones geográficas, mostraron una variación fenotípica baja a moderada, excepto para las antocianinas (ALM) en las espinas cornudas y la coloración del cotiledón (CCS) en las semillas. En cuanto a las características agronómicas cuantitativas de los clones de cacao, a excepción del número de semillas por espiga (NUM) y peso fresco de la semilla (PFS), se observaron coeficientes de variación del 23,8% y 16,1%. Los resultados del análisis de conglomerados presentaron un nivel de similitud del 50% y muestran la agrupación de los

clones CMP-102 y CMP-06 (IIB), entre ellos el Grupo I: CMP-15, CMP-81 y CMP-99 y Grupo II: CMP-06, CMP-102 y CMP-91, aparentando un nivel del 75%. Encontró una correlación positiva con alta significancia entre PRO/PSS ( $r = 0.989$ ), PRO/PFS ( $r = 0.795$ ), PFS/PSS ( $r = 0.824$ ) y NUS/PSF ( $r = 0.703$ ).

Avendaño-Arrazate *et al.* (2018) evaluaron la diversidad genética y brindaron una base para programas de conservación a largo plazo de material representativo, se examinaron 99 registros del banco de germen de cacao en el sitio piloto Rosario Izapa del Instituto Nacional Forestal, Agrícola y Pecuario de México. Utilizaron 14 marcadores de microsatélites. Para el análisis de polimorfismos, se determinó una ausencia/presencia de (0/1) dominios para cada locus y se generó una matriz binaria usando la información generada usando todos los prefijos; los parámetros de diversidad se obtuvieron utilizando el software de selección de grupos base Gen Alex 6.5. Amplificaron 75 bandas, de las cuales el 79,7% eran polimórficas. El número de alelos diferentes para todos los cebadores fue de dos, mientras que el número efectivo de alelos osciló entre 1105 y 1384 (media = 1213). Los valores informados del índice de Shannon se consideran muy bajos (0,167-0,407; media = 0,267). Esto es consistente con la heterocigosidad esperada (0.085–0.255; media = 0.153). Sin embargo, dependiendo de la diversidad observada, es posible obtener varios grupos. El conjunto básico consistió en  $K = 16, 18, 20$  y  $22$ , y  $K = 22$  es la mejor recomendación porque representó efectivamente la diversidad del conjunto básico y se puede recomendar para la crioconservación prolongada.

Arévalo-Gardini *et al.*, (2018), cultivaron 60 genotipos y/o accesiones de cacao domesticados y silvestres, por un periodo de seis meses; siendo sometidas a dos tratamientos (Tratamiento 1: sustrato con pH= 4.7 y saturación de aluminio a 30 % y tratamiento 2: sustrato con pH= 5.8 y saturación de aluminio < 0.25 %), para evaluar los efectos de la acidez de suelo y saturación de aluminio sobre el crecimiento, composición

química y estrés fisiológico. Los resultados mostraron que las variables conductancia estomática y biomasa seca total son los factores más importantes en la clasificación de cacao como tolerante, moderadamente tolerante y sensible a la acidez del suelo. Por lo tanto, estas variables son cualidades o características de las plantas, confiables en la selección de genotipos y/o accesiones de cacao tolerantes a la acidez del suelo.

García-Carrión (2019) evaluó material genético donde se utilizaron 46 accesiones de cacao que fueron caracterizadas con una lista de 24 descriptores estándar (18 morfológicos y 6 organolépticos). La caracterización morfológica y organoléptica posibilitó diferenciar y ubicar las accesiones de cacao según su grupo genético (Nacional, Forastero del Alto Amazonas y Trinitario), verificando su identidad genética. El análisis de componentes principales-ACP mostró que los caracteres morfológicos de flores, frutos y organolépticos de la semilla fresca fueron los más discriminativos e importantes taxonómicamente. El dendrograma generado por el análisis de conglomerados-AC mostró siete conglomerados muy congruentes con el ACP, siendo el conglomerado IV el más concentrado y diverso genéticamente; y también, la identificación de dos accesiones putativas: PA-167 y CCN-51 de la colección Internacional.

García-Guerrero (2019) evaluó 100 productores de cacao en diferente escala (mayor o menor área), con un manejo técnico, se utilizó el método: Analítico – Deductivo, para evaluar árboles seleccionados de Cacao Criollo que presentaron las mejores características productivas y morfológicas, genéticas, agronómicas, morfo-fisiológicas y moleculares. Se caracterizaron los frutos empleando 10 descriptores y las semillas aplicando 18 descriptores cualitativos y cuantitativos. Se coleccionó 66 clones con la codificación CSC1 al CSC66, (CSC: Colección Sol&Café); Los que más destacan en los diferentes descriptores son: En dulzura: CSC10, CSC19, CSC57, CSC59; en acidez: CSC8, CSC46, CSC47, CSC53; en astringencia: CSC17; en amargor: CSC19, CSC46, CSC50; en

floral: CSC47, CSC50, CSC51, CSC52, CSC53, CSC54, CSC56, CSC57, CSC59; en frutal: CSC9, CSC11, CSC51 En descriptores cualitativos: CSC46, CSC47, CSC50, CSC51. En descriptores cuantitativos: Índice de mazorca: CSC27, CSC43, CSC56, CSC64, CSC65, CSC66; N° Semilla/Fruto: CSC22, CSC24, CSC31, CSC36, CSC48; índice de grano: CSC9, CSC11, CSC28, CSC37, CSC38, CSC44, CSC66; peso seco mazorca/índice de mazorca: CSC7, CSC9, CSC22, CSC28, CSC31, CSC32, CSC37; Sabor-aroma/índice de mazorca: CSC9, CSC11, CSC46. En esta colección las variables de semilla y mazorca fueron las que más aportaron para explicar la conservación genética del Cacao Criollo de los árboles caracterizados.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Caracterización**

La caracterización por descriptores morfoagronómicos se realizó inicialmente en cultivares clonales con el propósito de conocer la diversidad genética existente dentro de este grupo de materiales que ya están disponibles para siembra en áreas comerciales, identificando los más divergentes para futuros programas de cruces controlados (Cerrón-Gamarra, 2012).

En la mayoría de los cultivos económicamente importantes cuentan con modelos de descripción, caracterización y evaluación. Para lograr estas conformaciones, se llevan a cabo estudios de rasgos para comprender la variación de rasgos dentro y entre plantas (Almeida, 2023).

Las características morfológicas y agronómicas son fundamentales e identificar estas características mediante la caracterización y la construcción de poblaciones centrales (seleccionando subpoblaciones que contienen la mayor varianza disponible en un pequeño número de muestras) es un objetivo que puede motivar un uso mayor y más eficiente de las poblaciones (Bidot-Martínez *et al.*, 2021).

### 2.2.2. Origen del cacao

Quevedo-Guerrero *et al.* (2022) dicen que el cacao es originario de la región amazónica de América del Sur y se considera el grano de los dioses, después de la conquista de los españoles, este grano se extendió a España y se hizo popular allí y se extendió a Francia e Italia. Por ello, el cacao es un producto económico desde el siglo XVIII y, debido a la demanda europea, es ampliamente reconocido en todo el mundo.

Los principales productores son Costa de Marfil, Ghana, Indonesia y Nigeria con 70% de producción mundial, mientras que América Latina y los bosques amazónicos producen 15%. Las regiones de Perú, Ecuador y Colombia concentran las especies más aromáticas y de mayor calidad, y su producción se ha convertido en un modelo de sostenibilidad e innovación (Paredes-Meneses, 2019).

### 2.2.3. Clasificación taxonómica

Según Sánchez-López (2023):

|                   |                             |
|-------------------|-----------------------------|
| Reino             | : Plantae                   |
| Sub-Reino         | : Tracheobionta             |
| División          | : Magnoliophyta             |
| Clase             | : Magnoliopsida             |
| Sub-Clase         | : Dilleniidae               |
| Orden             | : Malvales                  |
| Familia           | : Malvaceae                 |
| Sub-Familia       | : Byttnerioideae            |
| Tribu             | : Theobromeae               |
| Género            | : Theobroma                 |
| Especie           | : Cacao                     |
| Nombre científico | : <i>Theobroma cacao</i> L. |

## **2.2.4. Características morfológicas**

### **2.2.4.1. Planta**

Es un árbol con raíces primarias y secundarias de crecimiento horizontal que alcanzan una altura de 6 a 8 metros, con un sistema radicular axial que busca principalmente la superficie freática (López-Avilés & Lovo-Lara, 2022).

### **2.2.4.2. Tallo y ramas**

Los árboles de cacao se propagan por semilla y se desarrollan un tronco erecto que alcanza 1-2 metros de altura en 12-18 meses. Después de eso, en la 3 a 5 rama lateral emerge la yema apical cuando deja de crecer (Montaleza-Armijos *et al.*, 2020).

### **2.2.4.3. Hojas**

Las hojas maduras son verdes, simples, enteras, lanceoladas a elípticas, acostilladas y espinosas en ambos lados. Las hojas son muy suaves cuando son jóvenes, a los insectos les gusta el viento, las hojas son de color verde oscuro y cambian de color a medida que maduran (Obregón-Ortiz, 2018).

### **2.2.4.4. Flor**

Las flores de cacao son flores hermafroditas. Es decir, es totalmente polinizada por insectos y comienza a florecer por la tarde cuando se abren los capullos y florecen a la mañana siguiente (Tello-Nazareno, 2022).

### **2.2.4.5. Fruto**

Los frutos se denominan botánicos como drupas. Sin embargo, a menudo se le llama la mazorca. El tamaño y la forma dependen en gran medida de la genética de la planta, el medio ambiente y la gestión operativa (Tamani-Murayari, 2019).

#### **2.2.4.6. Semilla**

Díaz *et al.* (2020), describen a la semilla como la materia prima utilizada para producir el chocolate y otros productos derivados del cacao. Las semillas de cacao son de forma ovalada y tienen un color marrón oscuro. Cada fruto de cacao contiene alrededor de 20-60 semillas, que están cubiertas por una pulpa dulce y mucilaginosa. Los granos de cacao son semillas de 2-3 centímetros de tamaño y no tienen parte blanca. Presenta una cobertura de pulpa blanca dulce, en parte inferior hay una cáscara acanalada de color rosa muy fina y resistente, es decir, la cobertura de la semilla, que cubre los cotiledones y mantiene las semillas de tamaño 6 a 6 firmemente adheridas y fusionadas en la base.

#### **2.2.5. Producción**

Según Tarazona *et al.* (2023) en Perú el cacao es el sexto cultivo más importante en términos de área, involucra 16 regiones, 57 provincias y 259 distritos (INEI, 2018), alcanzando en 2020 una superficie de 219.8 mil ha, rendimiento medio de 840 kg ha<sup>-1</sup> y tasa de crecimiento anual del 14% (Florida, 2021). Además, la región Huánuco aportó 13000 toneladas en la campaña 2020/2021, colocándose como el cuarto mayor productor nacional de cacao (MIDAGRI, 2021). Este es un aspecto positivo para la producción peruana que aporta el 2% de la producción mundial y ocupa el noveno lugar en el ranking mundial (MIDAGRI, 2021).

La mayor producción del cacao pertenece a África occidental (70%), seguida de Asia y Oceanía (15,6 %) y América Latina (14,1 %). Los principales países en producción de granos son Ghana, Indonesia, Nigeria, Camerún, Brasil, Ecuador, República Dominicana y Malasia. Estas repúblicas se concentran en alrededor del 90% del mundo. La mayoría de los granos de cacao se producen en fincas pequeñas y medianas; solo el 30% de la producción de cacao crudo proviene de las mejores fincas (Cerrón-Gamarra, 2012).

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Descriptores:** Grupo de caracteres y sus estados que pueden ser documentados y cuyo estudio nos permite conocer y diferenciar el germoplasma.
- **Estaminodio:** Estambre rudimentario, estéril o abortado.
- **Filamento del estambre:** Parte basal estéril de un estambre.
- **Flavonoides:** Son pigmentos naturales que protegen el organismo de los daños producidos por sustancias o elementos oxidantes.
- **Genotipo:** es la constitución genética completa de un individuo, es decir, el conjunto de genes y la información genética que lo conforman. Se trata de una combinación única de genes que se transmite de generación en generación
- **Fenotipo:** es el conjunto de características físicas, morfológicas, fisiológicas y de comportamiento de un individuo.
- **Caracterización:** acción de identificar y diferenciar los rasgos distintivos de una planta o cosa para diferenciarla de las demás.
- **Morfología:** es el estudio de su forma física y estructura externa, es decir, su exomorfología, y de su estructura interna, es decir, su anatomía.

### 2.4. Formulación de hipótesis

#### 2.4.1. Hipótesis nula

Ho: No existen diferencias entre las características morfológicas de los 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la provincia de Loreto-Loreto.

#### 2.4.2. Hipótesis alterna

Ha: Existen diferencias morfológicas de los 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la provincia de Loreto-Loreto.

## 2.5. Identificación de variables

- Características morfológicas de la planta
- Características morfológicas de la mazorca
- Características morfológicas de la hoja
- Características morfológicas de la semilla
- Características morfológicas de la flor

## 2.6. Operacional de variables

**Tabla 1.** Descriptores de caracterización morfológica

| Variable                                   | Dimensión                     | Abreviatura | Indicador                                                        | Unidad de medida | Instrumento                     |
|--------------------------------------------|-------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| Características morfológicas de la planta  | Forma de la planta            | ForP        | Erecto, Intermedio y Penduloso                                   | -                | Ficha de evaluación morfológica |
|                                            | Color del follaje             | ColF        | Sin o con pigmentación                                           | -                |                                 |
|                                            | Altura de la planta           | AltPla      | Altura de la planta                                              | m                |                                 |
|                                            | Diámetro de la copa           | DC          | Diámetro de la copa                                              | cm               |                                 |
|                                            | Número de frutos              | NFruP       | Número de frutos                                                 | unidad           |                                 |
|                                            | Diámetro de tallo bajo        | DTB         | Diámetro de tallo bajo                                           | cm               |                                 |
|                                            | Número de ramas primarias     | RamPri      | Número de ramas primarias                                        | Unidad           |                                 |
|                                            | Número de ramas secundarias   | RamSec      | Número de ramas secundarias                                      | Unidad           |                                 |
|                                            | Número de ramas terciarias    | RamTer      | Número de ramas terciarias                                       | Unidad           |                                 |
|                                            | Tipo de mazorca               | TipF        | Amelonado, Cundeamor, Angoleta, Calabacillo, Criollo y Pentágono | -                |                                 |
| Características morfológicas de la mazorca | Vigor de la planta            | VigP        | Débil, Intermedio y Vigoroso                                     | -                | Ficha de evaluación morfológica |
|                                            | Peso de mazorca con almendras | PMA         | Peso de mazorca con almendras                                    | g                |                                 |
|                                            | Longitud de fruto             | LonFru      | Longitud de fruto                                                | cm               |                                 |
|                                            | Diámetro de fruto             | DiaFru      | Diámetro de fruto                                                | cm               |                                 |
|                                            | Razón L/D                     | RLD         | Razón L/D                                                        | cm               |                                 |
|                                            | Peso de la semilla con pulpa  | PSP         | Peso de la semilla con pulpa                                     | g                |                                 |
|                                            | Forma del fruto               | ForF        | Redondeado, Ovalada y Alargada                                   | -                |                                 |

| Variable                                   | Dimensión                                        | Abreviatura | Indicador                                                           | Unidad de medida | Instrumento                     |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|
|                                            | Rugosidad de la cáscara                          | RugC        | Lisa, Rugosa y Muy Rugosa                                           | -                |                                 |
|                                            | Espesor de cáscara                               | EspCas      | Espesor de cáscara                                                  | cm               |                                 |
|                                            | Profundidad de surco                             | ProSur      | Profundidad de surco                                                | cm               |                                 |
|                                            | Ancho de surco                                   | AncSur      | Ancho de surco                                                      | cm               |                                 |
|                                            | Número de semillas por mazorca                   | NSM         | Número de semillas por mazorca                                      | unidad           |                                 |
|                                            | Constricción basal                               | ConBa       | Ausente, Suave, Intermedio y Fuerte                                 | -                |                                 |
|                                            | Forma de ápice                                   | ForA        | Redondeado, Obtuso, Agudo, Mamilado, Atenuado, Dentado y Caudado    | -                |                                 |
|                                            | Superficie                                       | Sup         | Lisa, rugosa y muy rugosa                                           | -                |                                 |
|                                            | Surcos                                           | Sur         | Superficiales, Medios y Profundos                                   | -                |                                 |
|                                            | Color de mazorca                                 | ColM        | C, E, G, K, O, P, R, W, Y, L, D, I, OR, RK, R+Y, Y+O, Y+G y OR+Y    | -                |                                 |
|                                            | Tamaño de mazorca                                | TamF        | Pequeño, mediano y grande                                           | -                |                                 |
| Características morfológicas de la hoja    | Longitud de la hoja                              | LonHoj      | Longitud de la hoja                                                 | cm               | Ficha de evaluación morfológica |
|                                            | Ancho de la hoja                                 | AncHoj      | Ancho de la hoja                                                    | cm               |                                 |
|                                            | Área total de la hoja                            | ATH         | Área total de la hoja                                               | cm <sup>2</sup>  |                                 |
|                                            | longitud de la base al punto más ancho del limbo | LBL         | LBL                                                                 | cm               |                                 |
|                                            | Presencia de pulvínulo                           | PrePul      | Ausente y presente                                                  | -                |                                 |
|                                            | Forma de la hoja                                 | ForH        | Ovoide, elíptica y ovada                                            | -                |                                 |
| Características morfológicas de la semilla | Largo de semilla                                 | LonSem      | Largo de semilla                                                    | cm               | Ficha de evaluación morfológica |
|                                            | Ancho de semilla                                 | AncSem      | Ancho de semilla                                                    | cm               |                                 |
|                                            | Espesor de semilla                               | EspSem      | Espesor de semilla                                                  | cm               |                                 |
|                                            | Color del cotiledón                              | ColC        | Blanco, Gris, Púrpura Claro, Medio Morado, Púrpura Oscuro y Moteado | -                |                                 |

| Variable                                | Dimensión                   | Abreviatura | Indicador                            | Unidad de medida | Instrumento                     |
|-----------------------------------------|-----------------------------|-------------|--------------------------------------|------------------|---------------------------------|
| Características morfológicas de la flor | Forma longitudinal          | ForL        | Oblonga, Ovada, Elíptica e Irregular | -                | Ficha de evaluación morfológica |
|                                         | Forma transversal           | ForT        | Aplanada, Intermedia y Redondeada    | -                |                                 |
|                                         | Número de flores            | NFloP       | Número de flores                     | Unidad           |                                 |
|                                         | Longitud del sépalo         | LonSep      | Longitud del sépalo                  | mm               |                                 |
|                                         | Ancho del sépalo            | AncSep      | Ancho del sépalo                     | mm               |                                 |
|                                         | Longitud del pétalo         | LonPet      | Longitud del pétalo                  | mm               |                                 |
|                                         | Ancho del pétalo            | AncPet      | Ancho del pétalo                     | mm               |                                 |
|                                         | Longitud del estaminodio    | LonEsta     | Longitud del estaminodio             | mm               |                                 |
|                                         | Longitud del ovario         | LonOva      | Longitud del ovario                  | mm               |                                 |
|                                         | Ancho del ovario            | AncOva      | Ancho del ovario                     | mm               |                                 |
|                                         | Longitud del estilo         | LonEst      | Longitud del estilo                  | mm               |                                 |
|                                         | Número de óvulos por ovario | NOO         | Número de óvulos por ovario          | -                |                                 |
|                                         | Color del péndulo floral    | ColPF       | Verde, Verde con Rojo y Rojo         | -                |                                 |
|                                         | Color del estaminodio       | ColEsta     | Morado Claro y Morado Oscuro         | -                |                                 |

\* C: Crema; E: Gris; G: Verde; K: Rosa; O: Naranja; P: Púrpura; R: Rojo; W: Blanco; Y: Amarillo; L: Claro; D: Oscuro; I: Intensa; OR: Naranja Rojizo; RK: Rojo Rosa; R+Y: Rojo con Franjas Amarillas; Y+O: Amarillo con Franjas Naranjas; Y+G: Amarillo con Franjas Verdes; OR+Y: Naranja Rojizo con Franjas Amarillas.

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Tipo de investigación**

Es un tipo de investigación básica debido a que se buscó generar conocimientos teóricos, sin interesarse directamente en sus posibles aplicaciones o consecuencias prácticas; persigue las generalizaciones con visión al desarrollo de una teoría basada en principios y leyes (Nicomedes-Teodoro, 2018).

### **3.2. Nivel de investigación**

Descriptivo-comparativo, debido a que se describen y comparan las características morfológicas entre genotipos.

### **3.3. Métodos de Investigación**

#### **3.3.1. Ubicación del ensayo**

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental "El Choclino" del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), que se encuentra ubicado a 4 km. del distrito Banda de Shilcayo, provincia de Tarapoto, departamento de San Martín, conocido como el banco de germoplasma de cacao silvestre "Amazon Collection", al igual que utilizando las oficinas y laboratorios de la Estación Experimental Juan Bernito.

#### **A. Ubicación Política:**

|              |                     |
|--------------|---------------------|
| Departamento | : San Martín        |
| Provincia    | : San Martín        |
| Distrito     | : Banda de Shilcayo |

**B. Ubicación geográfica:**

Latitud Sur : 06° 28' 37.3"  
 Longitud Oeste : 76° 19' 54.6"  
 Altitud : 506 m s. n. m.

**3.4. Diseño de la investigación**

No experimental, transversal, dado que las variables no fueron manipuladas y se evaluaron en su estado natural (Ochoa-Sangrador, 2019).

**3.5. Población y Muestra****3.5.1. Población**

La población estuvo conformada por genotipos silvestres de cacao colectados en la cuenca del río Tigre del departamento de Loreto.

**3.5.2. Muestra**

La muestra estuvo constituida por 16 genotipos, con de dos a cinco plantas vivas por genotipo, haciendo un total de 51 plantas vivas evaluadas.

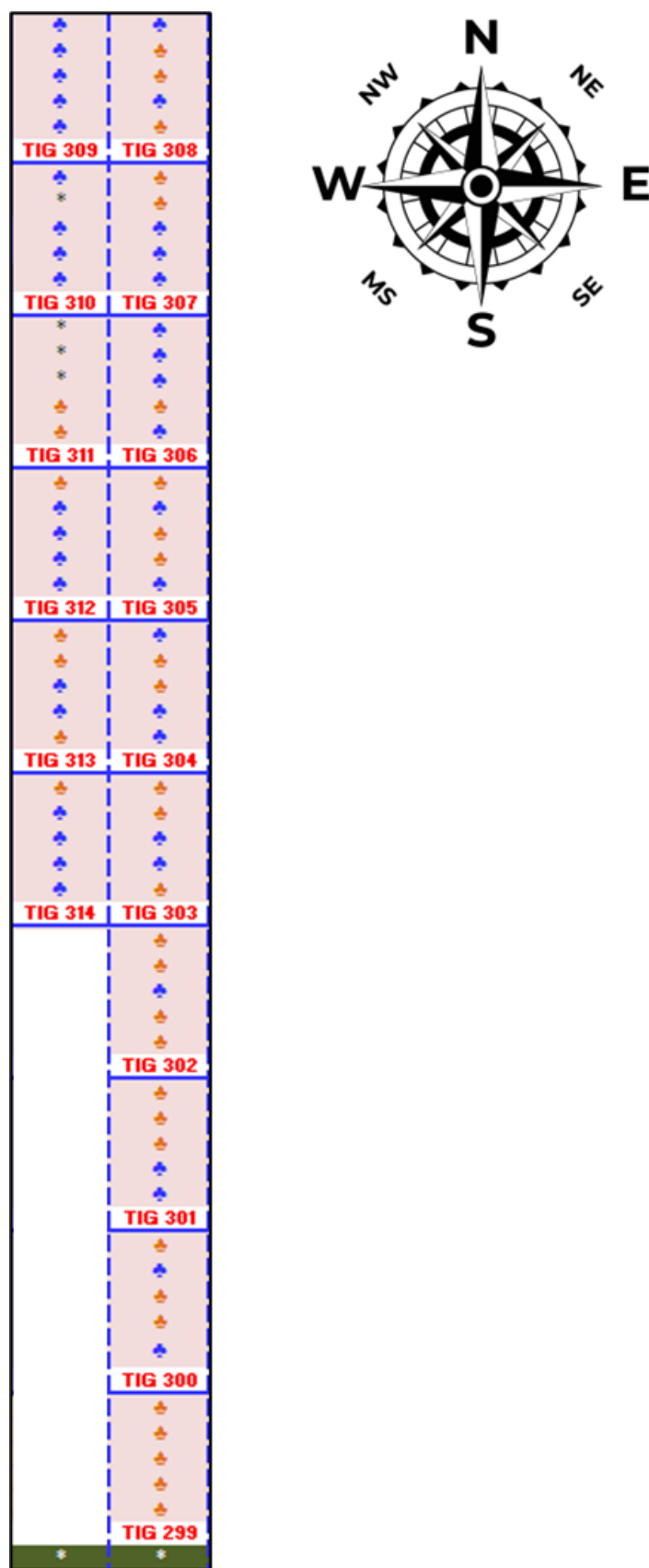
**Tabla 2.** Coordenadas de la procedencia de los 16 genotipos de cacao silvestre

| Nº de Genotipo | Genotipos* | Cuenca    | Latitud     | Longitud    |
|----------------|------------|-----------|-------------|-------------|
| 1              | TIG 299    | Río Tigre | 04°01'62.4" | 74°22'33.6" |
| 2              | TIG 300    | Río Tigre | 04°01'61.0" | 74°22'31.3" |
| 3              | TIG 301    | Río Tigre | 03°50'51.6" | 74°19'39.2" |
| 4              | TIG 302    | Río Tigre | 03°50'49.2" | 74°19'42.1" |
| 5              | TIG 303    | Río Tigre | 03°51'46.9" | 74°19'80.3" |
| 6              | TIG 304    | Río Tigre | 03°51'47.0" | 77°17'80.8" |
| 7              | TIG 305    | Río Tigre | 03°51'99.7" | 74°19'48.9" |
| 8              | TIG 306    | Río Tigre | 03°58'16.2" | 74°19'35.4" |
| 9              | TIG 307    | Río Tigre | 03°58'16.6" | 74°19'36.7" |
| 10             | TIG 308    | Río Tigre | 03°58'16.5" | 74°19'36.8" |
| 11             | TIG 309    | Río Tigre | 03°58'18.6" | 74°19'39.1" |
| 12             | TIG 310    | Río Tigre | 04°01'62.1" | 74°22'17.5" |
| 13             | TIG 311    | Río Tigre | 04°05'70.9" | 74°25'03.6" |
| 14             | TIG 312    | Río Tigre | 04°05'76.5" | 74°25'06.1" |
| 15             | TIG 313    | Río Tigre | 04°05'75.2" | 74°25'04.7" |
| 16             | TIG 314    | Río Tigre | 04°05'60.2" | 74°25'06.6" |

\* TIG (Tigre).

### 3.5.3. Croquis del Campo Experimental

**Figura 1.** Croquis de distribución de parcelas de los 16 genotipos estudiados



### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnica de recolección de datos**

Observación de las características cualitativas y cuantitativas de cada uno de los genotipos de cacao silvestre.

#### **3.6.2. Instrumento de recolección de datos**

Los instrumentos utilizados fueron:

- Balanza gramera digital (SODIMAC Perú) de 10 kg
- Regla de 20 a 30 centímetros
- Cámara del celular
- Marcadores
- Etiqueta
- GPS
- Formato de caracterización
- Programa estadístico R
- Libreta de campo

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Los datos recolectados fueron almacenados en una base de datos en Excel para su posterior análisis estadístico.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

Las variables cuantitativas fueron analizadas mediante estadística descriptiva y comparación de medias utilizando la prueba de Scott-Knott ( $p \leq 0.05$ ) y las variables cualitativas fueron analizadas mediante distribución de frecuencias.

Para el análisis multivariado se aplicó análisis de componentes principales (PCA) con variables cuantitativas estandarizadas. Posteriormente se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos empleando la distancia de Gower y el método de Ward, apropiado para la combinación de descriptores cualitativos y cuantitativos

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Presentación de análisis

#### 4.1.1. Características cualitativas

##### 4.1.1.1. Plantas

En la Tabla 3, se detalla que el 100% de los genotipos evaluados presentaron un hábito de crecimiento erecto. En cuanto al color del follaje, el 75% de las accesiones mostró pigmentación, mientras que el 25% restante no la presentó. Respecto al vigor de la planta, la distribución fue equitativa, registrándose un 50% con vigor intermedio y un 50% calificado como vigoroso.

**Tabla 3.** Características cualitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | Forma de la Planta | Color de Follaje | Vigor de la Planta |
|-----------|--------------------|------------------|--------------------|
| TIG 299   | Erecto             | Sin Pigmentación | Intermedio         |
| TIG 300   | Erecto             | Con Pigmentación | Intermedio         |
| TIG 301   | Erecto             | Sin Pigmentación | Intermedio         |
| TIG 302   | Erecto             | Con Pigmentación | Vigoroso           |
| TIG 303   | Erecto             | Con Pigmentación | Vigoroso           |
| TIG 304   | Erecto             | Con Pigmentación | Vigoroso           |
| TIG 305   | Erecto             | Con Pigmentación | Intermedio         |
| TIG 306   | Erecto             | Con Pigmentación | Vigoroso           |
| TIG 307   | Erecto             | Con Pigmentación | Intermedio         |
| TIG 308   | Erecto             | Con Pigmentación | Vigoroso           |
| TIG 309   | Erecto             | Con Pigmentación | Vigoroso           |
| TIG 310   | Erecto             | Con Pigmentación | Vigoroso           |
| TIG 311   | Erecto             | Con Pigmentación | Intermedio         |
| TIG 312   | Erecto             | Con Pigmentación | Intermedio         |
| TIG 313   | Erecto             | Sin Pigmentación | Vigoroso           |
| TIG 314   | Erecto             | Sin Pigmentación | Intermedio         |

#### 4.1.1.2. Mazorcas

En la Tabla 4, se identificaron cuatro tipos morfológicos de fruto: angoleta (43.75%), criollo (43.75%), amelonado (6.25%) y cundeamor (6.25%). La forma predominante del fruto fue ovalada (56.25%), seguida de la alargada (43.75%). En cuanto a la rugosidad de la cáscara, el 100% de las muestras presentó una superficie rugosa.

En la constricción basal, el 50% de los genotipos mostraron constricción ausente y el 50% restante presentó constricción intermedia. En relación con la forma del ápice, el 62.50% de las mazorcas presentó ápice agudo y el 37.50% ápice obtuso. El 100% de las muestras presentó surcos de profundidad media. En lo referente al color exterior de la mazorca, el 56.25% exhibió una coloración amarilla con franjas naranjas (Y+O), seguido del 31.25% de color rojo con franjas amarillas (R+Y) y el 12.50% de color rojo rosa (RK). Finalmente, según el tamaño del fruto, el 87.50% de los genotipos fueron clasificados como pequeños y el 12.50% como medianos (TIG 300 y TIG 309).

**Tabla 4.** Características cualitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | TipF | ForF | RugC   | ConBa | ForA   | Sup    | Sur    | ColM  | TamF    |
|-----------|------|------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|---------|
| TIG 299   | Ang  | Ala  | Rugosa | Int   | Agudo  | Rugosa | Medios | Y + O | Pequeño |
| TIG 300   | Ang  | Ova  | Rugosa | Int   | Agudo  | Rugosa | Medios | Y + O | Mediano |
| TIG 301   | Cri  | Ova  | Rugosa | Int   | Obtuso | Rugosa | Medios | R + Y | Pequeño |
| TIG 302   | Cun  | Ala  | Rugosa | Aus   | Agudo  | Rugosa | Medios | RK    | Pequeño |
| TIG 303   | Ame  | Ova  | Rugosa | Int   | Agudo  | Rugosa | Medios | Y + O | Pequeño |
| TIG 304   | Cri  | Ova  | Rugosa | Aus   | Agudo  | Rugosa | Medios | Y + O | Pequeño |
| TIG 305   | Ang  | Ala  | Rugosa | Int   | Obtuso | Rugosa | Medios | Y + O | Pequeño |
| TIG 306   | Ang  | Ova  | Rugosa | Aus   | Obtuso | Rugosa | Medios | Y + O | Pequeño |
| TIG 307   | Cri  | Ala  | Rugosa | Int   | Agudo  | Rugosa | Medios | R + Y | Pequeño |
| TIG 308   | Cri  | Ova  | Rugosa | Aus   | Agudo  | Rugosa | Medios | RK    | Pequeño |
| TIG 309   | Cri  | Ova  | Rugosa | Aus   | Agudo  | Rugosa | Medios | Y + O | Mediano |
| TIG 310   | Ang  | Ova  | Rugosa | Aus   | Agudo  | Rugosa | Medios | R + Y | Pequeño |
| TIG 311   | Ang  | Ala  | Rugosa | Int   | Obtuso | Rugosa | Medios | Y + O | Pequeño |
| TIG 312   | Cri  | Ala  | Rugosa | Int   | Obtuso | Rugosa | Medios | R + Y | Pequeño |
| TIG 313   | Cri  | Ova  | Rugosa | Aus   | Obtuso | Rugosa | Medios | R + Y | Pequeño |
| TIG 314   | Ang  | Ala  | Rugosa | Aus   | Agudo  | Rugosa | Medios | Y + O | Pequeño |

\* Angoleta (Ang), Criollo (Cri), Cundeamor (Cun), Amelonado (Ame), Alargada (Ala), Ovalada (Ova), Intermedia (Int), Ausente (Aus), Amarillo con Franjas Naranjas (Y+O), Rojo con Franjas Amarillas (R+Y), Rojo Rosa (RK).

**Nota.** Tipo de fruto (TipF), Forma del fruto (ForF), Rugosidad de la cáscara (RugC), Constricción basal (ConBa), Forma de ápice (ForA), Superficie (Sup), Surcos (Sur), Color de mazorca (ColM), Tamaño del fruto (TamF)

#### 4.1.1.3. Características cualitativas de las hojas

En la Tabla 5, se observa que el 100% de las hojas de las accesiones evaluadas presentaron pulvínulo (Tabla 5). En lo que respecta a la forma de la hoja, se determinó que la forma predominante fue la ovada con un 68.75%, seguida por la ovoide con un 25.00%, y la elíptica con un 6.25%.

**Tabla 5.** Características cualitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | Presencia de Pulvínulo | Forma de la Hoja |
|-----------|------------------------|------------------|
| TIG 299   | Presente               | Ovada            |
| TIG 300   | Presente               | Ovada            |
| TIG 301   | Presente               | Ovada            |
| TIG 302   | Presente               | Ovoide           |
| TIG 303   | Presente               | Ovada            |
| TIG 304   | Presente               | Ovoide           |
| TIG 305   | Presente               | Ovada            |
| TIG 306   | Presente               | Elíptica         |
| TIG 307   | Presente               | Ovada            |
| TIG 308   | Presente               | Ovada            |
| TIG 309   | Presente               | Ovoide           |
| TIG 310   | Presente               | Ovada            |
| TIG 311   | Presente               | Ovada            |
| TIG 312   | Presente               | Ovada            |
| TIG 313   | Presente               | Ovoide           |
| TIG 314   | Presente               | Ovada            |

#### 4.1.1.4. Características cualitativas de las semillas

En la Tabla 6, se observa que el color del cotiledón fue 100% homogéneo, mostrando un tono medio morado en la totalidad de los genotipos silvestres evaluados. En cuanto a su forma longitudinal, la distribución se dividió simétricamente: el 50% exhibió una forma ovada y el otro 50% una forma elíptica.

**Tabla 6.** Características cualitativas generales de las semillas de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | Color del Cotiledón | Forma Longitudinal |
|-----------|---------------------|--------------------|
| TIG 299   | Medio morado        | Ovada              |
| TIG 300   | Medio morado        | Ovada              |
| TIG 301   | Medio morado        | Ovada              |
| TIG 302   | Medio morado        | Ovada              |
| TIG 303   | Medio morado        | Ovada              |
| TIG 304   | Medio morado        | Elíptica           |
| TIG 305   | Medio morado        | Ovada              |
| TIG 306   | Medio morado        | Elíptica           |
| TIG 307   | Medio morado        | Elíptica           |
| TIG 308   | Medio morado        | Elíptica           |
| TIG 309   | Medio morado        | Ovada              |
| TIG 310   | Medio morado        | Elíptica           |
| TIG 311   | Medio morado        | Elíptica           |
| TIG 312   | Medio morado        | Elíptica           |
| TIG 313   | Medio morado        | Elíptica           |
| TIG 314   | Medio morado        | Ovada              |

#### 4.1.1.5. Características cualitativas de las flores

En la tabla 7, se observa que el 100% del pedúnculo floral tiene color verde y el color del estaminodio fue morado oscuro en el 100%.

**Tabla 7.** Características cualitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | Color del Pedúnculo Floral | Color del Estaminodio |
|-----------|----------------------------|-----------------------|
| TIG 299   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 300   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 301   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 302   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 303   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 304   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 305   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 306   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 307   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 308   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 309   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 310   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 311   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 312   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 313   | Verde                      | Morado Oscuro         |
| TIG 314   | Verde                      | Morado Oscuro         |

#### 4.1.2. Características cuantitativas

##### 4.1.2.1. Plantas

En la Tabla 8, se observa que la altura de las plantas varió entre 2.01 y 3.31 m (TIG 301 y TIG 309) (Tabla 8). El diámetro de la copa varió entre 1.46 y 2.32 cm (TIG 300 y TIG 299).

En cuanto al diámetro del tronco bajo (DTB), los valores comprendidos entre 5.83 y 11.85 cm (TIG 309 y TIG 310). El número de ramas primarias fue 2 unidades. Por su parte, las ramas secundarias presentaron 5 unidades, mientras que las ramas terciarias alcanzaron un promedio de 15 ramas.

**Tabla 8.** Características cuantitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | AltPla<br>(m) | DC<br>(cm) | DTB<br>(cm) | RamPri | RamSec  | RamTer  |
|-----------|---------------|------------|-------------|--------|---------|---------|
| TIG 299   | 2.84 a        | 2.32 b     | 10.50       | 2.00   | 6.00 b  | 21.50 a |
| TIG 300   | 2.45 b        | 1.46 b     | 10.63       | 2.33   | 10.33 a | 25.00 a |
| TIG 301   | 2.01 b        | 2.04 b     | 7.63        | 2.00   | 4.33 b  | 18.33 a |
| TIG 302   | 2.05 b        | 2.01 b     | 10.30       | 2.50   | 5.00 b  | 10.50 b |
| TIG 303   | 2.13 b        | 1.97 b     | 11.00       | 2.00   | 4.50 b  | 15.50 b |
| TIG 304   | 2.26 b        | 0.91 a     | 9.18        | 2.25   | 4.50 b  | 12.00 b |
| TIG 305   | 2.87 a        | 1.91 b     | 11.72       | 1.80   | 3.00 b  | 10.80 b |
| TIG 306   | 3.00 a        | 2.03 b     | 9.00        | 2.00   | 5.00 b  | 15.00 b |
| TIG 307   | 2.68 a        | 2.01 b     | 10.87       | 2.00   | 4.00 b  | 12.67 b |
| TIG 308   | 2.70 a        | 2.08 b     | 10.73       | 2.00   | 4.00 b  | 12.25 b |
| TIG 309   | 3.31 a        | 1.66 b     | 11.85       | 1.50   | 3.00 b  | 7.50 b  |
| TIG 310   | 3.13 a        | 1.54 b     | 5.83        | 2.33   | 5.00 b  | 10.33 b |
| TIG 311   | 2.87 a        | 1.60 b     | 9.45        | 2.00   | 4.00 b  | 9.50 b  |
| TIG 312   | 2.99 a        | 1.68 a     | 10.68       | 2.25   | 4.50 b  | 14.75 b |
| TIG 313   | 2.97 a        | 1.53 a     | 10.53       | 2.00   | 6.00 b  | 27.33 a |
| TIG 314   | 2.74 a        | 1.58 a     | 10.58       | 1.75   | 11.00 a | 22.75 a |
| CV %      | 12.12         | 24.18      | 20.13       | 19.23  | 42.17   | 25.91   |
| p valor   | 0.0005        | <0.0001    | 0.0772      | 0.3912 | 0.0007  | <0.0001 |

\* Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). Prueba Scott & Knott).

**Nota.** Altura de la planta (AltPla), Diámetro de la copa (DC), Diámetro de tallo bajo (DTB), Ramas primarias (RamPri), Ramas secundarias (RamSec), Ramas terciarias (RamTer).

##### 4.1.2.2. Mazorcas

EL peso de la mazorca con almendras tuvo valores de 214.53 - 445.50 g (TIG 309 y TIG 313) (Tabla 9). La longitud del fruto fue de 9.05 - 17.37 cm (TIG 306 y TIG 308). El diámetro del fruto fue de 6.90 - 9.67 cm (TIG 304 y TIG 300). La razón longitud/diámetro

(L/D) tuvo valores entre 1.53 y 2.14 cm (TIG 306 y TIG 309). El peso total de la semilla con pulpa tuvo valores entre 32.32 - 125.73 g (TIG 312 y TIG 306). El espesor de la cáscara varió entre 0.56 - 1.60 cm (TIG 303 y TIG 299). En cuanto a la profundidad de los surcos, los valores estuvieron entre 0.26 - 0.90 cm (TIG 307 y TIG 299). El ancho del surco tuvo valores de entre 2.22 - 4.66 cm (TIG 301 y TIG 299). Finalmente, el número de semillas por mazorca estuvieron entre 25 - 31 semillas (TIG 306 y TIG 313).

**Tabla 9.** Características cuantitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | PMA<br>(g) | LonFru<br>(cm) | DiaFru<br>(cm) | RLD    | PSP<br>(g) | EspCas<br>(cm) | ProSur<br>(cm) | AncSur<br>(cm) | NSM   |
|-----------|------------|----------------|----------------|--------|------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| TIG 299   | 413.90 a   | 15.45          | 7.97 b         | 2.10 a | 61.77 b    | 1.60 a         | 0.90           | 4.66 a         | 26.00 |
| TIG 300   | 435.00 a   | 16.33          | 9.67 a         | 1.67 b | 57.40 b    | 1.17 b         | 0.29           | 3.73 a         | 27.00 |
| TIG 301   | 377.67 a   | 12.49          | 8.13 b         | 1.65 b | 99.27 a    | 1.00 c         | 0.61           | 2.22 b         | 26.33 |
| TIG 302   | 255.00 b   | 12.89          | 7.42 c         | 1.74 b | 77.00 a    | 0.81 d         | 0.37           | 2.42 b         | 27.00 |
| TIG 303   | 240.90 b   | 12.22          | 6.91 c         | 1.78 b | 70.20 a    | 0.56 d         | 0.53           | 3.10 b         | 25.50 |
| TIG 304   | 317.25 a   | 14.37          | 6.90 c         | 1.96 a | 97.80 a    | 1.00 c         | 0.56           | 3.89 a         | 26.75 |
| TIG 305   | 241.24 b   | 14.89          | 8.13 b         | 1.82 b | 37.65 b    | 0.93 c         | 0.36           | 3.67 a         | 26.40 |
| TIG 306   | 368.13 a   | 9.05           | 8.29 b         | 1.53 b | 125.73 a   | 0.74 d         | 0.44           | 2.80 b         | 25.33 |
| TIG 307   | 396.27 a   | 15.24          | 7.67 c         | 1.98 a | 89.53 a    | 0.69 d         | 0.26           | 2.89 b         | 26.67 |
| TIG 308   | 362.10 a   | 17.37          | 8.08 b         | 2.13 a | 57.75 b    | 0.65 d         | 0.34           | 2.49 b         | 26.25 |
| TIG 309   | 445.50 a   | 16.96          | 7.92 b         | 2.14 a | 86.92 a    | 0.98 c         | 0.70           | 2.29 b         | 25.50 |
| TIG 310   | 255.84 b   | 15.10          | 7.17 c         | 2.11 a | 83.03 a    | 0.72 d         | 0.74           | 2.53 b         | 27.33 |
| TIG 311   | 347.00 a   | 14.75          | 8.18 b         | 1.80 b | 80.78 a    | 1.34 a         | 0.29           | 4.21 a         | 27.50 |
| TIG 312   | 274.00 b   | 13.99          | 7.50 c         | 1.86 b | 32.32 b    | 1.44 a         | 0.48           | 4.09 a         | 27.50 |
| TIG 313   | 214.53 b   | 11.87          | 7.23 c         | 1.63 b | 46.79 b    | 1.13 b         | 0.43           | 3.81 a         | 30.67 |
| TIG 314   | 237.10 b   | 13.76          | 7.24 c         | 1.89 b | 32.43 b    | 0.85 c         | 0.37           | 4.10 a         | 28.25 |
| CV %      | 31.07      | 19.89          | 7.92           | 11.09  | 40.35      | 15.37          | 51.26          | 15.73          | 7.31  |
| p valor   | 0.0712     | 0.1106         | 0.0005         | 0.0113 | 0.0024     | <0.0001        | 0.1179         | <0.0001        | 0.269 |

\* Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). Prueba Scott & Knott).

**Nota.** Peso de mazorca con almendras (PMA), Longitud de fruto (LonFru), Diámetro de fruto (DiaFru), Razón L/D (RLD), Peso de la semilla con pulpa (PSP), Espesor de cáscara (EspCas), Profundidad de surco (ProSur), Ancho de surco (AncSur), Número de semillas por mazorca (NSM).

#### 4.1.2.3. Características cuantitativas de las hojas

En la Tabla 10, la longitud de la hoja tuvo un mínimo de 25.39 - 35.92 cm (TIG 299 y TIG 302). El ancho varió entre 7.62 y 11.58 cm (TIG 301 y TIG 303). El área foliar total presentó un mínimo de 145.84 - 281.47 cm<sup>2</sup> (TIG 299 y TIG 303). La longitud del limbo (LBL) tuvo valores entre 13.22 - 19.57 cm (TIG 299 y TIG 303). Por otro lado, la longitud del pecíolo varía entre 1.69 - 2.48 cm (TIG 301 y TIG 306).

**Tabla 10.** Características cuantitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | LonHoj<br>(cm) |   | AncHoj<br>(cm) |   | ATH<br>(cm <sup>2</sup> ) |   | LBL<br>(cm) |   | LonPec<br>(cm) |
|-----------|----------------|---|----------------|---|---------------------------|---|-------------|---|----------------|
| TIG 299   | 25.39          | b | 8.28           | b | 145.84                    | b | 13.22       | b | 1.72 b         |
| TIG 300   | 30.01          | b | 9.97           | a | 220.08                    | a | 15.84       | b | 2.12 a         |
| TIG 301   | 28.25          | b | 7.62           | b | 152.87                    | b | 14.41       | b | 1.69 b         |
| TIG 302   | 35.92          | a | 10.42          | a | 279.21                    | a | 19.27       | a | 2.10 a         |
| TIG 303   | 34.87          | a | 11.58          | a | 281.47                    | a | 19.57       | a | 2.44 a         |
| TIG 304   | 29.69          | b | 9.38           | b | 179.56                    | b | 16.59       | b | 2.22 a         |
| TIG 305   | 26.87          | b | 9.12           | b | 162.89                    | b | 14.18       | b | 2.02 b         |
| TIG 306   | 29.69          | b | 10.12          | a | 195.52                    | b | 16.16       | b | 2.48 a         |
| TIG 307   | 28.77          | b | 10.51          | a | 187.31                    | b | 15.43       | b | 2.17 a         |
| TIG 308   | 30.46          | b | 11.29          | a | 207.89                    | a | 17.25       | a | 2.28 a         |
| TIG 309   | 30.79          | b | 11.27          | a | 218.63                    | a | 15.86       | b | 2.18 a         |
| TIG 310   | 32.59          | a | 10.29          | a | 245.95                    | a | 19.52       | a | 2.45 a         |
| TIG 311   | 32.27          | a | 8.57           | b | 238.73                    | a | 18.21       | a | 1.90 b         |
| TIG 312   | 32.72          | a | 10.06          | a | 235.78                    | a | 18.37       | a | 1.88 b         |
| TIG 313   | 28.97          | b | 10.17          | a | 217.38                    | a | 14.96       | b | 1.99 b         |
| TIG 314   | 31.82          | a | 11.44          | a | 248.55                    | a | 18.49       | a | 2.35 a         |
| CV %      | 7.70           |   | 13.27          |   | 15.10                     |   | 9.23        |   | 11.99          |
| p valor   | 0.0007         |   | 0.0192         |   | 0.0001                    |   | <0.0001     |   | 0.0064         |

\* Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). Prueba Scott & Knott).

*Nota.* Longitud de hoja (LonHoj), Ancho de hoja (AncHoj), Área total de hoja (ATH), Longitud desde la base al punto más ancho del limbo (LBL), Longitud del peciolo (LonPec).

#### 4.1.2.4. Características cuantitativas de las semillas

En la Tabla 11, la longitud de la semilla tuvo un mínimo de 1.16 - 2.70 cm (TIG 308 y TIG 304, TIG 305). El ancho es una media de 0.59 - 1.91 cm (TIG 308 y TIG 299).

**Tabla 11.** Características cuantitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | Longitud de Semilla<br>(cm) | Ancho de Semilla<br>(cm) |
|-----------|-----------------------------|--------------------------|
| TIG 299   | 2.51 a                      | 1.91 a                   |
| TIG 300   | 2.63 a                      | 1.33 a                   |
| TIG 301   | 2.54 a                      | 1.55 a                   |
| TIG 302   | 2.38 a                      | 1.41 a                   |
| TIG 303   | 2.32 a                      | 1.21 a                   |
| TIG 304   | 2.70 a                      | 1.34 a                   |
| TIG 305   | 2.70 a                      | 1.66 a                   |
| TIG 306   | 2.51 a                      | 1.35 a                   |
| TIG 307   | 1.68 b                      | 0.96 b                   |
| TIG 308   | 1.16 c                      | 0.59 b                   |
| TIG 309   | 2.24 a                      | 1.04 b                   |
| TIG 310   | 1.95 b                      | 1.01 b                   |
| TIG 311   | 1.99 b                      | 1.01 b                   |
| TIG 312   | 2.59 a                      | 1.33 a                   |
| TIG 313   | 2.61 a                      | 1.18 a                   |
| TIG 314   | 1.87 b                      | 0.91 b                   |
| CV %      | 11.25                       | 20.51                    |
| p valor   | <0.0001                     | <0.0001                  |

\* Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). Prueba Scott & Knott).

#### 4.1.2.5. Características cuantitativas de las flores

En la Tabla 12, el número de flores por planta fueron de entre 7 - 19 (TIG 314 y TIG 315). La longitud del sépalo tuvo una variación entre 5.20 - 7.22 mm (TIG 314 y TIG 310) y un ancho de 1.58 - 2.07 mm (TIG 300 y TIG 299). La longitud del pétalo presentó de 2.55 - 3.51 mm (TIG 309 y TIG 305), mientras que el ancho del pétalo fue entre 1.26 - 1.56 mm (TIG 307 y TIG 310). El ovario registró una longitud entre 1.61 - 2.17 mm (TIG 301 y TIG 300). El ancho del ovario tuvo valores comprendidos entre 1.22 - 1.53 mm (TIG 301 y TIG 312). La longitud del estilo presentó entre 4.01 - 5.63 mm (TIG 314 y TIG 300). Finalmente, el número de óvulos por ovario fueron de 25 - 31 (TIG 307, TIG 308 y TIG 313).

**Tabla 12.** Características cuantitativas generales de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | NFloP  | LonSep (mm) | AncSep (mm) | LonPet (mm) | AncPet (mm) | LonOva (mm) | AncOva (mm) | LonEst (mm) | NOO     |
|-----------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|
| TIG 299   | 13.5   | 6.16 b      | 2.07        | 3.19        | 1.40        | 1.84        | 1.37        | 4.89 a      | 25.50 c |
| TIG 300   | 9.00   | 6.62 a      | 1.58        | 3.27        | 1.36        | 2.17        | 1.46        | 5.63 a      | 26.00 c |
| TIG 301   | 17.00  | 5.53 b      | 1.76        | 2.97        | 1.37        | 1.61        | 1.22        | 4.15 b      | 26.67 b |
| TIG 302   | 14.00  | 5.51 b      | 1.75        | 2.86        | 1.36        | 1.77        | 1.33        | 4.47 b      | 27.00 b |
| TIG 303   | 13.50  | 6.21 b      | 1.73        | 3.19        | 1.47        | 1.93        | 1.51        | 5.11 a      | 25.50 c |
| TIG 304   | 15.25  | 6.28 b      | 1.96        | 3.16        | 1.32        | 1.89        | 1.32        | 4.52 b      | 25.50 c |
| TIG 305   | 19.20  | 6.90 a      | 1.87        | 3.51        | 1.44        | 1.89        | 1.27        | 5.03 a      | 25.40 c |
| TIG 306   | 9.33   | 6.29 b      | 1.81        | 2.83        | 1.30        | 1.82        | 1.30        | 4.39 b      | 25.33 c |
| TIG 307   | 13.33  | 6.08 b      | 1.82        | 3.18        | 1.26        | 1.64        | 1.28        | 4.17 b      | 25.00 c |
| TIG 308   | 11.50  | 6.77 a      | 1.75        | 3.40        | 1.42        | 1.81        | 1.30        | 4.88 a      | 25.00 c |
| TIG 309   | 11.00  | 6.38 b      | 1.87        | 2.55        | 1.40        | 1.79        | 1.38        | 4.66 b      | 25.50 c |
| TIG 310   | 9.33   | 7.22 a      | 1.94        | 3.48        | 1.56        | 2.08        | 1.41        | 5.44 a      | 27.33 b |
| TIG 311   | 8.00   | 6.96 a      | 1.90        | 3.20        | 1.39        | 1.93        | 1.33        | 5.10 a      | 27.00 b |
| TIG 312   | 8.75   | 7.00 a      | 2.02        | 3.33        | 1.41        | 1.99        | 1.53        | 5.38 a      | 26.75 b |
| TIG 313   | 11.67  | 6.10 b      | 1.79        | 2.92        | 1.43        | 1.76        | 1.36        | 5.07 a      | 30.67 a |
| TIG 314   | 7.75   | 5.20 b      | 1.81        | 2.65        | 1.32        | 1.62        | 1.28        | 4.01 b      | 27.00 b |
| CV %      | 39.75  | 9.57        | 11.12       | 13.93       | 7.37        | 12.85       | 11.05       | 9.26        | 4.22    |
| p valor   | 0.0598 | 0.0032      | 0.443       | 0.2169      | 0.1463      | 0.2026      | 0.3833      | 0.0004      | <0.0001 |

\* Promedios con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). Prueba Scott & Knott).

**Nota.** Número de flores por planta (NFloP), longitud del sépalo (LonSep), ancho del sépalo (AncSep), longitud del pétalo (LonPet), ancho del pétalo (AncPet), longitud del ovario (LonOva), ancho del ovario (AncOva), longitud del estilo (LonEst), número de óvulos por ovario (NOO).

### 4.1.3. Índice de mazorca y semilla

Los resultados obtenidos evidenciaron que el genotipo TIG-306 presentó el mejor valor (19.88), destacándose como el mejor en este índice, seguido por TIG-301 (25.18) y TIG-304 (25.56).

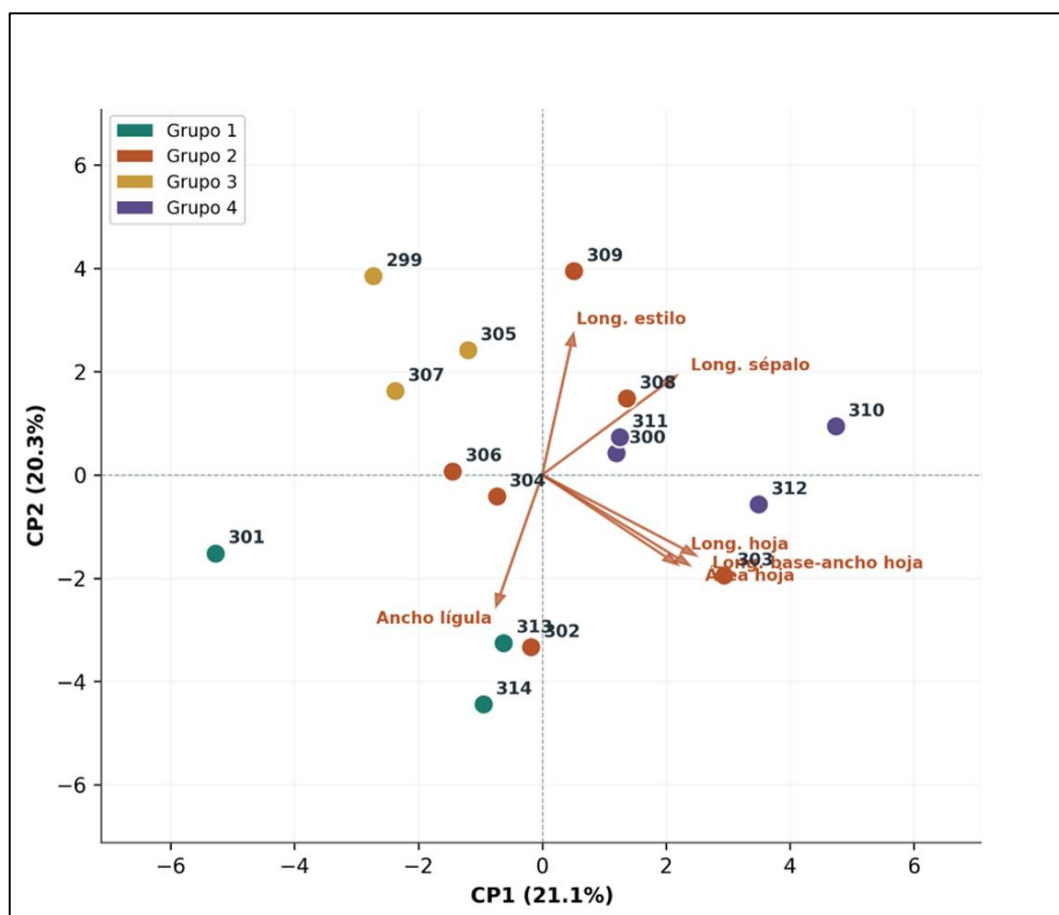
En cuanto al índice de semilla (IS), el mayor valor se registró en el genotipo TIG-306 (1.99), seguido por TIG-301 (1.51) y TIG-304 (1.46), lo que indica una mayor proporción de semilla en estos materiales.

**Tabla 13.** Índice de mazorca y semilla de 16 genotipos de cacao silvestre.

| Genotipos | Índice de mazorca (IM) | Índice de Semilla (IS) |
|-----------|------------------------|------------------------|
| TIG-299   | 40.47                  | 0.95                   |
| TIG-300   | 41.43                  | 0.89                   |
| TIG-301   | 25.18                  | 1.51                   |
| TIG-302   | 32.47                  | 1.14                   |
| TIG-303   | 35.61                  | 1.10                   |
| TIG-304   | 25.56                  | 1.46                   |
| TIG-305   | 66.40                  | 0.57                   |
| TIG-306   | 19.88                  | 1.99                   |
| TIG-307   | 27.92                  | 1.34                   |
| TIG-308   | 43.29                  | 0.88                   |
| TIG-309   | 28.76                  | 1.36                   |
| TIG-310   | 30.11                  | 1.22                   |
| TIG-311   | 30.95                  | 1.17                   |
| TIG-312   | 77.35                  | 0.47                   |
| TIG-313   | 53.43                  | 0.61                   |
| TIG-314   | 77.10                  | 0.46                   |

#### 4.1.4. Análisis de componentes principales de las características morfológicas cuantitativas y cualitativas

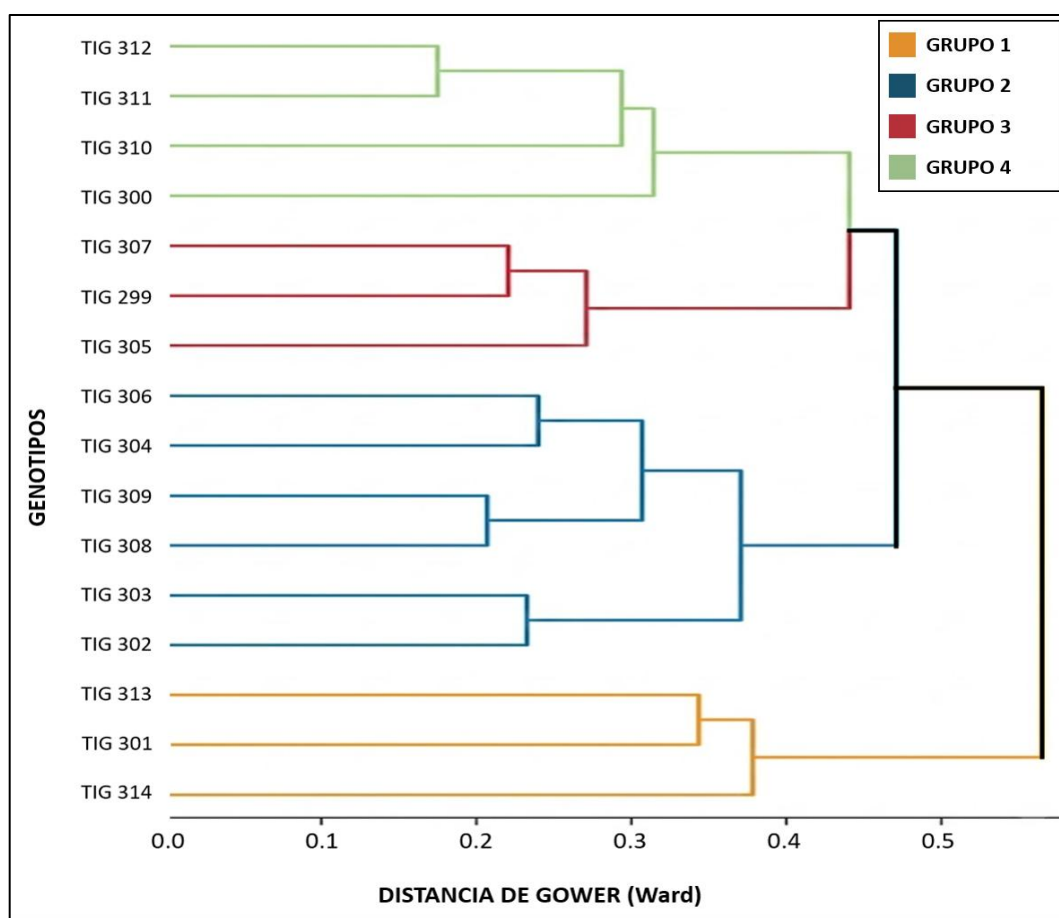
En la Figura 2 se presenta el análisis de componentes principales (PCA), en el cual se estructuraron cuatro grupos diferenciados dentro de los 16 genotipos de cacao silvestre. Esto evidencia una alta variabilidad fenotípica mediante el empleo de descriptores morfológicos combinados, con buena dispersión en los dos primeros ejes ortogonales. El primer componente principal (CP1) retuvo el 21.1 % de la varianza total y el segundo (CP2) el 20.3 %, acumulando una variabilidad explicada del 41.4 %. Este valor es coherente con lo reportado para el germoplasma de cacao peruano, donde los dos primeros componentes suelen explicar alrededor del 30 % (Bravo-Bardález et al., 2025).



**Figura 2.** Análisis de componentes principales de las características morfológicas cualitativas y cuantitativas de 16 genotipos de cacao silvestre.

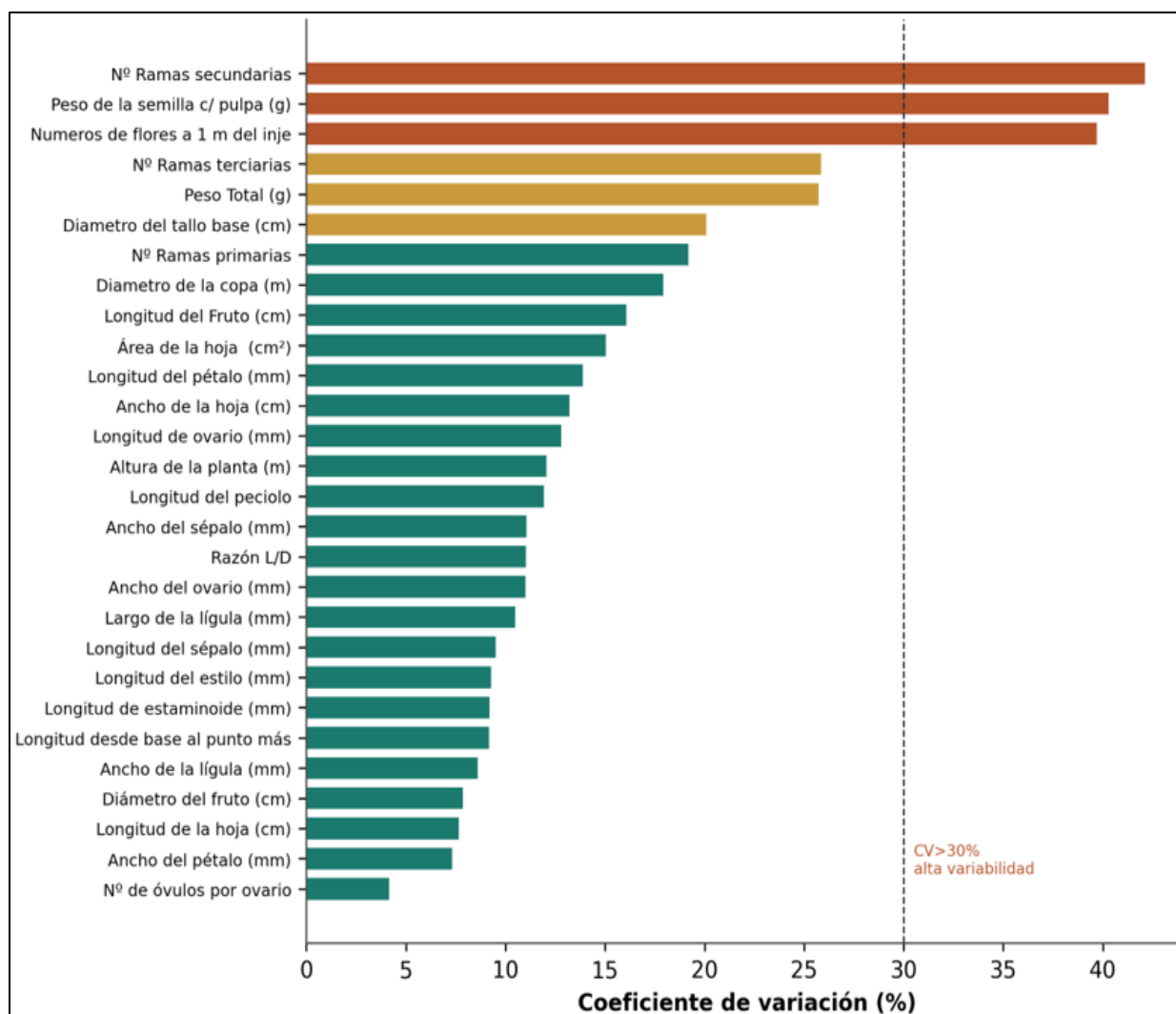
#### 4.1.5. Análisis de conglomerados de las características morfológicas cuantitativas y cualitativas

En la Figura 3 se presenta el dendrograma del análisis de conglomerados jerárquicos (Ward) basado en la distancia de Gower sobre descriptores cuantitativos y cualitativos de planta, mazorca, hoja, semilla y flor de las 16 accesiones de cacao silvestre. Se distinguen cuatro clases: la primera, por 3 genotipos (TIG 301, TIG 313 y TIG 314); la segunda, por 6 genotipos (TIG 302, TIG 303, TIG 304, TIG 306, TIG 308 y TIG 309); la tercera, por 3 genotipos (TIG 299, TIG 305 y TIG 307); y la cuarta, por 4 genotipos (TIG 300, TIG 310, TIG 311 y TIG 312). El uso de la distancia de Gower y el método de Ward concuerda con estudios recientes de caracterización de germoplasma de cacao (Vásquez-García et al., 2022; Pérez-Mora et al., 2026).



**Figura 3.** Análisis de conglomerados de las características morfológicas cualitativas y cuantitativas de 16 genotipos de cacao silvestre.

La Figura 4 ordena los descriptores morfológicos según su coeficiente de variación (CV). Los caracteres que superan el umbral de 30 % encabezados por el número de ramas secundarias, el peso de la semilla con pulpa y el número de flores a 1 m del injerto se destacan como los de mayor diversidad fenotípica aprovechable. Esta dispersión, propia de germoplasma silvestre no domesticado, concuerda con los coeficientes de variación elevados observados en las Tablas 9 a 12 y, lejos de reflejar imprecisión de medida, expresa la amplitud genética del material, condición favorable para la selección de progenitores en programas de mejoramiento (Bravo-Bardález et al., 2025).



**Figura 4.** Variabilidad morfológica por descriptor expresada como coeficiente de variación (CV) de 16 genotipos de cacao silvestre.

## **4.2. Discusiones**

### **4.2.1. Características cualitativas**

#### **4.2.1.1. Plantas**

El 100% de los genotipos silvestres evaluados de la cuenca del río Tigre exhibió un porte erecto, reflejando una marcada uniformidad en la arquitectura basal de este germoplasma nativo. Este crecimiento de tipo vertical es una característica favorable, ya que optimiza la distribución de luz en el dosel y facilita las labores agronómicas de manejo; esto guarda consistencia con los criterios expresados por Almeida (2023), quien indica que el estudio de rasgos arquitectónicos es crucial para comprender la variación intraespecífica de las plantas.

En cuanto a la presencia de antocianinas en el follaje joven, el 75.00% de los genotipos manifestaron una clara pigmentación. Este fenómeno biológico concuerda con lo descrito por Díaz y Quiñones (2020), quienes indican que en el proceso de caracterización de genotipos de cacao, los caracteres cualitativos son descriptores altamente discriminantes. La paridad encontrada en el vigor de las plantas (50% intermedio y 50% vigoroso) demuestra que, a pesar de compartir el mismo hábitat de origen silvestre, el germoplasma posee una plasticidad genética importante, un punto valioso para programas de selección de plantas matrices, tal como lo sugieren Avendaño et al. (2018).

#### **4.2.1.2. Mazorcas**

Los análisis cualitativos de los frutos rompieron la homogeneidad vegetal, evidenciando que las formas de mazorcas Angoleta y Criollo dominan la cuenca del río Tigre con un 43.75% de representatividad cada una. La identificación de estas estructuras y formas nativas coincide con las evaluaciones históricas de germoplasmas amazónicos peruanos expuestas por Tamani-Murayari (2019), quien ratifica que las características

morfológicas externas de la mazorca dependen estrechamente de la constitución genética intrínseca de cada accesión.

Por otra parte, la completa estabilidad en la rugosidad de la cáscara (100% rugosa) y la profundidad de los surcos (100% medios) indica caracteres morfológicos altamente conservados dentro de estas poblaciones específicas. Esto cumple con los requisitos de descriptores botánicos ideales planteados por Araujo (2023), debido a su fácil medición y baja interacción con el ambiente. Asimismo, el tamaño predominantemente pequeño de los frutos (87.50%) corrobora la naturaleza eminentemente silvestre de los genotipos TIG, distanciándose de las líneas comerciales modernas.

#### **4.2.1.3. Hojas**

El hallazgo de un 100% de presencia de pulvínulo y una predominancia de la forma ovada (68.75%) en las estructuras foliares se alinea de forma directa con los patrones exomorfológicos clásicos descritos para la especie *Theobroma cacao* L. en estado silvestre por Obregón-Ortiz (2018). La morfología foliar observada demuestra que los caracteres vegetativos cualitativos actúan como una primera línea de estabilidad fenotípica en el ecosistema original de la cuenca, permitiendo el reconocimiento e inventariado efectivo de estas accesiones nativas antes de los periodos de fructificación.

#### **4.2.1.4. Semillas**

Con respecto al color del cotiledón, el tono medio morado tiñó de forma unánime el 100% de las semillas analizadas. De acuerdo con lo establecido por Díaz et al. (2020), el grano es la materia prima fundamental de la industria y su coloración interna está íntimamente ligada a la presencia de compuestos bioquímicos, polifenoles y pigmentos naturales que determinan su perfil genético y potencial de sabor. La división simétrica en la forma longitudinal del grano (50% ovada y 50% elíptica) evidencia rasgos que, aun compartiendo la misma coloración, segregan morfológicamente en el interior del fruto.

#### **4.2.1.5. Flores**

A nivel floral, la inmutabilidad observada en el color del pedúnculo (100% verde) y del estaminodio (100% morado oscuro) confirma el postulado biológico de Tello-Nazareno (2022), quien sostiene que los órganos reproductores florales en el cacao son estructuras que presentan tasas de mutación fenotípica extremadamente bajas en comparación con los órganos fructíferos. Al no verse alterados significativamente por variaciones ambientales directas, actúan como firmas taxonómicas estables y seguras de la identidad biológica de la especie.

#### **4.2.2. Características cuantitativas**

##### **4.2.2.1. Plantas**

Al evaluar las variables métricas, la altura de planta evidenció una segregación estadística clara ( $p = 0.0005$ ), donde el genotipo TIG 309 alcanzó la mayor elongación vertical con 3.31 m, distanciándose del genotipo TIG 301 (2.01 m). Esta dispersión biométrica dentro de una misma población silvestre valida los argumentos de Avendaño et al. (2018), quienes sostienen que comprender la variabilidad de caracteres cuantitativos de interés en fases adultas es el pilar fundamental para seleccionar progenitores idóneos en los ciclos de mejoramiento genético. El diámetro de copa y el ramaje secundario y terciario también expusieron una alta variabilidad ( $p < 0.001$ ), lo que sugiere que la competencia por luz en su estado silvestre original genera respuestas plásticas diferenciadas en la arquitectura aérea de cada accesión, permitiendo una adaptación óptima al dosel boscoso.

#### 4.2.2.2. Mazorcas

En las dimensiones de la mazorca, el peso (PMA) fluctuó desde los 214.53 g (TIG 313) hasta los 445.50 g (TIG 309). Este rango denota una variabilidad fenotípica considerable que, según los conceptos de Hernández-Villareal (2013), resulta indispensable para iniciar cualquier programa de selección, caracterización y conservación de recursos fitogenéticos. Esta amplitud de variación es característica del cacao silvestre no domesticado y, lejos de constituir imprecisión, expresa la diversidad genética del material recién establecido ex situ, en concordancia con lo reportado para germoplasma amazónico de Loreto (Tarqui-Mamani et al., 2025) y con los coeficientes de variación elevados descritos para colecciones peruanas de cacao (Bravo-Bardález et al., 2025).

Un hallazgo de alto valor agronómico radica en el comportamiento del genotipo TIG 306, el cual, a pesar de haber registrado el menor largo de fruto (9.05 cm), obtuvo el mayor peso total de semillas con pulpa (125.73 g) con diferencias estadísticas altamente significativas ( $p = 0.0024$ ). Este fenómeno denota que la eficiencia productiva interna (biomasa económica) no está condicionada por la longitud exterior de la mazorca. Además, el número de semillas por fruto (NSM), que osciló de manera estable entre 25 y 31 unidades, se acopla perfectamente a los rangos descritos por Díaz et al. (2020), quienes indican que los frutos de cacao albergan típicamente un promedio base de entre 20 y 60 semillas.

#### 4.2.2.3. Hojas

Las variables foliares métricas como la longitud, el ancho y el área total de la hoja (ATH) marcaron distinciones importantes ( $p = 0.0001$ ), posicionando a TIG 303 con el mayor aparato fotosintético activo (281.47 cm<sup>2</sup>). Esta heterogeneidad foliar se correlaciona directamente con las estrategias de asimilación de nutrientes y captura lumínica en

entornos boscosos densos, sirviendo como indicador morfofisiológico del vigor adaptativo del genotipo.

#### **4.2.2.4. Semillas**

En el ámbito de las semillas, las marcadas diferencias en longitud y ancho ( $p < 0.0001$ ) consolidan la existencia de granos morfológicamente diversos dentro de la misma cuenca del río Tigre, destacando accesiones con granos más anchos como TIG 299 y granos más pequeños como TIG 308. Esta variabilidad macrobiométrica del grano es un factor decisivo, ya que impacta directamente en el rendimiento de grasa y en el peso seco final de comercialización.

#### **4.2.2.5. Flores**

Finalmente, a nivel de flores, las bajas variaciones cuantitativas registradas en los anchos de sépalos, pétalos y ovarios ( $p > 0.05$ ) confirman que la mayoría de los órganos reproductivos florales mantienen una alta estabilidad fenotípica. No obstante, excepciones como la longitud del estilo ( $p = 0.0004$ ) y el número de óvulos por ovario ( $p < 0.05$ ) demuestran que incluso en las estructuras reproductivas persisten rasgos específicos de alta heredabilidad útiles para la discriminación taxonómica fina planteada por Araujo (2023).

#### **4.2.3. Índice de mazorca e índice de semilla**

Los resultados obtenidos para el índice de mazorca (IM) y el índice de semilla (IS) evidencian una marcada variabilidad entre los genotipos evaluados, lo cual es consistente con la diversidad genética reportada en materiales de cacao silvestre. En el presente estudio, los menores valores del índice de mazorca indican un mejor desempeño productivo, ya que reflejan una mayor eficiencia en la relación mazorca y semilla. En este contexto, genotipos como TIG-306, TIG-301 y TIG-304 destacaron por presentar valores bajos de IM, lo que sugiere un mayor rendimiento potencial en términos de producción de semillas.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Vásquez-García et al. (2022), quienes señalan que los menores índices de vainas por kilogramo de semilla representan materiales más eficientes y deseables en programas de mejoramiento. De igual forma, García-Guerrero (2019) resalta que el índice de mazorca es un descriptor clave para la selección de genotipos con mejores características productivas, debido a su relación directa con el rendimiento.

Por otro lado, el índice de semilla (IS) mostró valores elevados en genotipos como TIG-306, TIG-301 y TIG-304, lo que indica una mayor proporción de semilla respecto al peso de la mazorca. Este comportamiento es relevante, ya que la semilla constituye el principal producto económico del cultivo de cacao, tal como lo mencionan Díaz et al. (2020), quienes destacan su importancia como materia prima para la industria del chocolate.

La relación observada entre ambos índices sugiere una tendencia favorable en ciertos genotipos que combinan un bajo índice de mazorca con un alto índice de semilla, lo que representa una condición ideal para fines productivos. Esta asociación también ha sido documentada por Justo-Domínguez (2019), quien encontró correlaciones positivas entre variables relacionadas con el peso de fruto y semilla, indicando que estas características pueden ser utilizadas como criterios de selección simultánea.

Asimismo, la variabilidad observada en estos índices puede estar influenciada por factores genéticos y ambientales, lo cual es consistente con lo señalado por Avendaño et al. (2018), quienes enfatizan la importancia de conocer la diversidad genética para optimizar los procesos de selección en programas de mejoramiento. En este sentido, la caracterización morfoagronómica resulta fundamental para identificar genotipos superiores y aprovechar la variabilidad existente en germoplasma silvestre.

## CONCLUSIONES

1. La caracterización morfoagronómica de los genotipos evaluados evidenció una alta variabilidad genotípica y fenotípica, lo que rompe la aparente homogeneidad de las poblaciones silvestres y resalta su importancia como fuente de germoplasma para programas de conservación y mejoramiento genético.
2. Se determinaron las características cualitativas de los 16 genotipos de cacao silvestre (*Theobroma cacao L.*), evidenciándose una marcada uniformidad en variables como el porte erecto, la presencia de pulvínulo, el color del cotiledón (medio morado), el pedúnculo floral verde y el estaminodio morado oscuro. No obstante, se observó una importante variabilidad en las características del fruto, destacando la predominancia de los tipos Angoleta y Criollo (43.75% cada uno), la forma ovalada (56.25%) y el tamaño de mazorca pequeño (87.50%), lo que refleja la diversidad morfológica existente en el germoplasma evaluado.
3. El análisis de las características cuantitativas permitió evidenciar diferencias estadísticas significativas entre los genotipos, identificándose materiales sobresalientes en variables de crecimiento y rendimiento. El genotipo TIG-309 destacó por su mayor altura de planta (3.31 m) y peso de mazorca (445.50 g), mientras que TIG-306 presentó el mayor peso de semillas con pulpa (125.73 g), lo que evidencia su potencial agronómico.
4. Se determinó una variabilidad significativa en los índices de mazorca y de semilla, confirmando diferencias en el potencial productivo de los genotipos. Los materiales TIG-306, TIG-301 y TIG-304 destacaron por presentar los menores valores de índice de mazorca y los mayores valores de índice de semilla, lo que los posiciona como los genotipos de mejor desempeño integral y con mayor eficiencia en la producción de semilla.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere que los genotipos silvestres identificados con características sobresalientes sean incorporados en programas de conservación, bancos de germoplasma y mejoramiento genético.
- Incorporar técnicas de caracterización genética o molecular para confirmar la variabilidad entre genotipos silvestres.
- Analizar cómo factores como tipo de suelo, humedad, precipitación y luminosidad influyen en la expresión morfológica de los genotipos silvestres.
- Realizar evaluaciones en diferentes épocas del año para determinar la influencia de las condiciones climáticas y ambientales sobre las características morfológicas de los genotipos silvestres de cacao.
- Capacitar a productores y comunidades locales sobre la importancia de la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos genéticos del cacao silvestre de la Amazonía peruana.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. G. (2023). Actualidad en la evaluación de la sustentabilidad en fincas cacaoteras (*Theobroma cacao L*), en el Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo.  
<https://dspace.utb.edu.ec/items/7a763a9d-a7de-4a4d-9b5e-3d94c647c113>
- Araujo, T. L. (2023). Características fenotípicas de 32 líneas S1 de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/3ee2baf9-99f1-4567-9727-e51723e8bf32>
- Arévalo-Gardini, E., Farfán-Pinedo, A., Arévalo-Hernández, C., & Baligar-Virupax, C. (2018). Selection of genotypes and accessions of wild and domesticated cocoa tolerant to soil acidity in Peru. [https://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/doc\\_download/3600-seleccion-de-genotipos-y-o-accesiones-de-cacao-silvestres-y-domesticados-tolerantes-a-la-acidez-del.html](https://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/doc_download/3600-seleccion-de-genotipos-y-o-accesiones-de-cacao-silvestres-y-domesticados-tolerantes-a-la-acidez-del.html)
- Arevalo-Gardini, E., Meinhardt, L. W., Zuñiga, L. C., Arévalo-Gardni, J., Motilal, L., & Zhang, D. (2019). Genetic identity and origin of “Piura Porcelana” - A fine-flavored traditional variety of cacao (*Theobroma cacao L*) from the Peruvian Amazon. *Tree Genetics & Genomes*, 15, 1-11.  
<https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=334232>
- Arévalo-Hernández, C. O., Arévalo-Gardini, E., Barraza, F., Farfán, A., He, Z., & Baligar, V. C. (2021). Growth and nutritional responses of wild and domesticated cacao genotypes to soil Cd stress. *Science of the Total Environment*, 763, 144021.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144021>
- Avendaño-Arrazate, C. H., López-Gómez, P., Iracheta-Donjuan, L., Vázquez-Ovando, A., Bouchan, R., Cortés-Cruz, M., & Borrayo, E. (2018). Diversidad genética y selección de una colección núcleo para la conservación a largo plazo de cacao

(*Theobroma cacao* L.). Interciencia, 43(11), 1–9.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6651672>

Bidot-Martínez, I., Fernández-Maura, Y., Bertin, P., Heide-Marie, D., Riera-Nelson, M. C., Valdés de la Cruz, M., Declerck, S., & Decock, C. (2021). Diversidad morfológica, genética y fitopatología del cacao (*Theobroma cacao* L.) tradicional cubano. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba, 11(3), 1–11.

<http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/444/4442475002/index.html>

Bravo-Bardález, M. E., et al. (2025). Exploring the agromorphological profiles of the cacao (*Theobroma cacao* L.) collection from the INIA germplasm bank in the Amazonas region, Peru. Plants, 14(22), 3536.

<https://doi.org/10.3390/plants14223536>

Cerrón-Gamarra, G. (2012). Guía técnica: Asistencia técnica dirigida en manejo del cultivo de cacao (Agrobanco (ed.)). <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>

Compañía Nacional de Chocolates S.A.S. (2018). Protocolo para la caracterización morfológica de árboles élite de cacao (*Theobroma cacao* L.).

<http://hdl.handle.net/20.500.12324/35704>

Di Rienzo, J. A., et al. (2026). Phenotypic diversity and ideotype structuring based on PCA and hierarchical clustering of mixed descriptors. Diversity, 18(3), 175.

<https://doi.org/10.3390/d18030175>

Díaz, E. P., Moreno, J. M., & Quiñonez, F. (2020). Caracterización morfológica de genotipos de cacao establecidos en las zonas productoras de los municipios de Mariquita y Palocabildo (Tolima). 1–42. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/36670>

Flores, G. (2024). Caracterización morfológica de 50 accesiones de cacao silvestre procedentes de las cuencas de la Amazonía peruana. Universidad Nacional

- Autónoma de Alto Amazonas. <https://repositorio.unaaa.edu.pe/items/393772b1-cde1-437b-ad3d-fc79ca5c050f>
- Florida, N. (2021). Cadmium in soil and cacao beans of Peruvian and South American origin. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 74(2):9499-9515. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.91107>
- Gama-Rodrigues, A. C., et al. (2021). Genotype–environment interactions shape leaf functional traits of cacao in agroforests. *Agronomy for Sustainable Development*, 41, 19. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00690-3>
- García-Carrión, L. F. (2019). Caracterización y clasificación fenética de 46 accesiones de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la colección internacional de la UNAS, Tingo María. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/45491d2b-4096-45d0-a1fe-e99b41ac9a17>
- García-García, L. A. (2020). Caracterización morfológica en las zonas de producción de cacao (*Theobroma cacao L.*) tipo Nacional en el cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, Ecuador. Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8493>
- García-Guerrero, W. A. (2019). Caracterización diferencial dendrológica del cacao criollo–*Theobroma cacao L.* de Jaén y San Ignacio - Región Cajamarca. <https://repositorio.unj.edu.pe/items/9b8d810c-a6cc-489d-a1ed-0286643e4904>
- Goñas, M., Rojas-Briceno, N. B., Gómez Fernández, D., Iliquín Trigos, D., Atalaya Marin, N., Bravo, V. C. & Oliva-Cruz, M. (2024). Economic Profitability of Carbon Sequestration of Fine-Aroma Cacao Agroforestry Systems in Amazonas, Peru. *Forests*, 15(3), 500. <https://doi.org/10.3390/f15030500>
- Gopaulchan, D., Motilal, L. A., Bekele, F. L., Clause, S., Ariko, J. O., Ejang, H. P., & Umaharan, P. (2019). Morphological and genetic diversity of cacao (*Theobroma*

*cacao L.*) in Uganda. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 25(2), 361–375.

<https://doi.org/10.1007/s12298-018-0632-2>

Hernández-Villareal, A. E. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos.

*Revista Bio Ciencias*, 2(3).

INEI (2018). Encuesta Nacional Agropecuaria 2018.

[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1697/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1697/libro.pdf)

Justo-Domínguez, L. E. (2019). Caracterización botánico-agronómica de seis clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) de la colección Mendis Paredes en Castillo Grande.

Universidad Nacional Agraria de la Selva.

<http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/141>

López, M. del P., Sandoval, A. P., García, J., & Criollo, J. (2021). Estudio

morfoagronómico de materiales de cacao (*Theobroma cacao L.*) de diferentes zonas productoras en Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 18(3), 98-109.

<https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.12570>

López-Avilés, W. V., & Lovo-Lara, L. M. (2022). Caracterización morfoagronómica in situ de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) en el cantón Cangrejera, municipio de Izalco, departamento de Sonsonate, El Salvador. (Vol. 2, Issue 2). Universidad de El Salvador. <https://revistas.ues.edu.sv/index.php/minerva/article/view/2415>

MIDAGRI (2021) Cacao. Ministerio de desarrollo Agrario y Riego. Boletín Trimestral N° 01 de Estadísticas de producción mundial de cacao (en línea). Observatorio

Commodities. 20p. Consultado 16 nov. 2024. Disponible en

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2009611/Commodities%20Cacao%3A%20ene-mar%202021.pdf>

Montaleza-Armijos, J. F., Quevedo-Guerrero, J. N., & García-Batista, R. M. (2020).

Análisis de la diversidad morfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) del jardín clonal de la universidad técnica de machala. Revista Científica Agroecosistemas, 3(April), 1–13. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/400>

Nicomedes-Teodoro, E. N. (2018). Tipos de investigación.

Obregón-Ortiz, G. J. (2018). Caracterización fenotípica y genética de clones promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L.) con análisis multivariante procrustes [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9590>

Ochoa-Sangrador, C. (2019). Diseño y análisis en investigación. In Internacional Marketing & Communication (Vol. 13, Issue 1).

Oliva-Cruz, M., et al. (2025). Agro-morphological traits, proximate composition, and phenotypic plasticity of *Coffea arabica* in contrasting and very close environments in northern Peru. Agronomy, 15(11), 2465. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112465>

Paredes, C. (2020). Caracterización morfológica del banco de germoplasma de cacao nativo “*Theobroma cacao* L.” del INIA Loreto – Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/items/35f6628d-1096-4f02-9240-77af1bf062be>

Paredes-Meneses, C. (2019). Caracterización morfológica del banco de germoplasma de cacao nativo (*Theobroma cacao* L.) del INIA Loreto – Perú. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6796/Martin\\_Tesis\\_Titulo\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6796/Martin_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pérez-Mora, W., et al. (2026). Ancestry and morphoagronomical traits of cacao clones from the Cuban genebank reveal the diversity and potential for breeding of national

genetic resources. BMC Plant Biology, 26. <https://doi.org/10.1186/s12870-026-08694-5>

- Quevedo-Guerrero, J. N., Ramírez-Villalobos, M., Portillo, E. A., García-Batista, R. M., & Tuz-Guncay, I. G. (2022). Diversidad fisicoquímica y sensorial de 60 árboles elite de *Theobroma cacao* L., del sur de Ecuador. Revista Universidad y Sociedad, 14(1), 543–553. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2586/2534>
- Sánchez-López, D. B., Rodríguez-Silva, L. G., Espinosa-Carvajal, M. R., & Coronado-Silva, R. A. (2023). Caracterización microbiológica, sensorial y bromatológica de la fermentación de cacao en los genotipos CCN 51 e ICS 95. Revista FAVE Sección Ciencias Agrarias, 22. <https://doi.org/10.14409/fa.2023.22.e0016>
- Supo, J. (2015). Niveles de Investigación. Viernes, 28 De Junio De 2013, 10. <https://www.aacademica.org>.
- Tamani-Murayari, D. G. (2019). Caracterización morfológica del fruto y la semilla de *Theobroma cacao* L. en parcelas de agricultores - Caballo Cocha – Loreto – Perú – 2017 [Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6421/Deyber\\_Tesis\\_Título\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/6421/Deyber_Tesis_Título_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tarazona, R. S. F., Rofner, N. F., Paita, F. V., Berrospi, D. A., Villanueva, Y. A., & Guzmán, A. M. (2023). Efecto del financiamiento en la producción semi ecológica y comercialización del cacao (*Theobroma cacao* L) en Leoncio Prado-Perú. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 10(2), 96-104. <https://doi.org/10.53287/bkqd4570hw56p>
- Tarqui-Mamani, et al. (2025). Development and phenotypic characterization of a native *Theobroma cacao* L. germplasm bank from the Loreto region of the Peruvian

- Amazon: implications for ex situ conservation and genetic improvement. *Frontiers in Conservation Science*, 6, 1576239. <https://doi.org/10.3389/fcsc.2025.1576239>
- Tejada, J. J., Vilca, N. C., Montenegro, L. A., Parco, J. A., & Fernández, E. (2025). Exploring the Agromorphological Profiles of the Cacao (*Theobroma cacao* L.) Collection from the INIA Germplasm Bank in the Amazonas Region, Perú. Preprints. <https://doi.org/10.20944/preprints202509.1776.v1>
- Tello-Nazareno, M. (2022). Caracterización morfológica de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) nacional centenario en el cantón Yaguachi, provincia del Guayas. Universidad de Guayaquil. [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56279/1/Tello Nazareno María Del Cisne.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56279/1/Tello%20Nazareno%20María%20Del%20Cisne.pdf)
- Vásquez-García, J., Santos-Pelaez, J. C., Malqui-Ramos, R., Vigo, C. N., Alvarado C., W., & Bobadilla, L. G. (2022). Agromorphological characterization of cacao (*Theobroma cacao* L.) accessions from the germplasm bank of the National Institute of Agrarian Innovation, Peru. *Heliyon*, 8(10), e10888. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10888>
- Veliz, L. (2019). Compuestos bioactivos del *Theobroma Cacao* en beneficio de la salud: una revisión de la literatura científica. Universidad Privada del Norte. <https://repositorio.upn.edu.pe/item/8304e1dd-1378-442d-a017-69c92e252dcb>
- Widaysary, R. A., & Susandarini, R. (2020). Morphological variability and taxonomic affinity of cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones from Central Sulawesi, Indonesia. *Current Botany*, July, 60-64. <https://doi.org/10.25081/cb.2020.v11.5986>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Ficha de evaluación para la caracterización morfológica de 16 genotipos silvestres de cacao colectados en la Provincia de Loreto - Loreto.

### 1. PLANTA

|                                   |                  |            |
|-----------------------------------|------------------|------------|
| 1.1. Forma del árbol:             |                  |            |
| Erecto                            | Intermedio       | Penduloso  |
| 1.2. Color de follaje nuevo:      |                  |            |
| Sin pigmentación                  | Con pigmentación |            |
| 1.3. Altura de planta (m):        |                  |            |
| 1.4. Diámetro de copa (cm):       |                  |            |
| 1.5. Número de frutos:            |                  |            |
| 1.6. Diámetro de tallo bajo (cm): |                  |            |
| 1.7. Número de ramas:             |                  |            |
| Primarias                         | Secundarias      | Terciarias |
|                                   |                  |            |
| 1.8. Vigor de la planta:          |                  |            |
| Débil                             | Intermedio       | Vigoroso   |

### 2. HOJA

|                                                                        |                           |                           |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 2.1. Longitud de la hoja (L):                                          |                           |                           |
| 2.2. Ancho de la hoja (A):                                             |                           |                           |
| 2.3. Longitud desde la base hasta el punto más ancho de la hoja (LBL): |                           |                           |
| 2.4. Longitud del pecíolo de la hoja:                                  |                           |                           |
| 2.5. Presencia y ausencia de pulvínulo:                                |                           |                           |
| 2.6. Forma de la hoja (L/LBL):                                         |                           |                           |
| L/LBL > de 2 cm = Ovoide                                               | L/LBL = a 2 cm = Elíptica | L/LBL < de 2 cm = Obovada |

### 3. FLOR

|                                   |                         |      |
|-----------------------------------|-------------------------|------|
| 3.1. Longitud de sépalo (mm):     |                         |      |
| 3.2. Ancho de sépalo (mm):        |                         |      |
| 3.3. Longitud de pétalo (mm):     |                         |      |
| 3.4. Ancho de pétalo (mm):        |                         |      |
| 3.5. Ancho de ovario (mm):        |                         |      |
| 3.6. Longitud de estilo (mm):     |                         |      |
| 3.7. Número de óvulos por ovario: |                         |      |
| 3.8. Color del pedúnculo floral:  |                         |      |
| Verde                             | Verde con Rojo          | Rojo |
| 3.9. Color de estaminodio:        |                         |      |
| Morado Claro                      | Morado Oscuro (Intenso) |      |

### 4. MAZORCA

|                                   |  |  |
|-----------------------------------|--|--|
| 4.1. Peso total de la mazorca:    |  |  |
| 4.2. Longitud de la mazorca (cm): |  |  |
| 4.3. Diámetro de la mazorca (cm): |  |  |
| 4.4. Razón L/D:                   |  |  |
| 4.5. Espesor de la cáscara (cm):  |  |  |

|                          |                                     |                                             |
|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|
| 4.6.                     | Peso de mazorca con almendras (g):  |                                             |
| 4.7.                     | Peso de la semilla c/pulpa (g):     |                                             |
| 4.8.                     | Profundidad de surco:               |                                             |
| 4.9.                     | Ancho del surco (cm):               |                                             |
| 4.10.                    | Espesor de cáscara (cm):            |                                             |
| 4.11.                    | Rugosidad de la cáscara:            |                                             |
|                          | Ausente                             | Suave                                       |
|                          |                                     | Intermedio                                  |
|                          |                                     | Áspera                                      |
| 4.12.                    | Superficie de la cáscara:           |                                             |
|                          | Lisa                                | Rugosa                                      |
|                          |                                     | Muy rugosa                                  |
| 4.13.                    | Surcos:                             |                                             |
|                          | Superficiales                       | Medios                                      |
|                          |                                     | Profundos                                   |
| 4.14.                    | Tipo de mazorca:                    |                                             |
|                          | Amelonado                           | Cundeamor                                   |
|                          |                                     | Angoleta                                    |
|                          |                                     | Calabacillo                                 |
|                          |                                     | Criollo                                     |
|                          |                                     | Pentágona                                   |
| 4.15.                    | Forma de mazorca:                   |                                             |
|                          | Redondeada: Menor de 1.5            | Ovalada: De 1.5 a 3.0                       |
|                          |                                     | Alargada: Mayor de 3.0                      |
| 4.16.                    | Tamaño de mazorca:                  |                                             |
|                          | Pequeño: Menor de 15 cm             | Mediano: De 16 a 19 cm                      |
|                          |                                     | Grande: Mayor de 15 cm                      |
| 4.17.                    | Forma de ápice:                     |                                             |
|                          | Acuminado                           | Aguda                                       |
|                          |                                     | Obtuso                                      |
|                          |                                     | Redondo                                     |
|                          | Atenuado                            | Caudado                                     |
|                          |                                     | Mamilado                                    |
|                          |                                     | Dentado                                     |
| 4.18.                    | Constricción basal:                 |                                             |
|                          | Ausente                             | Suave                                       |
|                          |                                     | Intermedio                                  |
|                          |                                     | Fuerte                                      |
| 4.19.                    | Color de la mazorca:                |                                             |
|                          | C = Crema                           | E = Gris                                    |
|                          |                                     | G = Verde                                   |
|                          |                                     | K = Rosa                                    |
|                          | O = Naranja                         | P = Púrpura                                 |
|                          |                                     | R = Rojo                                    |
|                          |                                     | W = Blanco                                  |
|                          | Y = Amarillo                        | L = Claro                                   |
|                          |                                     | D = Oscuro                                  |
|                          |                                     | I = Intenso                                 |
| Combinaciones obtenidas: |                                     |                                             |
|                          | OR = Naranja rojizo                 | RK = Rojo rosa                              |
|                          |                                     | R+Y = Rojo con franjas amarillas            |
|                          | Y+O = Amarillo con franjas naranjas | OR+Y = Naranja rojizo con franjas amarillas |

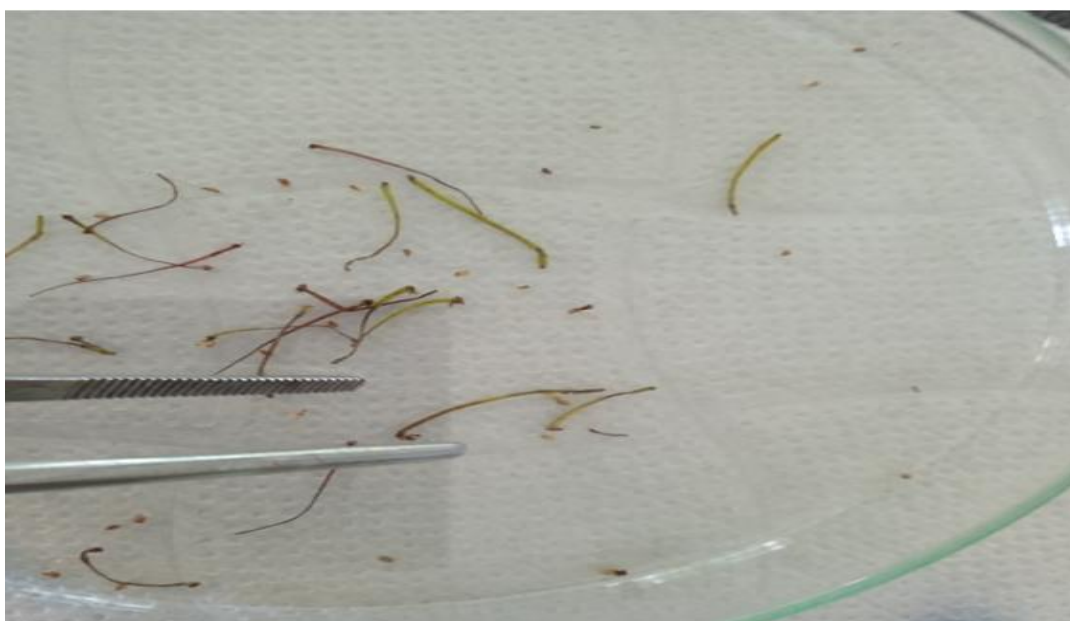
## 5. SEMILLA

|      |                                  |                |
|------|----------------------------------|----------------|
| 5.1. | Número de semillas por mazorca:  |                |
| 5.2. | Peso húmedo (gr):                |                |
| 5.3. | Longitud de la semilla (cm):     |                |
| 5.4. | Ancho de la semilla (cm):        |                |
| 5.5. | Espesor de la semilla (cm):      |                |
| 5.6. | Color del cotiledón:             |                |
|      | Blanco                           | Gris           |
|      |                                  | Púrpura Claro  |
|      | Morado Claro                     | Púrpura Oscura |
|      |                                  | Moteado        |
| 5.7. | Semilla en sección longitudinal: |                |
|      | Oblonga                          | Elíptica       |
|      |                                  | Ovalada        |
|      |                                  | Irregular      |
| 5.8. | Semilla en sección transversal:  |                |
|      | Aplanada                         | Intermedia     |
|      |                                  | Redondeada     |

**Anexo 2.** Panel fotográfico del local del Instituto de Cultivos Tropicales-Tarapoto.











**Anexo 3. Reporte de TURNITIN (% de Similitud).**

 Página 1 de 49 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::15388:613547550

## Orlando Mega Acho

### INFORME DE TESIS - Orlando Mega Acho.pdf

 Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas

**Detalles del documento**

|                                                                |                   |
|----------------------------------------------------------------|-------------------|
| Identificador de la entrega<br>trn:oid::15388:613547550        | 44 páginas        |
| Fecha de entrega<br>10 ago 2026, 2:51 p.m. GMT-5               | 11.168 palabras   |
| Fecha de descarga<br>10 ago 2026, 2:53 p.m. GMT-5              | 54.934 caracteres |
| Nombre del archivo<br>INFORME DE TESIS - Orlando mega acho.pdf |                   |
| Tamaño del archivo<br>852.5 KB                                 |                   |

 Página 1 de 49 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::15388:613547550



## 17% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

### Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

