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.) procedentes de las cuencas de los ríos Tigre y Morona

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

PRESENTADO POR:

Bach. Juan Ricardo Ruiz Panduro

(ORCID: 0000-0003-0594-4003)

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 la presente tesis titulada: **"Caracterización morfológica de genotipos silvestres de cacao (*Theobroma cacao* L.) procedentes de la cuenca del río Tigre y Morona - Loreto"**, constituye la memoria que presenta el Bachiller **Juan Ricardo Ruiz Panduro** para aspirar al título de Profesional de **Ingeniero Agrónomo**. Ha sido realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas bajo nuestra 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 veintiséis días del mes de octubre del año 2026.

ASESOR
Dr. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo
DNI: 23011970

CO-ASESOR
PhD. Enrique Arévalo Gardini
DNI: 22996339

Caracterización morfológica de genotipos silvestres de cacao (*Theobroma cacao* L.) procedentes de las cuencas de los ríos Tigre y Morona-Loreto

TESIS

presentada para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

JURADO CALIFICADOR

Dr. Beto Pashanasi Amasifuen
Presidente

Dr. Hipolito Murga Orrillo
Secretario

Dr. Juan Daniel Villacis Fajardo
Vocal

Dr. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo
Asesor

PhD. Enrique Arévalo Gardini
Co-Asesor

Yurimaguas, 26 de octubre de 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.) procedentes de las cuencas de los ríos Tigre y Morona

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

PRESENTADO POR:

Bach. Juan Ricardo Ruiz Panduro

ASESOR:

Dr. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo

CO-ASESOR:

PhD. Enrique Arévalo Gardini

Yurimaguas - Perú

2026

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por permitir que continúe día a día con mis propósitos y hacer posible mi trabajo de investigación.

A mis padres, Juan Bautista Ruiz Zalazar y Elena Panduro Guerra, por haber contado con su apoyo para desarrollar este gran reto; ambos me formaron con reglas y algunas libertades, pero, al final de cuentas, fueron el motivo constante para alcanzar mis anhelos.

A mi tío Luis Paredes Guerra, por su apoyo, sus consejos y la confianza que siempre depositó en mí, siendo un pilar importante en este camino.

A mi señora Jenny Fasabi Espinar, por su amor, comprensión y apoyo incondicional, que me acompañó en cada etapa de este proceso y me dio la fortaleza para seguir adelante.

A mis hijos, por el apoyo incondicional que me brindaron durante mis años de estudio y preparación, estoy eternamente agradecido.

AGRADECIMIENTO

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.

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.

A mi asesor, Dr. Oscar Alejandro Tuesta Hidalgo, y a mi co-asesor, Ph.D. 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. Beto Pashanasi Amasifuen, Dr. Hipolito Murga Orrillo, y Dr. Juan Daniel Villacis Fajardo, por su valiosa colaboración y aportes.

A todas aquellas personas que contribuyeron directa o indirectamente al desarrollo de mi proyecto de investigación.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo caracterizar morfológicamente 14 genotipos silvestres de cacao (Theobroma cacao L.) procedentes de las cuencas de los ríos Tigre y Morona, departamento de Loreto, conservados en el banco de germoplasma del ICT. Se evaluaron características cualitativas y cuantitativas de la planta, hojas, flores, frutos y semillas, mediante la aplicación de 54 descriptores morfológicos estandarizados. Los resultados evidenciaron una amplia variabilidad fenotípica entre los genotipos estudiados. En los caracteres cualitativos, destacaron diferencias en la forma del fruto (ovalada), tipo de ápice (mamilado), constricción basal (intermedia) y color del cotiledón (medio morado), permitiendo identificar agrupaciones de genotipos con características morfológicas similares. Asimismo, los caracteres cuantitativos presentaron variaciones en el peso y las dimensiones de la mazorca, número de semillas por fruto, espesor de la cáscara, área foliar, dimensiones de las semillas y medidas florales. En conjunto, estos resultados ponen de manifiesto la diversidad genética de las poblaciones silvestres de cacao de la Amazonía peruana y su importancia como fuente de recursos genéticos para fortalecer las estrategias de conservación, el aprovechamiento sostenible y los programas de mejoramiento genético orientados a la obtención de materiales con características agronómicas y productivas de interés.

Palabras claves: Accesión, Amazonía, Banco de germoplasma, Diversidad genética

ABSTRACT

The objective of this research was to characterize 14 wild genotypes of cacao (*Theobroma cacao* L.)—originating from the Tigre and Morona river basins in the Loreto department and currently held in the ICT germplasm bank—based on their morphology. Qualitative and quantitative traits of the plants, leaves, flowers, fruits, and seeds were evaluated using 54 standardized morphological descriptors. The results revealed significant phenotypic variability among the genotypes studied. Regarding qualitative traits, notable differences were observed in fruit shape (oval), apex type (mammillate), basal constriction (intermediate), and cotyledon color (medium purple), which allowed for the identification of clusters of genotypes with similar morphological characteristics. Furthermore, quantitative traits showed variation in pod weight and dimensions, number of seeds per fruit, husk thickness, leaf area, and the dimensions of both seeds and flowers. Taken together, these findings highlight the genetic diversity of wild cacao populations in the Peruvian Amazon and underscore their importance as a source of genetic resources for strengthening conservation strategies, promoting sustainable use, and supporting genetic improvement programs aimed at developing materials with desirable agronomic and productive traits.

Keywords: Accession, Amazonia, Germplasm bank, Genetic diversity

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una de las especies más importantes de los ecosistemas tropicales por su valor económico, ecológico y cultural. Su cultivo contribuye al sustento de miles de familias rurales y al fortalecimiento de las economías locales en regiones amazónicas. Además, el cacao silvestre representa una fuente valiosa de variabilidad genética que puede aprovecharse para el mejoramiento de la especie y la sostenibilidad de su producción (Maroto *et al.*, 2016).

En la Amazonía peruana, las cuencas de los ríos Tigre y Morona se destacan por albergar poblaciones silvestres de cacao con características morfológicas diversas, que reflejan una alta riqueza genética. La gran parte de esta diversidad aún no ha sido estudiada de manera sistemática, lo que limita su incorporación en estrategias de conservación y programas de mejoramiento. El estudio de estos genotipos permite ampliar el conocimiento sobre la diversidad biológica y contribuir a la preservación del patrimonio natural (León *et al.*, 2018).

La caracterización morfológica es una herramienta esencial para describir, identificar y comparar los genotipos de una especie mediante la observación de rasgos fenotípicos heredables. En el cacao, este método posibilita reconocer variaciones en hojas, flores, frutos y semillas, generando información fundamental para la conservación del germoplasma y su aprovechamiento sostenible (Abadie & Barreta, 2001).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo caracterizar morfológicamente 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de las cuencas de los ríos Tigre y Morona, conservados en el banco de germoplasma del ICT. Este estudio busca aportar información científica sobre la diversidad fenotípica del cacao amazónico y fortalecer su valorización como recurso genético estratégico para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible del país (Vásquez-García *et al.*, 2022).

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN iv
ABSTRACT v
INTRODUCCIÓN vi
ÍNDICE GENERAL vii
ÍNDICE DE TABLAS ix
ÍNDICE DE FIGURAS x
CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 11
1.1. Identificación y determinación del problema 11
1.2. Delimitación de la investigación 12
1.3. Formulación del problema 12
1.3.1. Problema general 12
1.3.2. Problemas específicos 12
1.4. Formulación de objetivos 13
1.4.1. Objetivo general 13
1.4.2. Objetivos específicos 13
1.5. Justificación de la investigación 13
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 15
2.1. Antecedentes de estudio 15
2.2. Bases teóricas 17
2.3. Definición de términos básicos 20
2.4. Formulación de hipótesis 21
2.4.1. Hipótesis general 21
2.5. Identificación de variables 21
2.6. Operacionalización de variables 22
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS 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 investigación 25
3.5. Población y muestra 26
3.5.1. Población 26
3.5.2. Muestra 26

3.5.3. Croquis del Campo Experimental 27
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
3.9. Orientación ética, filosófica y epistemológica 29
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 30
4.1. Descripción del trabajo de campo y/o laboratorio 30
4.2. Presentación y análisis 37
4.3. Prueba de hipótesis 52
4.4. Discusión de resultados 53
CONCLUSIONES 60
RECOMENDACIONES 61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 62
ANEXOS 67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descriptores de caracterización morfológica 22

Tabla 2. Agrupación de cacao silvestre de acuerdo con sus características morfológicas de las cuencas de los ríos Tigre y Morona 26

Tabla 3. Características cualitativas de las plantas de genotipos silvestres de cacao. 37

Tabla 4. Características cualitativas de las mazorcas de genotipos silvestres de cacao. 38

Tabla 5. Características cualitativas de las hojas de genotipos silvestres de cacao. 39

Tabla 6. Características cualitativas de las semillas de genotipos silvestres de cacao. 39

Tabla 7. Características cualitativas de las flores de genotipos silvestres de cacao. 40

Tabla 8. Características cuantitativas de las plantas de genotipos silvestres de cacao. 40

Tabla 9. Características cuantitativas de las mazorcas de genotipos silvestres de cacao. 43

Tabla 10. Características cuantitativas de las hojas de genotipos silvestres de cacao. 44

Tabla 11. Características cuantitativas de las semillas de genotipos silvestres de cacao. 45

Tabla 12. Características cuantitativas de las flores de genotipos silvestres de cacao. 46

Tabla 13. Índice de mazorca y semilla de genotipos silvestres de cacao. 47

Tabla 14. Genotipos de cacao silvestre con valores mínimos y máximos para descriptores de hojas, frutos, semillas y flores. 51

Tabla 15. Grupos fenotípicos vivos para 14 genotipos de cacao silvestre según la cuenca hidrográfica de origen. 51

Tabla 16. Valores medios ± desviación estándar y significancia estadística para los descriptores de hojas, frutos, semillas, mazorcas y flores de los grupos fenotípicos de cacao silvestre. 51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de parcelas de los genotipos en el banco de germoplasma 27

Figura 2. Análisis de componentes principales de las características morfológicas cualitativas y cuantitativas de 14 genotipos de cacao silvestre. 48

Figura 3. Análisis de conglomerados de las características morfológicas cualitativas y cuantitativas de 14 genotipos de cacao silvestre. 50

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El cacao es reconocido mundialmente por su extraordinario sabor y aroma, atributos que se deben a su amplia diversidad genética (Motamayor *et al.*, 2008). Esta característica ha generado un notable interés en la comunidad científica para explorar en detalle los morfotipos de los distintos genotipos de cacao a nivel global. Sin embargo, esta investigación se ve obstaculizada por la falta de apoyo y promoción por parte de instituciones, organizaciones y estados, lo que ha llevado a una carencia de información detallada sobre las capacidades y potencialidades de los diferentes genotipos.

A pesar de que los genotipos amazónicos, especialmente los peruanos, son reconocidos como centro de origen y diversidad del cultivo (Thomas *et al.*, 2023), existe una notable carencia de información especializada en la caracterización morfológica de los genotipos silvestres de la cuenca de los ríos Tigre y Morona en la región Loreto, zonas que destacan por sus condiciones edafoclimáticas favorables.

La caracterización morfológica se considera el primer paso fundamental en la investigación del cacao. Su objetivo es identificar clones que no solo sean resistentes y tolerantes a estreses bióticos, sino también altamente productivos y capaces de ofrecer características organolépticas excepcionales que satisfagan las demandas del mercado (Vásquez-García et al., 2022).

1.2. Delimitación de la investigación

El estudio se centró en la caracterización morfológica de genotipos silvestres de cacao procedentes de la cuenca de los ríos Tigre y Morona, con el propósito de identificar y describir la variabilidad fenotípica presente en las estructuras vegetativas y reproductivas (planta, mazorca, hojas, semillas y flores). El trabajo se realizó en la Estación Experimental "El Choclino" del ICT, ubicada a 4 km del distrito Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín, conocida como el banco de germoplasma de cacao silvestre "Amazon Collection", y en los laboratorios de la Estación Experimental "Juan Bernito", donde se efectuaron los análisis morfológicos.

No se abordaron aspectos genéticos, fisiológicos ni productivos, ya que el estudio se limitó al nivel morfológico descriptivo, bajo un enfoque comparativo y descriptivo, utilizando descriptores cualitativos y cuantitativos estandarizados propuestos por la Compañía Nacional de Chocolates S.A.S. (2018).

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

- ¿Cuáles son las características morfológicas de 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de la cuenca de los ríos Tigre y Morona?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Qué diferencias morfológicas presentan los 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de la cuenca de los ríos Tigre y Morona?
- ¿Qué similitudes morfológicas presentan los 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de la cuenca de los ríos Tigre y Morona?
- ¿Cuál es el valor del índice de mazorca y semilla de 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de la cuenca de los ríos Tigre y Morona?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar las características morfológicas de 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de la cuenca de los ríos Tigre y Morona.

1.4.2. Objetivos específicos

- Comparar las características morfológicas de 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de la cuenca de los ríos Tigre y Morona.
- Identificar las características morfológicas similares de 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de la cuenca de los ríos Tigre y Morona.
- Evaluar el índice de mazorca y semilla de 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de la cuenca de los ríos Tigre y Morona.

1.5. Justificación de la investigación

El cacao constituye uno de los recursos genéticos más valiosos de la Amazonía, no solo por su importancia económica, sino también por su relevancia ecológica y cultural en las comunidades que habitan la cuenca de los ríos Tigre y Morona. La caracterización morfológica de sus genotipos silvestres resulta esencial para identificar, conservar y aprovechar la variabilidad fenotípica existente, la cual representa una fuente potencial de genes de interés para programas de mejoramiento genético y estrategias de adaptación frente a los cambios ambientales. En este contexto, la investigación busca generar información científica actualizada sobre las características morfológicas de hojas, flores, frutos y semillas, contribuyendo al conocimiento de la diversidad intraespecífica del cacao amazónico.

Desde el punto de vista práctico y social, los resultados del estudio podrán servir como referencia para orientar iniciativas de conservación in situ y ex situ de los recursos genéticos. Asimismo, la información obtenida podrá ser de utilidad para instituciones, productores, comunidades nativas y programas de innovación agraria interesados en la conservación y el aprovechamiento sostenible de la diversidad genética del cacao. Finalmente, desde una perspectiva ambiental, la investigación contribuirá a generar conocimientos que favorezcan la protección de la biodiversidad y la valoración de los recursos naturales como componentes esenciales del equilibrio ecológico y del bienestar de las generaciones presentes y futuras.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Imán *et al.* (2025) establecieron y caracterizaron fenotípicamente un banco de germoplasma nativo de la región Loreto, colectaron 140 accesiones nativas en 15 cuencas de ocho provincias y evaluaron 402 plantas mediante 36 descriptores estandarizados (25 cuantitativos y 11 cualitativos). Los datos se analizaron con reducción de dimensionalidad UMAP, agrupamiento K-means e índices de diversidad de Shannon-Weaver. Los autores identificaron cinco grupos fenotípicos, con mayor diferenciación en los caracteres reproductivos que en los vegetativos, alta variabilidad en el peso del fruto y del pericarpio (CV > 48 %) y elevada diversidad en la forma longitudinal de la semilla y en la forma del ápice del fruto ($H' > 1.0$). Concluyeron que la colección constituye un reservorio estratégico para el mejoramiento genético y la conservación ex situ.

Tejada-Alvarado *et al.* (2025) establecieron criterios fenotípicos para diferenciar y estructurar el germoplasma de cacao de Amazonas, Perú. Evaluaron 113 accesiones del banco de germoplasma del INIA durante dos campañas, con 33 descriptores cuantitativos y 18 cualitativos, y aplicaron análisis univariados, multivariados e inferencia bayesiana. Encontraron variabilidad fenotípica sustancial, con coeficientes de variación de hasta 37.5 % en caracteres del fruto y heredabilidades altas (> 60 %); además, los dos primeros componentes principales explicaron el 29.3 % de la varianza total y estuvieron dominados por

descriptores de fruto y semilla. Concluyeron que la caracterización agromorfológica es clave para la gestión del germoplasma y la selección de materiales élite.

Flores (2024) describió la variabilidad morfológica de 50 accesiones de cacao silvestre recolectadas en cuencas de la Amazonía peruana. Mediante un enfoque descriptivo-exploratorio, aplicó 45 descriptores morfológicos según los lineamientos del IPGRI. Registró amplia variabilidad, con longitudes de fruto de 13.5 a 23.8 cm, diámetros de 7.8 a 10.9 cm y cotiledones de morado medio a púrpura intenso, que se organizaron en seis grupos fenotípicos. Concluyó que los genotipos silvestres peruanos poseen alto valor genético para la conservación y el mejoramiento.

López-Hernández *et al.* (2021) caracterizaron morfoagronómicamente diez materiales de cacao seleccionados por su productividad (FSV41, FLE3, FEAR5, FSA12, FEC2, SCC23, SCC80, SCC55, ICS95 y CCN51), establecidos en Santander, Huila y Arauca. Con un enfoque descriptivo-comparativo, emplearon 21 descriptores cuantitativos para definir la variabilidad física del fruto según el clon y el sitio. Encontraron diferencias en la forma, el tamaño y la rugosidad del fruto, así como en la longitud y el color del cotiledón y el peso de la semilla, y destacaron materiales por la longitud del fruto (FEAR 5, Huila) y el número de semillas (Santander). Concluyeron que los descriptores morfológicos permiten identificar materiales con potencial agronómico y calidad diferenciada.

Paredes (2020) generaron información descriptiva de hoja, flor, fruto y semilla del germoplasma nativo. Con un enfoque descriptivo-cuantitativo, aplicó 36 descriptores a 50 accesiones nativas. Halló alta diversidad, con alturas de planta de 2.1 a 3.4 m, frutos de 12.4 a 24.3 cm y cinco grupos morfológicos, con predominio del tipo forastero amazónico. Concluyó que el germoplasma nativo constituye una fuente valiosa para el mejoramiento y la conservación.

Widaysary y Susandarini (2020) tuvieron como objetivo explorar la variabilidad morfológica y la afinidad taxonómica de clones cultivados por pequeños agricultores. Con un enfoque descriptivo-comparativo, aplicaron 14 descriptores a hojas, flores, frutos y semillas. Hallaron longitudes de fruto de 14.5 a 25.2 cm y diámetros de 6.8 a 9.9 cm, con formas ovaladas, elípticas y oblongas, y cotiledones de crema a púrpura oscuro; el análisis de conglomerados definió dos grupos según la textura y la forma del fruto. Concluyeron que los descriptores de fruto y semilla son determinantes para diferenciar genotipos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Caracterización

La caracterización se define como la descripción de la variación presente en un conjunto de germoplasmas que ayuda morfológica y fenológicamente a distinguir las invasiones de especies de las de alta heredabilidad (García *et al.*, 2019).

La identificación de las características morfológicas y agronómicas a través de la caracterización permite crear colecciones base que estimularán el uso de colecciones cada vez más eficientemente (Lindo *et al.*, 2018).

2.2.2. Origen del cacao

Tradicionalmente se cree que el cultivo del cacao se originó en la Amazonía de América Central y del Sur; se cree que la planta de cacao es nativa de la cuenca del río Amazonas, en la zona que abarca desde el sur de México hasta el norte de Brasil, con evidencia de su uso que data de alrededor del año 2000 (López-Hernández *et al.*, 2021).

2.2.3. Clasificación taxonómica

Según López-Hernández *et al.* (2021), la clasificación taxonómica del cacao es la siguiente:

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	: *Theobroma cacao* L.

2.2.4. Características morfológicas

2.2.4.1. Planta

Los árboles de cacao son de 4-6 m de altura y crecen tanto horizontalmente como verticalmente con brotes o brotes simpátricos de rápido crecimiento. Las ramas en su mayoría muestran plagio o crecimiento en forma de abanico (Ríos, 2015).

2.2.4.2. Tallo y ramas

Los árboles de cacao se caracterizan por presentar el fenómeno de caulifloría, el cual favorece la formación de flores y frutos directamente en el tronco y las ramas principales. Asimismo, exhiben un marcado crecimiento dismórfico en sus ramas. El desarrollo lateral de las ramas, conocido como crecimiento plagiotrópico, continúa hasta formar una estructura denominada horqueta, también llamada técnicamente “joreta” (FHIA, 2018).

2.2.4.3. Hojas

Las hojas son perennes, dispuestas en dos filas a ambos lados de las ramas. Las hojas individuales son grandes, de una sola hoja, elípticas u ovadas, con un promedio de largo de 20 cm y de ancho de 4-15 cm, con tallos puntiagudos, delgados, de color verde oscuro. Pecíolos pálidos arriba o abajo (Montes, 2016).

2.2.4.4. Flores

Las flores de cacao son pequeñas, sin miel, de color rosa a blanco, hermafroditas (hermafroditas), pentagonales y tienen un ovario superior. La estructura de la flor está conformada por 5 sépalos, pétalos y estambres. El pistilo (gineceo) consta de diez filamentos, cinco fértiles (estambres) y cinco estériles (estambres), y consta de un ovario superior y 5 valvas fusionadas en la base; estas contienen entre 5 y 15 óvulos cada una (Lovo-Lara *et al.*, 2019).

2.2.4.5. Fruto

Las mazorcas de cacao maduran de cinco a seis meses después de la polinización. Tienen una capa exterior de textura lisa o arrugada dividida en cinco carpelos internos. El fruto presenta un promedio de largo: 30 cm y diámetro: 10 cm; presenta una forma ovalada; el color varía cuando madura (rojo, amarillo, morado, marrón); el promedio de semillas es de 20 a 40 por cada fruto; presenta una pulpa mucosa blanca y los cotiledones pueden ser blancos o morados. Cada semilla pesa 0.8 – 1.5 g después del secado (Jumbo, 2017).

2.2.4.6. Semilla

La semilla está recubierta de una pulpa agridulce llamada membrana o mucílago de la semilla. La cutícula inferior tiene dos cotiledones que protegen al embrión (Obregón, 2018).

2.2.5. Tipos de cacao

2.2.5.1. Cacao Forastero

El cacao exótico y/o amazónico tiene origen en Sudamérica, en la zona alta de la Amazonía, entre los ríos Napo, Putumayo y Caquetá. Este tipo representa el 80% de la producción mundial, siendo África y Brasil sus mayores productores. Este cacao es muy diverso, crece naturalmente en el Amazonas superior (Perú, Ecuador, Colombia) y el Amazonas inferior (a lo largo del río Orinoco en Guayana, Venezuela, Brasil) y exhibe estaminodios de color púrpura. Más de 30 granos, color púrpura, fuerte astringencia, bajo

contenido graso. Esta categoría incluye todas las variedades comerciales de cacao de Brasil, África occidental y Asia oriental, cacao nacional de Ecuador y melones de especies del bajo Amazonas como Iquitos, Nanai, Palinari y Scavina. Puede ser útil distinguir entre el árbol de cacao común, que se ha cultivado durante mucho tiempo en África occidental y Brasil, y el forastero amazónico de una colección reciente (July, 2007).

2.2.5.2. Cacao Criollo

El apodo de "criollo" (nativo) fue dado por los españoles al cacao, cultivado por primera vez en Venezuela, América Central y México, donde las semillas cotiledóneas blancas proporcionan chocolate de alta calidad (Soto, 2017). Se caracteriza por estambres de color rosa, vainas de color rojo, superficies rugosas y surcos hondos. La cantidad promedio de semillas es de 20 a 30. Estas son de color crema o blanco; son grasas, sin astringencia y, además, muy aromáticas. Las principales variedades de criollo son cacao Pentágona, cacao Real (Nicaragua) y cacao Porcellana (Toramo, 2018).

2.2.5.3. Trinitario

Se caracterizan por presentar varias semillas moradas, mazorcas verdes o rojas, hollejo fino, 30-45 semillas, fermentación de 5-6 días (Noriega, 2012). Se utiliza como material de trasplante para propagación sin pérdida. Los mejores híbridos combinan el sabor del cacao criollo con la firmeza del forastero para obtener un sabor a cacao de alto rendimiento (Quiñones *et al.*, 2018).

2.3. Definición de términos básicos

- **Arquitectura:** Es la estructura o forma en que algo está ordenado, dispuesto o construido.
- **Carácter:** Es el término usado para designar cualquier forma, atributo o función de una planta.

- **Caracterización Morfológica:** Descripción y diferenciación de los atributos morfológicos cualitativos y cuantitativos de una variedad o especie, mediante descriptores estándar.
- **Genotipo:** Es la información genética específica que un individuo hereda de sus progenitores y que determina sus características biológicas y funcionales.
- **Accesos:** Son las cepas genéticas o variedades de cacao con características específicas en cuanto a sabor, aroma, rendimiento, etc.
- **Matrices:** Son las poblaciones genéticas o colecciones de variedades de cacao conservadas y utilizadas para la reproducción y el mejoramiento genético de la planta.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Hipótesis nula (Ho): Los 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de las cuencas de los ríos Tigre y Morona no presentan diferencias en sus características morfológicas.

Hipótesis alterna (Ha): Los 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de las cuencas de los ríos Tigre y Morona presentan diferencias en sus características morfológicas.

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. Operacionalización 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	-	Observación directa
	Color del follaje	ColF	Sin o con pigmentación	-	Observación directa
	Altura de la planta	AltPla	Altura de la planta	m	Cinta métrica
	Diámetro de la copa	DC	Diámetro de la copa	m	Cinta métrica
	Número de frutos	NFruP	Número de frutos	unidad	Observación directa
	Diámetro de tallo bajo	DTB	Diámetro de tallo bajo	cm	Forcípula
	Número de ramas primarias	RamPri	Número de ramas primarias	Unidad	Observación directa
	Número de ramas secundarias	RamSec	Número de ramas secundarias	Unidad	Observación directa
	Número de ramas terciarias	RamTer	Número de ramas terciarias	Unidad	Observación directa
	Vigor de la planta	VigP	Débil, Intermedio y Vigoroso	-	Observación directa
	Tipo de mazorca	TipF	Amelonado, Cundeamor, Angoleta, Calabacillo, Criollo y Pentágona	-	Observación directa
	Peso de mazorca con almendras	PMA	Peso de mazorca con almendras	g	Balanza gramera
	Longitud de fruto	LonFru	Longitud de fruto	cm	Forcípula
	Diámetro de fruto	DiaFru	Diámetro de fruto	cm	Forcípula
	Razón L/D	RLD	Razón L/D	-	Observación directa
Características morfológicas de la mazorca	Peso de la semilla con pulpa	PSP	Peso de la semilla con pulpa	g	Balanza gramera
	Forma del fruto	ForF	Redondeado, Ovalada y Alargada	-	Observación directa
	Rugosidad de la cáscara	RugC	Lisa, Rugosa y Muy Rugosa	-	Observación directa
	Espesor de cáscara	EspCas	Espesor de cáscara	cm	Vernier
	Profundidad de surco	ProSur	Profundidad de surco	cm	Pie de rey
	Ancho de surco	AncSur	Ancho de surco	cm	Vernier
	Constricción basal	ConBa	Ausente, Suave, Intermedio y Fuerte	-	Observación directa

Variable	Dimensión	Abreviatura	Indicador	Unidad de medida	Instrumento
	Forma de ápice	ForA	Redondeado, Obtuso, Agudo, Mamilado, Atenuado, Dentado y Caudado	-	Observación directa
	Superficie	Sup	Lisa, rugosa y muy rugosa	-	Observación directa
	Surcos	Sur	Superficiales, Medios y Profundos	-	Observación directa
	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	-	Observación directa
	Tamaño de mazorca	TamF	Pequeño, mediano y grande	-	Forcípula
	Longitud de la hoja	LonHoj	Longitud de la hoja	cm	Regla de 60 cm
	Ancho de la hoja	AncHoj	Ancho de la hoja	cm	Regla de 20 cm
	Área total de la hoja	ATH	Área total de la hoja	cm^2	Imagej
Características morfológicas de la hoja	Longitud desde la base hasta el punto más ancho de la hoja	LBL	LBL	cm	Observación directa
	Longitud del pecíolo	LonPec	Longitud del pecíolo	cm	Regla de 20 cm
	Presencia de pulvínulo	PrePul	Ausente y presente	-	Observación directa
	Forma de la hoja	ForH	Ovoide, elíptica y ovada	-	Observación directa
	Número de semillas por mazorca	NSM	Número de semillas por mazorca	unidad	Observación directa
	Peso de la semilla seca	PSS	Peso de la semilla seca	g	Balanza gramera
	Largo de semilla	LarSem	Largo de semilla	cm	Vernier
	Ancho de semilla	AncSem	Ancho de semilla	cm	Vernier
Características morfológicas de la semilla	Espesor de semilla	EspSem	Espesor de semilla	cm	Vernier
	Color del cotiledón	ColC	Blanco, Gris, Púrpura Claro, Medio Morado, Púrpura Oscuro y Moteado	-	Observación directa
	Forma longitudinal	ForL	Oblonga, Ovada, Elíptica e Irregular	-	Observación directa
	Forma transversal	ForT	Aplanada, Intermedia y Redondeada	-	Observación directa
Características morfológicas de la flor	Número de flores	NFloP	Número de flores	Unidad	Observación directa
	Longitud del sépalo	LonSep	Longitud del sépalo	mm	Imagej

Variable	Dimensión	Abreviatura	Indicador	Unidad de medida	Instrumento
	Ancho del sépalo	AncSep	Ancho del sépalo	mm	Imagej
	Longitud del pétalo	LonPet	Longitud del pétalo	mm	Imagej
	Ancho del pétalo	AncPet	Ancho del pétalo	mm	Imagej
	Longitud del estaminodio	LonEsta	Longitud del estaminodio	mm	Imagej
	Longitud del ovario	LonOva	Longitud del ovario	mm	Imagej
	Ancho del ovario	AncOva	Ancho del ovario	mm	Imagej
	Longitud del estilo	LonEst	Longitud del estilo	mm	Imagej
	Número de óvulos por ovario	NOO	Número de óvulos por ovario	-	Estereoscopio
	Color del péndulo floral	ColPF	Verde, verde con rojo y rojo	-	Observación directa
	Color del estaminodio	ColEsta	Morado Claro y Morado Oscuro	-	Observación directa

* 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 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Es una investigación básica, orientada al análisis y documentación de la caracterización morfológica de 14 genotipos silvestres de cacao, con el propósito de profundizar en la comprensión del fenómeno y ampliar el conocimiento científico existente (Nicomedes, 2018).

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación corresponde al nivel descriptivo, ya que se realizó la caracterización morfológica de variables tanto cualitativas como cuantitativas.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Ubicación del ensayo

El presente trabajo se realizó en la Estación Experimental "El Choclino" del ICT, que se encuentra ubicada a 4 km del distrito Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, departamento de San Martín, conocida como el banco de germoplasma de cacao silvestre “Amazon Collection”, al igual que se utilizaron las oficinas y laboratorios de la Estación Experimental Juan Bernito.

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue de tipo no experimental, debido a que el investigador no manipuló las variables involucradas, sino que observó los fenómenos en su entorno natural para analizarlos posteriormente (Ochoa, 2019).

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población estuvo conformada por todos los genotipos de cacao silvestres de las cuencas de los ríos Tigre y Morona, departamento de Loreto.

3.5.2. Muestra

La muestra estuvo conformada por 14 genotipos silvestres seleccionados, cuyo número varió entre genotipos debido a diferencias en la disponibilidad de individuos y supervivencia en campo. Para la caracterización, se evaluaron 52 plantas vivas, con un número de individuos variable según el genotipo (entre 2 y 5 plantas por genotipo).

Tabla 2. Agrupación de cacao silvestre de acuerdo con sus características morfológicas de las cuencas de los ríos Tigre y Morona

N° de Orden	Genotipos*	Cuenca	Latitud (S)	Longitud (O)	Altitud m.s.n.m.
01	TIG 316	Río Tigre	04°05'60.2"	74º25'06.6"	128
02	TIG 318	Río Tigre	04°19'62.5"	74º17'52.3"	125
03	TIG 319	Río Tigre	04°24'15.7"	74°12'50.0"	122
04	TIG 320	Río Tigre	04°23'77.9"	74º13'00.4"	121
05	MOR 256	Río Morona	03°57'04.7"	77º12'45.1"	160
06	MOR 260	Río Morona	04°05'35.5"	77º12'18.2"	154
07	MOR 262	Río Morona	04°05'35.5"	77º12'18.6"	162
08	MOR 264	Río Morona	04°24'30.6"	77º11'14.4"	145
09	MOR 268	Río Morona	04°24'30.3"	77º11'14.2"	148
10	MOR 280	Río Morona	04°34'51.1"	77º04'56.8"	141
11	MOR 284	Río Morona	04°43'04.0"	77º10'03.1"	141
12	MOR 286	Río Morona	04°43'04.4"	77º10'02.3"	144
13	MOR 288	Río Morona	04°43'05.6"	77º10'02.3"	147
14	MOR 290	Río Morona	04°43'05.4"	77º10'03.5"	152

* TIG (Tigre), MOR (Morona).

3.5.3. Croquis del Campo Experimental

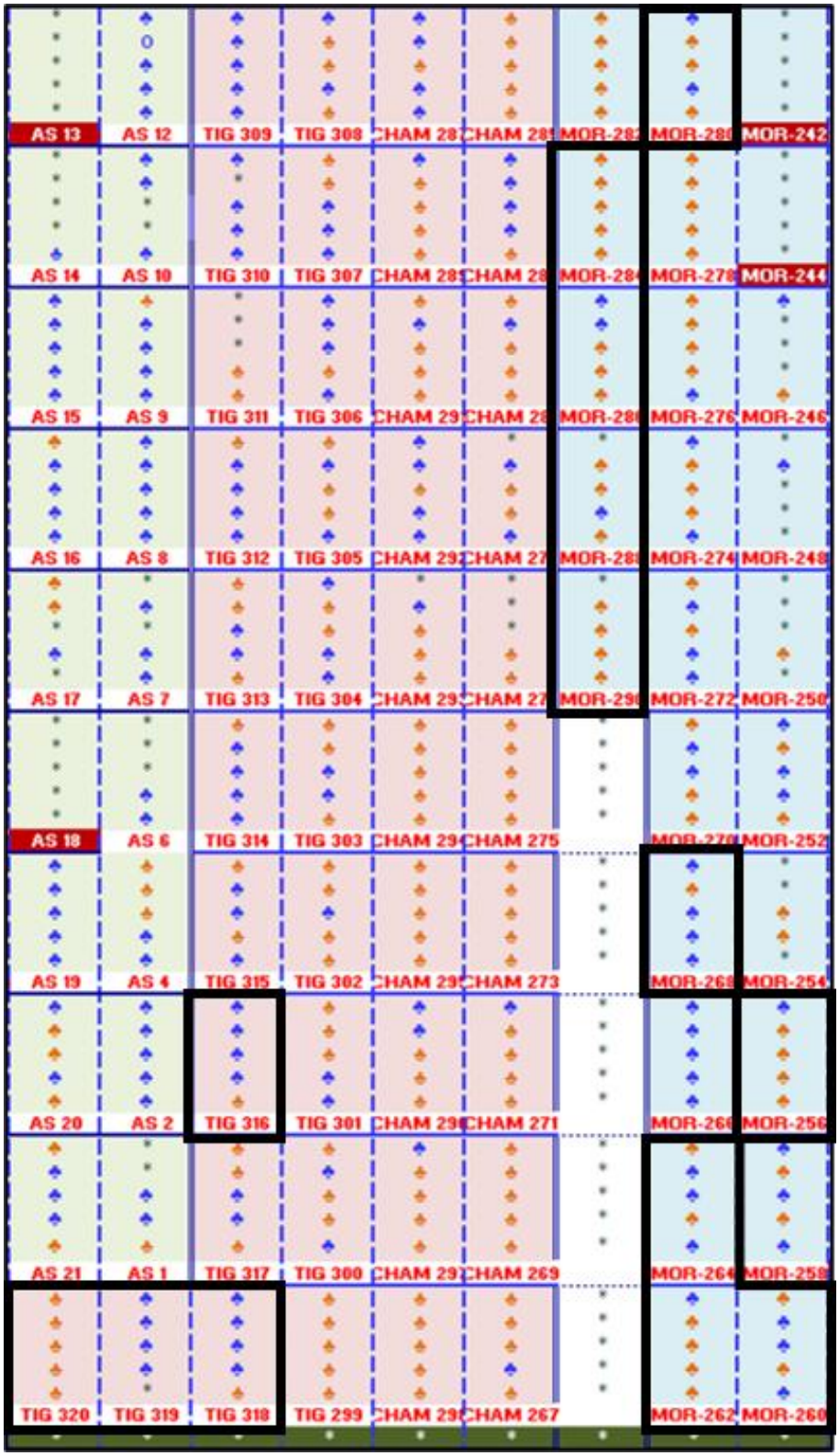


Figura 1. Distribución de parcelas de los genotipos en el banco de germoplasma

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

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

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados fueron:

- Forcípula
- Wincha
- Fichas de descriptores en campo
- Fichas de toma de datos en el laboratorio
- Fichas bibliográficas.

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 la prueba de hipótesis se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) a un factor sobre los descriptores cuantitativos, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. Se rechazó la hipótesis nula (Ho) cuando el valor p fue menor o igual a 0.05; en caso contrario, no se rechazó. 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.

3.9. Orientación ética, filosófica y epistemológica

La investigación se desarrolló bajo principios de ética científica, responsabilidad ambiental y respeto a la biodiversidad. El material procede del banco de germoplasma de cacao silvestre del ICT, por lo que no se realizaron nuevas extracciones en las cuencas de los ríos Tigre y Morona. El trabajo cumplió la normativa sobre acceso a recursos genéticos (Convenio sobre la Diversidad Biológica, Protocolo de Nagoya, Decisión 391 de la CAN y Ley N.° 26839) y las disposiciones institucionales.

En lo filosófico, se concibe la naturaleza como patrimonio natural y cultural que debe conservarse y aprovecharse de forma sostenible. La diversidad genética del cacao silvestre tiene valor intrínseco y utilidad para el mejoramiento, y documentarla es una responsabilidad hacia las futuras generaciones.

En lo epistemológico, el estudio adopta un enfoque cuantitativo, con paradigma positivista y postura realista: los rasgos morfológicos son observables y medibles. El conocimiento se obtuvo mediante descriptores estandarizados y análisis estadístico, en una investigación básica, descriptiva y no experimental.

Los resultados describen la variabilidad de los 14 genotipos en las condiciones del banco de germoplasma. No deben extrapolarse sin cautela a todas las poblaciones silvestres, y sirven de base para estudios moleculares, agronómicos y de calidad.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo y/o laboratorio

4.1.1. Caracterización morfológica de la planta

- **Forma del árbol: s**e evaluó la forma del árbol, determinándose según la siguiente escala:

  Ángulo ≤ 90º = erecto
  Ángulo ≥ 90º y < 135º = intermedio
  Ángulo > 135º = penduloso

- **Color del follaje nuevo: s**e evaluó la presencia o ausencia de una pigmentación rojiza (antocianina) en las hojas tiernas de cada accesión, según la siguiente escala:

  0 = sin pigmentación 1 = con pigmentación

- **Altura de la planta (m):** se midió la distancia de la base hasta la copa de la planta, se utilizará la madera con cinta métrica o un hipsómetro Suunto.
- **Diámetro de copa (cm):** se midió la distancia de la proyección vertical de la copa en dos direcciones, norte-sur y este-oeste, siendo el diámetro de la copa el promedio de ambas medias; se utilizó cinta métrica.
- **Número de frutos: s**e evaluó mediante la observación directa el número de frutos que presenta la planta.
- **Diámetro de tallo bajo (cm):** se midió el contorno del tallo de la planta, se utilizó una forcípula.

- **Número de ramas: s**e evaluó con la observación directa el número de ramas primarias, secundarias y terciarias que presenta la planta.
- **Vigor de la planta: s**e tomó como referencia la apariencia física de la planta (estado de crecimiento) según la siguiente escala:

  5 = débil 6 = intermedio 7 = vigoroso

4.1.2. Caracterización morfológica de la hoja

- **Longitud de la hoja (L): s**e midió la distancia desde la base del limbo hasta el ápice de la hoja; se utilizó una regla de 60 cm.
- **Ancho de la hoja (A): s**e midió la distancia entre las tangentes trazadas en ambos bordes laterales de la hoja y paralelas a la línea de la longitud; se utilizó una regla de 20 cm.
- **Longitud desde la base hasta el punto más ancho de la hoja (LBL): s**e determinó la forma de las hojas, de acuerdo a la siguiente relación: (L/LBL)
- **Longitud del pecíolo: s**e midió la distancia desde el inicio del pecíolo adherido hasta la base del limbo de la hoja; se utilizó una regla de 20 cm.
- **Presencia y ausencia de pulvínulo: s**e evaluó con la observación directa si existe presencia de constricción y abultamiento en el pecíolo, según la siguiente escala:

  0 = pulvínulo ausente 1 = pulvínulo presente

- **Forma de la hoja (L/LBL): s**e evaluó utilizando la siguiente escala:

  1= L/LBL mayor de 2 cm = ovoide
  2 = L/LBL igual a 2 cm= elíptica
  3 = L/LBL menor de 2 cm= obovada

4.1.3. Caracterización morfológica de la flor

- **Longitud de sépalo (mm):** se utilizó papel milimétrico; se tomó la medida desde la base hasta el ápice.

- **Ancho de sépalo (mm): s**e utilizó papel milimétrico; se tomó la medida desde el punto más ancho del sépalo.
- **Longitud de pétalo (mm): s**e utilizó papel milimétrico; se tomó la medida desde la inserción con el ovario hasta el ápice del mismo.
- **Ancho de pétalo (mm): s**e utilizó papel milimétrico; se tomó la medida desde el punto más ancho del órgano floral.
- **Longitud de estaminodios (mm): s**e utilizó papel milimétrico; se tomó la medida desde la inserción con el ovario hasta el término del filamento.
- **Longitud de ovario (mm): s**e utilizó papel milimétrico; se tomó la medida desplegando todas las partes de la flor.
- **Ancho de ovario (mm): s**e utilizó papel milimétrico; se tomó la medida de extremo a extremo del órgano floral.
- **Longitud de estilo (mm):** se utilizó papel milimétrico; se tomó la medida en la parte superior del ovario, desde donde comienza el estilo hasta su terminación.
- **Número de óvulos por ovario:** se realizó aplicando la metodología sugerida por Enríquez y López (1985), técnica que consiste en observar al estereoscopio ovarios aplastados y teñidos con un colorante a base de zafranina diluida en una solución de lactofenol y cotton blue. Esta nos permitió determinar el número de óvulos. Con un bisturí se realizó un corte transversal al órgano floral (ovario) y se fue observando en el estereoscopio. Para cuantificar la cantidad observada, se multiplicó por cinco.
- **Color del pedúnculo floral: s**e evaluó utilizando la siguiente escala:

  1 = verde 2 = verde con rojo 3 = rojo
- **Color de estaminodios:** se determinó utilizando la siguiente escala:

  1 = morado claro 2 = morado oscuro (intenso)

4.1.4. Caracterización morfológica de la mazorca:

- **Peso total de la mazorca (cm): se** utilizó una balanza de precisión; se pesó la mazorca.
- **Longitud de la mazorca (cm): se utilizó** una forcípula; se midió desde la parte basal del fruto hasta el ápice del mismo.
- **Diámetro de la mazorca (cm): se utilizó** una forcípula; se midió el diámetro de la mazorca.
- **Razón L/D: s**e determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{Longitud\ de\ la\ mazorca}{Diámetro\ de\ la\ mazorca}$$

- **Espesor de cáscara (cm): se utilizó** un vernier; se midió la parte más ancha del mesocarpio.
- **Peso de mazorca con almendras (g): se** utilizó una balanza de precisión; se pesó la mazorca con almendras.
- **Peso de la semilla c/pulpa (g): se** utilizó una balanza de precisión para pesar la semilla con pulpa.
- **Profundidad de surco:** se extrajo un anillo de 1 cm de profundidad; se utilizó un pie de rey para medir el borde interno del anillo hasta el caballete de la mazorca.
- **Ancho del surco (cm):** se utilizó un vernier para medir el ancho de cada surco.
- **Rugosidad de la cáscara: s**e evaluó por la ausencia o presencia de protuberancias en la superficie del fruto, utilizando la representación gráfica y la siguiente escala:



0 = ausente
1 = suave
2 = intermedio
3 = áspera

- **Superficie de la cáscara:** se determinó utilizando la representación gráfica y la siguiente escala:

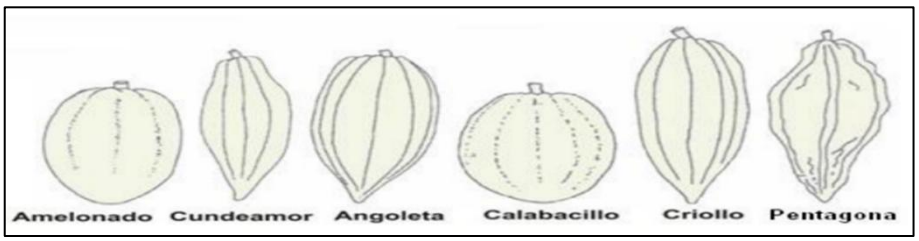


1 = lisa 2 = rugosa 3 = muy rugosa

- **Surcos: s**e evaluó con la observación directa, utilizando la siguiente escala:

Superficiales Medios Profundo

- **Tipo de mazorca:** se determinó utilizando la representación gráfica y la siguiente escala:



1 = amelonado 3 = angoleta 5 = criollo
2 = cundeamor 4 = calabacillo 6 = pentágona

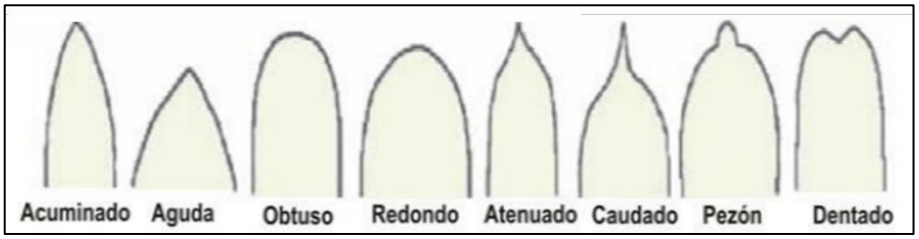
- **Forma de la mazorca: s**e determinó en función de la relación longitud/diámetro, utilizando la siguiente escala:

1 = menor de 1.5 = redondeado
2 = de 1.5 a 3.0 = ovalada
3 = mayor de 3.0 = alargada

- **Tamaño de la mazorca: s**e determinó de acuerdo a su longitud, utilizando la siguiente escala:

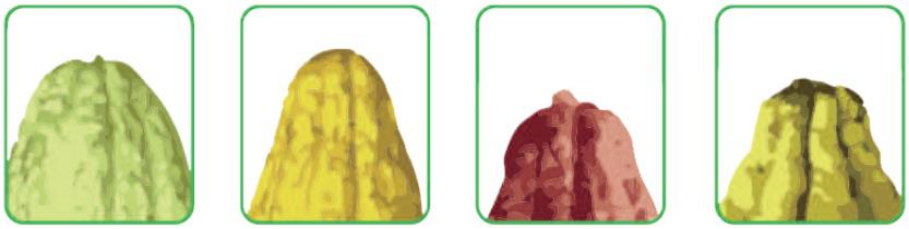
1 = menor de 15 cm = pequeño
2 = de 16 a 19 cm = mediano
3 = mayor de 20 cm = grande

- **Forma del ápice: s**e determinó utilizando la representación gráfica y la siguiente escala:



0 = Acuminado
1 = Aguda
2 = Obtuso
3 = Redondo
4 = Atenuado
5 = Caudado
6 = Mamilado
7= Dentado

- **Constricción basal:** se determinó utilizando la siguiente representación gráfica y la siguiente escala:



0 = Ausente
1 = Suave
2 = Intermedio
3 = Fuerte

- **Color de la mazorca: s**e evaluó utilizando la siguiente escala de coloración:

C = Crema
R = Rojo
E = Gris
W = Blanco
G = Verde
Y = Amarillo
K = Rosa
L = Claro
O = Naranja
D = Oscuro
P = Púrpura
I = Intenso

De las combinaciones obtenidas:
OR = Naranja rojizo
RK = Rojo rosa
R + Y = Rojo con franjas amarillas
Y + O = Amarillo con franjas naranjas
OR + Y = OR con franjas amarillas

4.1.5. Medición de las características morfológicas de la semilla

- **Número de semillas por mazorca:** se contaron las semillas que presentan las mazorcas de cada accesión.
- **Peso húmedo (gr):** se pesaron todas las semillas con mucílago de cada mazorca.
- **Longitud de la semilla (cm): se** utilizó un vernier; se midieron 7 semillas seleccionadas al azar de las mazorcas de cada accesión.
- **Ancho de la semilla (cm):** se utilizó un vernier para medir el punto más ancho.
- **Espesor de la semilla (cm): se u**tilizó un vernier para medir la parte más plana.
- **Color del cotiledón:** Se evaluó utilizando la siguiente escala de coloración:

  1 = blanco
  2 = gris
  3 = púrpura claro
  4 = morado claro
  5 = púrpura oscura
  6 = moteado

- **Semilla en sección longitudinal:** se determinó utilizando la siguiente representación gráfica y la siguiente escala:



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

- **Semilla en sección transversal: s**e determinó utilizando la siguiente representación gráfica y la siguiente escala:



  1 = Aplanada 2 = Intermedia 3 = Redondeado

4.2. Presentación y análisis

4.2.1. Características cualitativas

4.2.1.1. Características cualitativas de las plantas

En la Tabla 3 se presentan las características cualitativas de las plantas. Todos los genotipos evaluados presentaron una forma de planta erecta y follaje sin pigmentación, por lo que estos descriptores fueron uniformes.

El vigor de la planta fue el único descriptor que varió: los genotipos TIG 319, TIG 320, MOR 256, MOR 260, MOR 262, MOR 264, MOR 268, MOR 284 y MOR 286 se clasificaron como vigorosos, mientras que TIG 316, TIG 318, MOR 280, MOR 288 y MOR 290 mostraron vigor intermedio.

Tabla 3. Características cualitativas de las plantas de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	Forma de la Planta	Color del Follaje	Vigor de la Planta
TIG 316	Erecto	Sin Pigmentación	Intermedio
TIG 318	Erecto	Sin Pigmentación	Intermedio
TIG 319	Erecto	Sin Pigmentación	Vigoroso
TIG 320	Erecto	Sin Pigmentación	Vigoroso
MOR 256	Erecto	Sin Pigmentación	Vigoroso
MOR 260	Erecto	Sin Pigmentación	Vigoroso
MOR 262	Erecto	Sin Pigmentación	Vigoroso
MOR 264	Erecto	Sin Pigmentación	Vigoroso
MOR 268	Erecto	Sin Pigmentación	Vigoroso
MOR 280	Erecto	Sin Pigmentación	Intermedio
MOR 284	Erecto	Sin Pigmentación	Vigoroso
MOR 286	Erecto	Sin Pigmentación	Vigoroso
MOR 288	Erecto	Sin Pigmentación	Intermedio
MOR 290	Erecto	Sin Pigmentación	Intermedio

4.2.1.2. Características cualitativas de las mazorcas

En la Tabla 4 se muestran las características cualitativas de las mazorcas. Todos los genotipos presentaron cáscara y superficie rugosas, surcos medios, mazorcas de color amarillo y frutos de tamaño pequeño, de modo que estos descriptores no diferenciaron a los genotipos.

El tipo de fruto separó a los genotipos en criollo (TIG 316, TIG 318, TIG 319 y TIG 320) y angoleta (MOR 256, MOR 260, MOR 262, MOR 264, MOR 268, MOR 280, MOR 284, MOR 286, MOR 288 y MOR 290). La forma del fruto fue alargada en TIG 319, MOR 256, MOR 260, MOR 264, MOR 268, MOR 280 y MOR 290; ovalada en TIG 320, MOR 262, MOR 284 y MOR 288; y redondeada en TIG 316, TIG 318 y MOR 286.

La constricción basal fue suave en TIG 316, TIG 318, TIG 319, TIG 320, MOR 260 y MOR 288; intermedia en MOR 262, MOR 280, MOR 284, MOR 286 y MOR 290; y fuerte en MOR 256, MOR 264 y MOR 268. En cuanto a la forma del ápice, predominó el ápice dentado, mientras que el ápice caudado se registró únicamente en TIG 318 y MOR 268.

Tabla 4. Características cualitativas de las mazorcas de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	Tipo de Fruto	Forma de Fruto	RugC	ConBa	Forma de Ápice	Sup	Surcos	Color de Mazorca	Tamaño de Fruto
TIG 316	Criollo	Redondeado	Rugosa	Suave	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
TIG 318	Criollo	Redondeado	Rugosa	Suave	Caudado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
TIG 319	Criollo	Alargada	Rugosa	Suave	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
TIG 320	Criollo	Ovalada	Rugosa	Suave	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
MOR 256	Angoleta	Alargada	Rugosa	Fuerte	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
MOR 260	Angoleta	Alargada	Rugosa	Suave	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
MOR 262	Angoleta	Ovalada	Rugosa	Intermedia	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
MOR 264	Angoleta	Alargada	Rugosa	Fuerte	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
MOR 268	Angoleta	Alargada	Rugosa	Fuerte	Caudado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
MOR 280	Angoleta	Alargada	Rugosa	Intermedia	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
MOR 284	Angoleta	Ovalada	Rugosa	Intermedia	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
MOR 286	Angoleta	Redondeado	Rugosa	Intermedia	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
MOR 288	Angoleta	Ovalada	Rugosa	Suave	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño
MOR 290	Angoleta	Alargada	Rugosa	Intermedia	Dentado	Rugosa	Medios	Amarillo	Pequeño

Rugosidad de la cáscara (RugC); constricción basal (ConBa); superficie (Sup).

4.2.1.3. Características cualitativas de las hojas

En la Tabla 5 se observa que todos los genotipos presentaron pulvínulo y hojas de forma ovoide; ambos descriptores fueron invariables.

Tabla 5. Características cualitativas de las hojas de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	Presencia de Pulvínulo	Forma de la Hoja
TIG 316	Presente	Ovoide
TIG 318	Presente	Ovoide
TIG 319	Presente	Ovoide
TIG 320	Presente	Ovoide
MOR 256	Presente	Ovoide
MOR 260	Presente	Ovoide
MOR 262	Presente	Ovoide
MOR 264	Presente	Ovoide
MOR 268	Presente	Ovoide
MOR 280	Presente	Ovoide
MOR 284	Presente	Ovoide
MOR 286	Presente	Ovoide
MOR 288	Presente	Ovoide
MOR 290	Presente	Ovoide

4.2.1.4. Características cualitativas de las semillas

En la Tabla 6 se presentan las características cualitativas de las semillas. La forma transversal fue aplanada en todos los genotipos. El color del cotiledón fue púrpura oscura en TIG 316, MOR 284, MOR 286, MOR 288 y MOR 290, y medio morado en TIG 318, TIG 319, TIG 320, MOR 256, MOR 260, MOR 262, MOR 264, MOR 268 y MOR 280.

En la forma longitudinal, predominó la forma ovada (TIG 316, TIG 319, TIG 320, MOR 256, MOR 260, MOR 262, MOR 264, MOR 268, MOR 280 y MOR 284); TIG 318 y MOR 288 presentaron forma irregular, MOR 286 forma oblonga y MOR 290 forma elíptica.

Tabla 6. Características cualitativas de las semillas de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	Color del Cotiledón	Forma Longitudinal	Forma Transversal
TIG 316	Púrpura Oscuro	Ovada	Aplanada
TIG 318	Medio Morado	Irregular	Aplanada
TIG 319	Medio Morado	Ovada	Aplanada
TIG 320	Medio Morado	Ovada	Aplanada
MOR 256	Medio Morado	Ovada	Aplanada
MOR 260	Medio Morado	Ovada	Aplanada
MOR 262	Medio Morado	Ovada	Aplanada
MOR 264	Medio Morado	Ovada	Aplanada
MOR 268	Medio Morado	Ovada	Aplanada
MOR 280	Medio Morado	Ovada	Aplanada
MOR 284	Púrpura Oscuro	Ovada	Aplanada
MOR 286	Púrpura Oscuro	Oblonga	Aplanada
MOR 288	Púrpura Oscuro	Irregular	Aplanada
MOR 290	Púrpura Oscuro	Elíptica	Aplanada

4.2.1.5. Características cualitativas de las flores

En la Tabla 7 se observa que los descriptores florales variaron de forma conjunta entre dos grupos de genotipos. TIG 316, TIG 318, TIG 319 y TIG 320 presentaron pedúnculo floral verde y estaminodio morado claro; en cambio, MOR 256, MOR 260, MOR 262, MOR 264, MOR 268, MOR 280, MOR 284, MOR 286, MOR 288 y MOR 290 presentaron pedúnculo verde con rojo y estaminodio morado oscuro.

Tabla 7. Características cualitativas de las flores de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	Color del Pedúnculo Floral	Color del Estaminodio
TIG 316	Verde	Morado Claro
TIG 318	Verde	Morado Claro
TIG 319	Verde	Morado Claro
TIG 320	Verde	Morado Claro
MOR 256	Verde con Rojo	Morado Oscuro
MOR 260	Verde con Rojo	Morado Oscuro
MOR 262	Verde con Rojo	Morado Oscuro
MOR 264	Verde con Rojo	Morado Oscuro
MOR 268	Verde con Rojo	Morado Oscuro
MOR 280	Verde con Rojo	Morado Oscuro
MOR 284	Verde con Rojo	Morado Oscuro
MOR 286	Verde con Rojo	Morado Oscuro
MOR 288	Verde con Rojo	Morado Oscuro
MOR 290	Verde con Rojo	Morado Oscuro

4.2.2. Características cuantitativas

4.2.2.1. Características cuantitativas de las plantas

En la Tabla 8 se presentan las características cuantitativas de las plantas. El diámetro de copa y el número de ramas primarias no presentaron diferencias significativas entre genotipos, mientras que la altura de planta, el diámetro de tallo y el número de ramas secundarias y terciarias sí las presentaron ($p \leq 0.05$).

En la altura de planta, los genotipos TIG 316, TIG 318, TIG 319, TIG 320, MOR 256, MOR 260, MOR 262, MOR 286, MOR 288 y MOR 290 conformaron el grupo de mayor altura, mientras que MOR 264, MOR 268, MOR 280 y MOR 284 registraron las menores alturas.

En el diámetro de tallo, TIG 316, TIG 319, TIG 320, MOR 260, MOR 288 y MOR 290 presentaron los mayores diámetros, en comparación con TIG 318, MOR 256, MOR 262, MOR 264, MOR 268, MOR 280, MOR 284 y MOR 286, que presentaron los menores.

El número de ramas secundarias fue mayor en TIG 316, TIG 318, MOR 256 y MOR 260 que en los demás genotipos. En el número de ramas terciarias se formaron tres grupos: el de mayor número, integrado por TIG 318, MOR 256, MOR 260, MOR 262 y MOR 264; un grupo intermedio, integrado por TIG 316, MOR 268, MOR 280, MOR 284 y MOR 286; y el de menor número, integrado por TIG 319, TIG 320, MOR 288 y MOR 290.

Tabla 8. Características cuantitativas de las plantas de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	Altura de planta (m)	Diámetro de copa (m)	Diámetro de tallo (cm)	Ramas primarias	Ramas secundarias	Ramas terciarias
TIG 316	2.54 a	1.99	10.85 a	2.00	5.75 a	15.75 b
TIG 318	2.71 a	1.58	9.46 b	1.60	6.80 a	18.80 a
TIG 319	2.59 a	1.77	11.35 a	2.00	3.00 b	7.50 c
TIG 320	3.07 a	1.96	12.75 a	2.00	3.00 b	8.00 c
MOR 256	2.76 a	1.99	9.08 b	2.25	5.50 a	19.75 a
MOR 260	2.81 a	2.09	10.15 a	2.00	5.25 a	26.75 a
MOR 262	2.79 a	1.92	8.33 b	2.00	3.75 b	22.75 a
MOR 264	2.43 b	1.98	8.90 b	1.67	3.33 b	20.33 a
MOR 268	2.17 b	1.84	8.00 b	1.60	2.80 b	15.60 b
MOR 280	2.13 b	1.80	9.25 b	1.50	3.00 b	13.75 b
MOR 284	2.28 b	1.62	7.85 b	2.00	3.00 b	15.25 b
MOR 286	2.66 a	2.14	9.05 b	1.50	2.50 b	12.75 b
MOR 288	2.52 a	1.90	10.23 a	2.00	3.67 b	8.00 c
MOR 290	2.84 a	2.01	10.63 a	2.00	3.50 b	8.75 c
CV %	14.42	14.03	14.89	24.57	36.42	29.96
p valor	0.05	0.14	0.01	0.39	0.00	<0.00

* Promedios de cinco repeticiones. Prueba de Scott & Knott ($P \leq 0.05$).

4.2.2.2. Características cuantitativas de las mazorcas

En la Tabla 9 se presentan las características cuantitativas de las mazorcas. Todas las variables evaluadas presentaron diferencias significativas entre genotipos ($p \leq 0.05$).

El peso de mazorca con almendras fue mayor en MOR 268, seguido de TIG 316, TIG 319, MOR 256 y MOR 260, mientras que los demás genotipos registraron los menores pesos. La longitud de fruto fue mayor en TIG 316 y MOR 268; un grupo intermedio estuvo conformado por TIG 319, TIG 320, MOR 256, MOR 260, MOR 280 y MOR 290; y las menores longitudes correspondieron a TIG 318, MOR 262, MOR 264, MOR 284, MOR 286 y MOR 288.

El diámetro de fruto fue mayor en TIG 316, MOR 256 y MOR 268; intermedio en TIG 318, TIG 319, TIG 320, MOR 262, MOR 284, MOR 286 y MOR 288; y menor en MOR 260, MOR 264, MOR 280 y MOR 290. La relación longitud/diámetro (RLD) fue mayor en TIG 316, TIG 319, TIG 320, MOR 256, MOR 260, MOR 268, MOR 280 y MOR 290, en comparación con TIG 318, MOR 262, MOR 264, MOR 284, MOR 286 y MOR 288.

El peso de semilla con pulpa fue mayor en TIG 316, TIG 319, MOR 264, MOR 268, MOR 280, MOR 284 y MOR 286; intermedio en TIG 318, TIG 320, MOR 256, MOR 260, MOR 288 y MOR 290; y menor en MOR 262, que se diferenció del resto. El número de semillas por mazorca fue mayor en MOR 268; intermedio en TIG 316, TIG 319, MOR 256, MOR 260, MOR 280, MOR 284, MOR 286, MOR 288 y MOR 290; y menor en TIG 318, TIG 320, MOR 262 y MOR 264.

El espesor de cáscara fue mayor en MOR 260 en comparación con los demás genotipos. La profundidad de surco fue mayor en TIG 316, seguida por MOR 268, MOR 280, MOR 286 y MOR 288; luego por TIG 319, MOR 260, MOR 264, MOR 284 y MOR 290; y menor en TIG 318, TIG 320, MOR 256 y MOR 262. El ancho de surco fue mayor en TIG 319, TIG 320, MOR 260, MOR 262, MOR 264 y MOR 268; intermedio en TIG 318, MOR 256, MOR 280, MOR 284, MOR 286 y MOR 290; y menor en TIG 316 y MOR 288.

Tabla 9. Características cuantitativas de las mazorcas de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	PMA (g)	LonFru (cm)	DiaFru (cm)	RLD	PSP (g)	EspCas (cm)	ProSur (cm)	AncSur (cm)	NSM
TIG 316	748.40 b	22.34 a	11.02 a	2.03 a	130.00 a	1.09 b	1.75 a	1.05 c	36.40 b
TIG 318	480.48 c	15.50 c	9.03 b	1.71 b	81.40 b	1.57 b	0.53 d	2.90 b	32.20 c
TIG 319	642.40 b	18.46 b	9.74 b	1.90 a	119.20 a	1.65 b	0.92 c	4.42 a	39.20 b
TIG 320	421.28 c	18.72 b	9.51 b	1.95 a	83.60 b	1.53 b	0.71 d	3.99 a	28.80 c
MOR 256	752.40 b	19.44 b	10.24 a	1.88 a	93.24 b	1.36 b	0.63 d	2.69 b	34.00 b
MOR 260	680.40 b	18.14 b	8.68 c	2.08 a	84.40 b	2.35 a	0.83 c	4.25 a	34.80 b
MOR 262	435.60 c	12.53 c	9.01 b	1.39 b	37.40 c	1.54 b	0.51 d	3.92 a	20.40 c
MOR 264	433.00 c	14.07 c	8.30 c	1.72 b	105.20 a	1.09 b	0.98 c	3.66 a	29.80 c
MOR 268	862.60 a	21.54 a	10.98 a	1.96 a	125.00 a	1.53 b	1.11 b	4.36 a	60.60 a
MOR 280	455.40 c	17.53 b	8.37 c	2.09 a	113.00 a	0.93 b	1.14 b	2.86 b	41.20 b
MOR 284	417.80 c	14.52 c	9.09 b	1.59 b	120.20 a	1.14 b	0.98 c	2.43 b	39.80 b
MOR 286	517.00 c	15.95 c	9.39 b	1.69 b	106.40 a	1.36 b	1.11 b	2.91 b	41.60 b
MOR 288	467.40 c	14.11 c	9.13 b	1.54 b	89.40 b	1.18 b	1.26 b	1.71 c	36.20 b
MOR 290	366.00 c	17.16 b	8.31 c	2.07 a	85.60 b	1.29 b	0.84 c	2.32 b	38.20 b
CV %	16.71	11.32	6.46	10.65	22.28	31.53	20.84	17.75	20.7
p valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0014	<0.0001	<0.0001	<0.0001

* Promedios de cinco repeticiones. Prueba de Scott & Knott ($P \leq 0.05$).

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).

4.2.2.3. Características cuantitativas de las hojas

En la Tabla 10 se presentan las características cuantitativas de las hojas. La longitud de hoja y la longitud desde la base hasta el punto más ancho (LBL) no presentaron diferencias significativas entre genotipos, mientras que el ancho de hoja, el área total de la hoja y la longitud del pecíolo sí las presentaron ($p \leq 0.05$).

El ancho de hoja fue mayor en TIG 318, MOR 264, MOR 268, MOR 286 y MOR 290, en comparación con los demás genotipos. El área total de la hoja fue mayor en TIG 318, TIG 319, TIG 320, MOR 256, MOR 260, MOR 264, MOR 286 y MOR 290, frente a TIG 316, MOR 262, MOR 268, MOR 280, MOR 284 y MOR 288. La longitud del pecíolo fue mayor en TIG 319, MOR 256, MOR 284 y MOR 286, en comparación con los demás genotipos.

Tabla 10. Características cuantitativas de las hojas de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	Longitud de hoja (cm)	Ancho de hoja (cm)	Área total de la hoja (cm²)	LBL (cm)	Longitud de peciolo (cm)
TIG 316	29.13	10.03 b	202.61 b	16.83	1.75 b
TIG 318	28.63	10.94 a	234.82 a	16.74	1.92 b
TIG 319	29.24	9.97 b	228.15 a	15.87	2.11 a
TIG 320	32.86	9.79 b	226.02 a	18.63	1.98 b
MOR 256	30.53	9.93 b	211.17 a	17.45	2.36 a
MOR 260	30.32	9.82 b	213.57 a	15.98	1.79 b
MOR 262	28.31	8.43 b	155.89 b	15.1	1.75 b
MOR 264	32.49	11.97 a	274.05 a	17.73	1.99 b
MOR 268	30.91	11.08 a	184.23 b	17.56	1.84 b
MOR 280	28.05	8.96 b	189.39 b	15.68	1.67 b
MOR 284	29.91	9.16 b	169.24 b	16.47	2.16 a
MOR 286	32.52	11.64 a	243.96 a	17.88	2.41 a
MOR 288	29.51	9.58 b	177.81 b	11.69	1.77 b
MOR 290	30.69	10.93 a	219.46 a	17.46	1.98 b
CV %	9.38	10.14	18.87	15.84	8.93
p valor	0.4349	0.0008	0.0181	0.2562	<0.0001

* Promedios de cinco repeticiones. Prueba de Scott & Knott ($P \leq 0.05$).

Longitud desde la base hasta el punto más ancho de la hoja (LBL).

4.2.2.4. Características cuantitativas de las semillas

En la Tabla 11 se presentan las características cuantitativas de las semillas. La longitud, el ancho y el espesor de semilla presentaron diferencias significativas entre genotipos ($p \leq 0.05$).

La longitud de semilla fue mayor en TIG 316, TIG 318, TIG 319, TIG 320, MOR 256, MOR 260, MOR 264, MOR 268, MOR 284, MOR 286 y MOR 288; intermedia en MOR 262 y MOR 280; y menor en MOR 290. El ancho de semilla fue mayor en TIG 318, TIG 319, MOR 260, MOR 264, MOR 268, MOR 284 y MOR 288, en comparación con TIG 316, TIG 320, MOR 256, MOR 262, MOR 280, MOR 286 y MOR 290. El espesor de semilla fue mayor en TIG 316, TIG 319, TIG 320, MOR 264, MOR 280 y MOR 290; intermedio en TIG 318, MOR 256, MOR 260, MOR 262, MOR 284, MOR 286 y MOR 288; y menor en MOR 268.

Tabla 11. Características cuantitativas de las semillas de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	Longitud de semilla (cm)	Ancho de semilla (cm)	Espesor de semilla (cm)
TIG 316	2.30 a	1.26 b	1.06 a
TIG 318	2.31 a	1.34 a	0.85 b
TIG 319	2.41 a	1.34 a	0.94 a
TIG 320	2.36 a	1.14 b	0.98 a
MOR 256	2.34 a	1.29 b	0.83 b
MOR 260	2.48 a	1.39 a	0.79 b
MOR 262	2.11 b	1.18 b	0.78 b
MOR 264	2.56 a	1.37 a	0.97 a
MOR 268	2.41 a	1.31 a	0.39 c
MOR 280	2.20 b	1.21 b	0.89 a
MOR 284	2.43 a	1.44 a	0.87 b
MOR 286	2.47 a	1.26 b	0.74 b
MOR 288	2.50 a	1.36 a	0.71 b
MOR 290	1.81 c	1.23 b	0.92 a
CV %	9.34	8.19	15.43
p valor	0.00	0.00	<0.00

* Promedios de cinco repeticiones. Prueba de Scott & Knott ($P \leq 0.05$).

4.2.2.5. Características cuantitativas de las flores

En la Tabla 12 se presentan las características cuantitativas de las flores. Todas las variables evaluadas presentaron diferencias significativas entre genotipos ($p \leq 0.05$).

El número de flores por planta fue mayor en MOR 268; le siguieron MOR 256, MOR 260, MOR 262, MOR 280, MOR 284, MOR 286, MOR 288 y MOR 290, luego TIG 318, TIG 320 y MOR 264, y los menores valores correspondieron a TIG 316 y TIG 319. La longitud del sépalo fue mayor en TIG 316, TIG 318 y TIG 319 y menor en TIG 320, con valores intermedios en los demás genotipos; el ancho del sépalo fue mayor en TIG 316, TIG 318, TIG 319 y MOR 290, y menor en MOR 264.

La longitud del pétalo fue mayor en TIG 316 y TIG 318 y menor en MOR 268. El ancho del pétalo fue mayor en TIG 316, TIG 318, TIG 319, MOR 284 y MOR 288, y menor en MOR 264.

La longitud del ovario fue mayor en MOR 290 y menor en MOR 264 y MOR 280. El ancho del ovario fue similar en todos los genotipos, excepto en MOR 264, que presentó el menor valor. La longitud del estilo fue mayor en MOR 256 y MOR 260 y menor en MOR 264, con valores intermedios en los demás genotipos.

El número de óvulos por ovario fue mayor en TIG 318, MOR 260, MOR 280 y MOR 286, en comparación con los demás genotipos.

Tabla 12. Características cuantitativas de las flores de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	NFloP	LonSep (mm)	AncSep (mm)	LonPet (mm)	AncPet (mm)	LonOva (mm)	AncOva (mm)	LonEst (mm)	NOO
TIG 316	25.33 d	8.51 a	2.71 a	6.46 a	2.66 a	1.89 b	0.96 a	2.91 b	30.67 b
TIG 318	32.67 c	8.41 a	2.76 a	6.60 a	2.76 a	1.88 b	0.96 a	2.98 b	35.33 a
TIG 319	24.33 d	8.39 a	2.81 a	6.16 b	2.68 a	1.90 b	0.96 a	2.80 c	30.67 b
TIG 320	33.67 c	6.91 f	2.36 b	5.26 f	2.46 b	1.76 c	0.96 a	2.91 b	31.33 b
MOR 256	38.33 b	7.56 c	2.16 c	5.56 d	1.96 d	1.56 d	0.96 a	3.16 a	30.67 b
MOR 260	38.67 b	7.46 d	2.16 c	5.56 d	2.26 c	1.56 d	0.96 a	3.16 a	34.33 a
MOR 262	37.33 b	7.26 e	2.16 c	5.16 f	2.01 d	1.46 d	0.96 a	2.56 d	29.67 b
MOR 264	32.67 c	7.32 e	1.48 e	5.24 f	1.40 e	1.12 e	0.56 b	1.64 g	30.33 b
MOR 268	57.33 a	7.46 d	2.06 c	4.76 g	2.06 d	1.56 d	0.96 a	2.46 d	30.67 b
MOR 280	38.67 b	7.56 c	2.26 c	5.76 c	2.16 c	1.26 e	0.96 a	1.96 f	37.33 a
MOR 284	40.33 b	7.56 c	1.86 d	5.46 e	2.66 a	1.76 c	0.96 a	2.76 c	31.67 b
MOR 286	41.67 b	7.46 d	1.96 d	5.36 e	2.36 b	1.76 c	0.96 a	2.26 e	34.33 a
MOR 288	40.33 b	8.11 b	2.46 b	6.16 b	2.66 a	1.96 b	0.96 a	2.96 b	30.67 b
MOR 290	36.67 b	7.56 c	2.76 a	5.46 e	2.16 c	2.46 a	0.96 a	2.56 d	31.33 b
CV %	6.8	0.76	2.57	1.04	2.55	3.44	6.31	2.22	4.76
p valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

* Promedios de cinco repeticiones. Prueba de Scott & Knott ($P \leq 0.05$).

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).

4.2.3. Índice de mazorca y semilla

En la Tabla 13 se presentan el índice de mazorca (IM) y el índice de semilla (IS). Los menores valores de IM correspondieron a TIG 316, MOR 268, MOR 284 y TIG 319, mientras que MOR 262 registró el mayor valor.

El IS fue mayor en TIG 316, seguido de MOR 264, y menor en MOR 262, lo que refleja un menor tamaño promedio de sus semillas.

Tabla 13. Índice de mazorca y semilla de genotipos silvestres de cacao.

Genotipos	Índice de mazorca (IM)	Índice de Semilla (IS)
TIG 316	19.23	1.43
TIG 318	30.71	1.01
TIG 319	20.97	1.22
TIG 320	29.90	1.16
MOR 256	26.81	1.10
MOR 260	29.62	0.97
MOR 262	66.84	0.73
MOR 264	23.76	1.41
MOR 268	20.00	0.83
MOR 280	22.12	1.10
MOR 284	20.80	1.21
MOR 286	23.50	1.02
MOR 288	27.96	0.99
MOR 290	29.21	0.90

4.2.4. Análisis de componentes principales

En la Figura 2 se presenta el análisis de componentes principales (PCA), en el cual se distinguieron tres grupos entre los genotipos de cacao silvestre evaluados, lo que evidencia una alta variabilidad fenotípica. El primer y el segundo componente principal (CP1 y CP2) explicaron en conjunto una proporción moderada de la variabilidad total, lo que refleja la complejidad morfológica del conjunto de genotipos.

En el biplot, el CP1 se asoció principalmente con la longitud del sépalo (LonSep), la longitud del pétalo (LonPet), el ancho del pétalo (AncPet) y el ancho del sépalo (AncSep), variables que se proyectaron hacia el cuadrante positivo derecho, mientras que la longitud de hoja (LonHoj) y el ancho de surco (AncSur) se proyectaron hacia el lado izquierdo del eje. El CP2 se relacionó positivamente con el peso de semilla con pulpa (PSP), la profundidad de surco (ProSur) y el número de semillas por mazorca (NSM); estas variables permitieron discriminar principalmente al Grupo 2 (MOR 268, MOR 286, MOR 280 y MOR 264), ubicado en el cuadrante superior izquierdo.

El Grupo 1 (TIG 316, TIG 318, TIG 319 y MOR 288), representado en color rojo, se posicionó hacia el lado positivo del CP1 y se diferenció por sus mayores dimensiones en variables florales. El Grupo 3 (TIG 320, MOR 262, MOR 290, MOR 284, MOR 260 y MOR 256), representado en color verde, se ubicó en posiciones intermedias o en el cuadrante inferior y se asoció con menores valores en variables reproductivas.

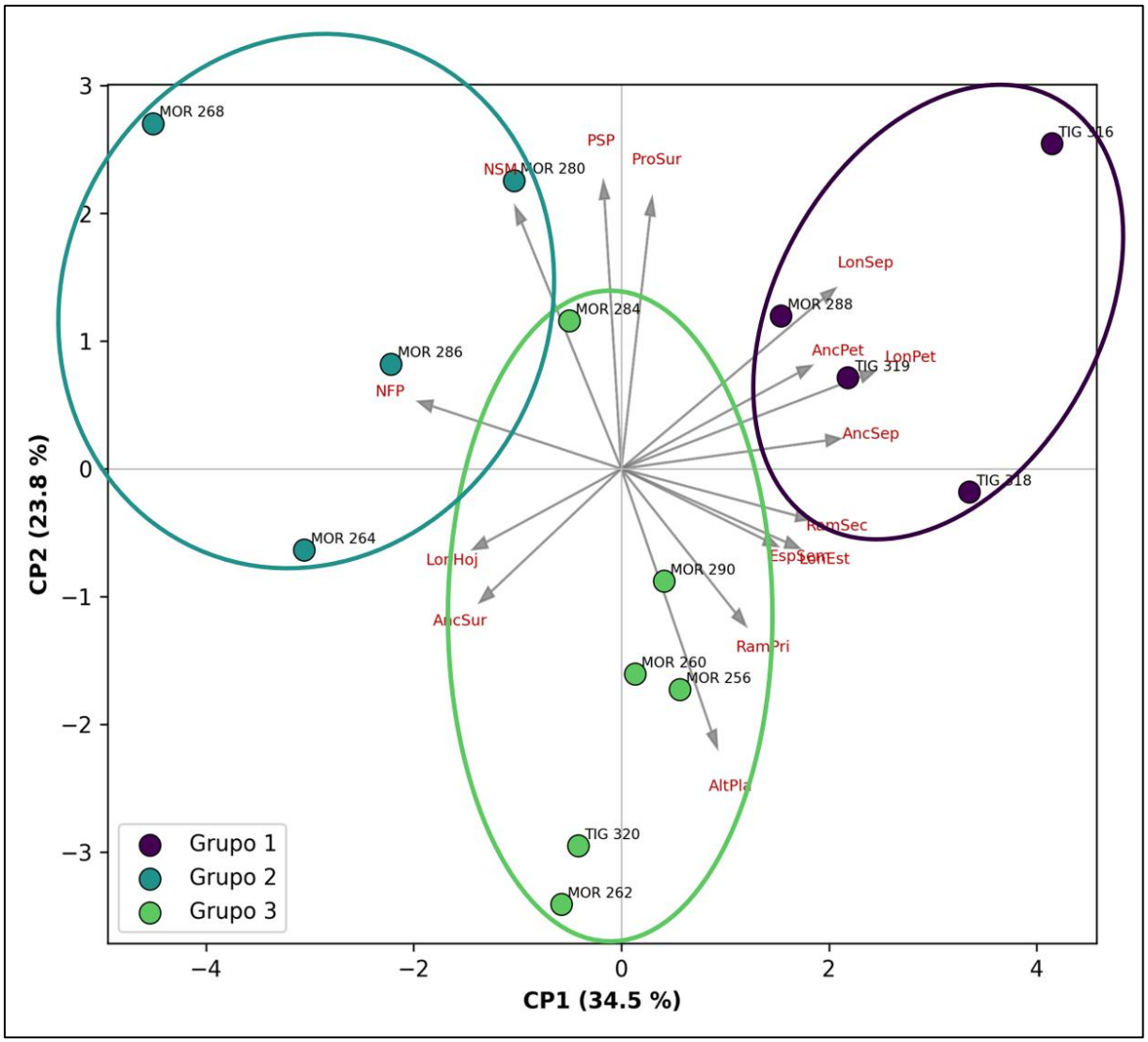


Figura 2. Análisis de componentes principales de las características morfológicas cualitativas y cuantitativas de 14 genotipos de cacao silvestre.

Longitud de Hoja (LonHoj), Ancho de Surco (AncSur), Altura de la Planta (AltPla), Ramas Primarias (RamPri), Espesor de Semilla (EspSem), Longitud de Estilo (LonEst), Ramas Secundarias (RamSec), Ancho de sépalo (AncSep), Longitud de Pétalo (LonPet), Ancho de Pétalo (AncPet), Longitud de Sépalo (LonSep), Profundidad de Surco (ProSur), Peso de Semilla con Pulpa (PSP), Número de Semillas por Mazorca (NSM), Número de Flores por Planta (NFP).

4.2.5. Análisis de conglomerados

En la Figura 3 se presenta el dendrograma del análisis de conglomerados jerárquicos, elaborado con el método de Ward a partir de los descriptores morfológicos de los genotipos de cacao silvestre. Se distinguieron tres clases bien definidas, cuya conformación coincidió con los grupos identificados en el PCA, lo que respalda la consistencia de la agrupación obtenida.

La composición de las clases según la cuenca de origen se detalla en la Tabla 15 y los valores medios de los descriptores por grupo en la Tabla 16. La clase 1 (Grupo 1) estuvo conformada por TIG 318, TIG 316, TIG 319 y MOR 288, de los cuales la mayoría procede del río Tigre. Este grupo presentó los mayores valores en variables florales y un alto peso de semilla con pulpa; además, concentró la mayor proporción de genotipos de tipo criollo.

La clase 2 (Grupo 2) estuvo integrada por MOR 268, MOR 286, MOR 280 y MOR 264, todos procedentes del río Morona. Se distinguió por el mayor número de semillas por mazorca, el mayor peso de semilla con pulpa y la mayor profundidad de surco. La clase 3 (Grupo 3) agrupó a TIG 320, MOR 262, MOR 290, MOR 284, MOR 260 y MOR 256, con predominio de genotipos del río Morona, y presentó los menores valores en descriptores reproductivos, con menor peso de semilla con pulpa y menor profundidad de surco.

En conjunto, los genotipos del río Tigre se concentraron principalmente en la clase 1, mientras que los del río Morona se distribuyeron sobre todo en las clases 2 y 3 (Tabla 15), lo que sugiere una divergencia fenotípica asociada al origen geográfico de los materiales evaluados.

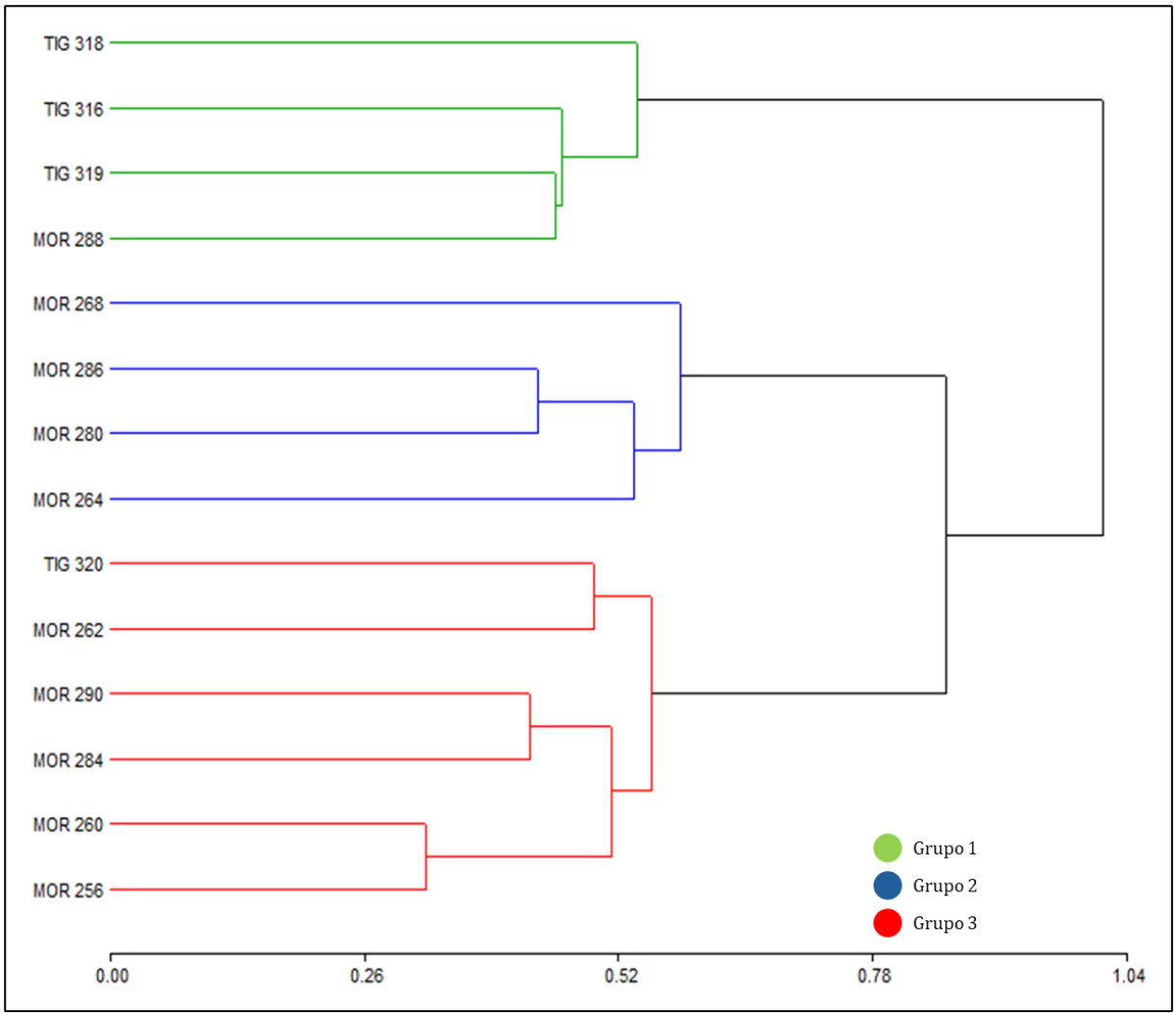


Figura 3. Análisis de conglomerados de las características morfológicas cualitativas y cuantitativas de 14 genotipos de cacao silvestre.

En la Tabla 14 se resumen los genotipos que registraron los valores mínimos y máximos de los descriptores cuantitativos. TIG 316 presentó los mayores valores en longitud de sépalo, peso de semilla con pulpa, profundidad de surco y espesor de semilla; MOR 268, el mayor número de flores por planta y de semillas por mazorca; TIG 318, los mayores valores en ancho y longitud de pétalo y en número de ramas secundarias; TIG 320, la mayor altura de planta y longitud de hoja; y TIG 319, el mayor ancho de sépalo y de surco. En el extremo opuesto, MOR 264 registró los menores valores en ancho de pétalo, ancho de sépalo y longitud de estilo, y MOR 262, los menores en número de semillas por mazorca, peso de semilla con pulpa y profundidad de surco.

Tabla 14. Genotipos de cacao silvestre con valores mínimos y máximos para descriptores de hojas, frutos, semillas y flores.

Características Morfológicas	Valor Mínimo	Valor Máximo
Altura de la Planta (m)	MOR 280 = 2.13	TIG 320 = 3.07
Ancho de Pétalo (mm)	MOR 264 = 1.40	TIG 318 = 2.76
Ancho de Sépalo (mm)	MOR 264 = 1.48	TIG 319 = 2.81
Ancho de Surco (cm)	TIG 316 = 1.05	TIG 319 = 4.42
Espesor de Semilla (cm)	MOR 268 = 0.39	TIG 316 = 1.06
Longitud de Estilo (mm)	MOR 264 = 1.64	MOR 256 y MOR 260 = 3.16
Longitud de Hoja (cm)	MOR 280 = 28.05	TIG 320 = 32.86
Longitud de Pétalo (mm)	MOR 268 = 4.76	TIG 318 = 6.60
Longitud de Sépalo (mm)	TIG 320 = 6.91	TIG 316 = 8.51
Número de Flores por Planta	TIG 319 = 24.33	MOR 268 = 57.33
Número de Semillas por Mazorca	MOR 262 = 20.40	MOR 268 = 60.60
Peso de Semilla con Pulpa (g)	MOR 262 = 37.40	TIG 316 = 130.00
Profundidad de Surco (cm)	MOR 262 = 0.51	TIG 316 = 1.75
Ramas Primarias	MOR 286 = 1.50	MOR 256 = 2.25
Ramas Secundarias	MOR 286 = 2.50	TIG 318 = 6.80

Tabla 15. Grupos fenotípicos vivos para 14 genotipos de cacao silvestre según la cuenca hidrográfica de origen.

Ríos de afluencia	Grupos fenotípicos			Total de genotipos por río de afluencia
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	
Tigre	3 (75%)		1 (16.67%)	4
Morona	1 (25%)	4 (100%)	5 (83.33%)	10
Grupo Total	4	4	6	14

Tabla 16. Valores medios ± desviación estándar y significancia estadística para los descriptores de hojas, frutos, semillas, mazorcas y flores de los grupos fenotípicos de cacao silvestre.

Características Morfológicas	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	CV%	F	P-Valor
Altura de la Planta (m)	2.60 ± 0.44	2.35 ± 0.45	2.73 ± 0.34	15.95	7.14	0.0102
Ancho de Pétalo (mm)	2.67 ± 0.15	1.93 ± 0.37	2.25 ± 0.26	16.09	0.26	0.6131
Ancho de Sépalo (mm)	2.66 ± 0.18	1.91 ± 0.33	2.24 ± 0.29	16.67	1.17	0.2872
Ancho de Surco (cm)	2.46 ± 1.33	3.44 ± 0.92	3.27 ± 0.92	36.01	0.54	0.4667
Espesor de Semilla (cm)	0.90 ± 0.21	0.76 ± 0.26	0.86 ± 0.12	23.81	0.10	0.7481
Longitud de Estilo (mm)	2.91 ± 0.12	2.10 ± 0.34	2.85 ± 0.26	16.60	4.38	0.0431
Longitud de Hoja (cm)	29.3 ± 3.00	31.00 ± 3.50	30.2 ± 2.41	9.44	1.21	0.2764
Longitud de Pétalo (cm)	6.34 ± 0.18	5.37 ± 0.39	5.41 ± 0.16	9.22	9.13	0.0045
Longitud de Sépalo (cm)	8.38 ± 0.17	7.45 ± 0.12	7.38 ± 0.25	6.12	21.18	<0.0001
N° de Flores por Planta	31.8 ± 7.4	44.60 ± 9.60	37.50 ± 3.00	21.57	0.33	0.5687
N° de Semillas por Mazorca	35.9 ± 6.8	45.30 ± 15.10	32.67 ± 9.36	30.14	4.21	0.0443
Peso de Semilla con Pulpa (g)	102.6 ± 26.1	113.90 ± 23.70	84.07 ± 33.44	31.26	8.93	0.0040
Profundidad de Surco (cm)	1.06 ± 0.53	1.08 ± 0.18	0.75 ± 0.24	37.89	12.21	0.0009
Ramas Primarias	1.92 ± 0.63	1.58 ± 0.51	2.05 ± 0.21	24.86	8.26	0.0060
Ramas Secundarias	5.92 ± 2.34	2.85 ± 0.74	4.09 ± 1.63	46.53	0.10	0.7578

4.3. Prueba de hipótesis

Para contrastar la hipótesis general se plantearon: Ho, los 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de las cuencas de los ríos Tigre y Morona no presentan diferencias en sus características morfológicas; y Ha, los 14 genotipos presentan diferencias en sus características morfológicas. Se aplicó el análisis de varianza (ANOVA) a un factor sobre los descriptores cuantitativos de los grupos fenotípicos (Tabla 16), con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ y la regla de decisión de rechazar Ho cuando $p \leq 0.05$.

De los 15 descriptores cuantitativos analizados, ocho mostraron diferencias significativas entre grupos: longitud de sépalo ($F = 21.18$; $p < 0.0001$), profundidad de surco ($F = 12.21$; $p = 0.0009$), longitud de pétalo ($F = 9.13$; $p = 0.0045$), peso de semilla con pulpa ($F = 8.93$; $p = 0.0040$), ramas primarias ($F = 8.26$; $p = 0.0060$), altura de la planta ($F = 7.14$; $p = 0.0102$), longitud de estilo ($F = 4.38$; $p = 0.0431$) y número de semillas por mazorca ($F = 4.21$; $p = 0.0443$). Los siete descriptores restantes no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$): ancho de pétalo, ancho de sépalo, ancho de surco, espesor de semilla, longitud de hoja, número de flores por planta y ramas secundarias.

Dado que el valor p fue menor o igual a 0.05 en la mayoría de los descriptores evaluados por categoría morfológica (flor, mazorca, semilla y planta), y que además se observó variabilidad en los descriptores cualitativos (Tablas 4 a 7), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna: los genotipos silvestres de cacao de las cuencas de los ríos Tigre y Morona presentan diferencias en sus características morfológicas.

Cabe precisar que los grupos fenotípicos se conformaron a partir del análisis de conglomerados de las mismas características morfológicas, por lo que los valores de F y p cumplen un rol descriptivo y complementario, y deben interpretarse junto con la comparación de medias por genotipo (Scott-Knott) presentada en las Tablas 8 a 12.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Características cualitativas

4.4.1.1. Características cualitativas de las plantas

La totalidad de los genotipos evaluados presentó porte erecto (Tabla 3), lo cual refleja uniformidad en la arquitectura de las plantas. Este tipo de crecimiento favorece la aireación del cultivo y facilita las labores de manejo, coincidiendo con López-Hernández *et al.* (2021), quienes observaron en materiales colombianos que la morfología del tallo y el hábito de crecimiento son rasgos estables y de alta heredabilidad.

En cuanto al color del follaje, todos los genotipos evaluados presentaron ausencia de pigmentación (Tabla 3), lo que evidencia uniformidad en este carácter. Este comportamiento sugiere que no existe expresión visible de antocianinas en el follaje bajo las condiciones evaluadas, a diferencia de lo reportado por Paredes (2020) y Tejada-Alvarado *et al.* (2025).

En lo referente al vigor de las plantas, se identificaron genotipos con vigor alto y otros con vigor intermedio (Tabla 3), evidenciando variabilidad en este carácter. Este comportamiento puede estar relacionado con la base genética de los materiales y con la influencia de factores edafoclimáticos, tal como señalan López-Hernández *et al.* (2021), quienes demostraron que el ambiente de cultivo influye directamente en la expresión fenotípica de los genotipos.

4.4.1.2. Características cualitativas de las mazorcas

Los resultados evidencian que el tipo de fruto predominante fue el angoleta, seguido del tipo criollo (Tabla 4). Estos resultados coinciden con los encontrados por Paredes (2020) en el Banco de Germoplasma nativo del INIA-Loreto, donde se reporta una mayor frecuencia de materiales con características angoleta en poblaciones amazónicas.

Se observó variabilidad en la forma del fruto, predominando la forma alargada, seguida por las formas ovaladas y redondeadas (Tabla 4). Esta diversidad morfológica, descrita por Widaysary y Susandarini (2020), constituye un criterio importante de diferenciación entre clones y está asociada al grupo genético al que pertenece cada genotipo, siendo especialmente útil para la identificación y clasificación de materiales silvestres.

La rugosidad de la cáscara se mantuvo constante en todos los genotipos (Tabla 4), lo que sugiere que este carácter es conservado dentro del conjunto evaluado. En cuanto a la constricción basal, se registraron categorías suaves, intermedias y fuertes, evidenciando variabilidad en este descriptor. Estas variaciones coinciden con lo reportado por López-Hernández *et al.* (2021), quienes asociaron la constricción basal con el tipo genético del material, indicando que las formas intermedias y suaves son frecuentes en genotipos amazónicos, mientras que las formas más marcadas pueden relacionarse con otros grupos genéticos.

Asimismo, la forma del ápice mostró variación, observándose principalmente el tipo dentado y, en menor medida, el tipo caudado (Tabla 4), lo que refuerza la existencia de diversidad morfológica entre los genotipos evaluados.

Por otro lado, el color de la mazorca y el tamaño del fruto se mantuvieron uniformes, registrándose predominantemente frutos de color amarillo y tamaño pequeño (Tabla 4). Esta homogeneidad sugiere una posible estabilidad de estos caracteres en el material evaluado y coincide con lo señalado por Tejada-Alvarado *et al.* (2025), quienes indican que frutos de menor tamaño y coloración amarilla pueden estar asociados a características favorables en la calidad del cacao, incluyendo el contenido de compuestos fenólicos.

4.4.1.3. Características cualitativas de las hojas

La totalidad de los genotipos evaluados presentó pulvínulo, y la forma ovoide de las hojas fue constante en todos los casos (Tabla 5). Estos resultados coinciden con los descriptores morfológicos estándar del cacao establecidos en los protocolos de caracterización del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), así como con lo reportado por Widaysary y Susandarini (2020). La uniformidad observada sugiere que estos caracteres son altamente conservados y presentan escasa variabilidad dentro del material evaluado.

4.4.1.4. Características cualitativas de las semillas

En cuanto al color del cotiledón, se observaron tonalidades de morado medio y púrpura oscuro, evidenciando variabilidad en este carácter entre los genotipos evaluados (Tabla 6). Esta diversidad cromática podría estar asociada a diferencias en la concentración de compuestos como antocianinas y teobromina, los cuales son de interés en la industria chocolatera por su influencia en la calidad sensorial del grano. En este sentido, Tejada-Alvarado *et al.* (2025) relacionan este tipo de pigmentación con una mayor capacidad antioxidante y potencial nutracéutico.

Respecto a la forma de la semilla, la forma longitudinal predominante fue la ovada, aunque también se registraron formas irregulares, oblongas y elípticas en algunos genotipos (Tabla 6), lo que evidencia diversidad morfológica. Por otro lado, la forma transversal se mantuvo uniforme, describiéndose como aplanada en todos los casos. Estos resultados coinciden con los descriptores morfológicos reportados para materiales de tipo criollo y angoleta por Paredes (2020) y López-Hernández *et al.* (2021), y se asocian a características favorables en los procesos de fermentación y secado del grano.

4.4.1.5. Características cualitativas de las flores

En cuanto al color del pedúnculo floral, se observaron las tonalidades verdes (cuatro genotipos) y verde con rojo (diez genotipos); en el estaminodio, los colores morado claro (cuatro genotipos) y morado oscuro (diez genotipos) (Tabla 7). Ambos descriptores variaron conjuntamente y coincidieron con el prefijo del genotipo (TIG y MOR). Estos rasgos concuerdan con los descritos por Paredes (2020), quien reportó la presencia de antocianinas florales como característica distintiva de ciertos genotipos amazónicos. La variación limitada observada en las flores (dos estados por descriptor) respalda lo mencionado por Widaysary & Susandarini (2020), quienes señalaron que las características florales presentan poca variación entre clones, siendo más estables que las del fruto.

4.4.2. Características cuantitativas

4.4.2.1. Características cuantitativas de las plantas

Los resultados mostraron una variación moderada en la altura de las plantas, con valores entre 2.13 m y 3.07 m (Tablas 8 y 14), destacando el genotipo TIG 320 como el de mayor aporte. Esta variabilidad se asocia al vigor genético y a la adaptación ecofisiológica de los genotipos, lo que coincide con lo reportado por Tejada-Alvarado *et al.* (2025), quienes observaron diferencias significativas en la altura del cacao amazónico influenciadas por la genética y las condiciones microambientales.

El diámetro de copa, comprendido entre 1.58 m y 2.14 m (Tabla 8), mostró una homogeneidad relativa, lo cual sugiere una distribución equilibrada del follaje y una arquitectura de copa favorable para la intercepción de luz, como también evidencian López-Hernández *et al.* (2021) en genotipos criollos de Colombia.

El diámetro del tallo fue medido a 20 cm del nivel del suelo, donde se encontraron valores de 7.85 cm a 12.75 cm (Tabla 8), siendo TIG 320 el de mayor grosor, lo que se traduce en una alta robustez estructural. Este parámetro, de acuerdo con Paredes (2020), guarda relación con la edad fisiológica y el vigor vegetativo de la planta.

El número de ramas primarias fue relativamente constante (1.50 – 2.25; p = 0.39), mientras que las ramas secundarias (2.50 – 6.80) y terciarias (7.50 – 26.75) difirieron significativamente entre genotipos (Tabla 8), lo que sugiere una base estructural del dosel estable, con una ramificación de órdenes superiores más variable. Estos resultados son coherentes, en lo referente a las ramas primarias, con los reportes de Widaysary & Susandarini (2020), quienes describen que, en materiales de cacao, las diferencias en arquitectura vegetativa son menos marcadas que las observadas en estructuras reproductivas.

4.4.2.2. Características cuantitativas de las mazorcas

El peso total de la mazorca mostró un rango amplio, entre 366 g (MOR 290) y 862.6 g (MOR 268) (Tabla 9), evidenciando un alto grado de variabilidad fenotípica. Este rasgo es fundamental para la selección genética, pues refleja el potencial productivo del fruto. Resultados similares fueron reportados por Tejada-Alvarado *et al.* (2025), quienes registraron pesos de mazorca entre 320 g y 890 g en accesiones amazónicas del banco de germoplasma del INIA, confirmando que esta alta variabilidad es característica de los materiales silvestres peruanos. Dentro de los genotipos evaluados, MOR 268 se destaca como el de mayor potencial productivo, con el mayor peso de mazorca (862.6 g), mayor número de semillas (60.6 por mazorca) y uno de los mayores pesos de semilla con pulpa fue TIG 316 con 130 g (Tablas 9 y 14), lo que lo posiciona como un genotipo promisorio para programas de selección.

La longitud del fruto osciló entre 12.53 cm y 22.34 cm, lo que muestra una relación directa con el diámetro (8.30 – 11.02 cm), obteniéndose una razón L/D promedio de 1.83 (Tabla 9), lo que indica frutos predominantemente alargados. Este patrón coincide con las descripciones de frutos Angoleta, caracterizados por una forma cilíndrica y alargada (Paredes, 2020).

El espesor de la cáscara (0.93 – 2.35 cm) y la profundidad de los surcos (0.51 – 1.75 cm) demostraron diferencias notables entre genotipos (Tablas 9 y 14). Estas características, según Flores (2024), están relacionadas con la resistencia mecánica del fruto y su respuesta al manejo poscosecha.

Por último, el número de semillas por mazorca varió de 20 a 61 (Tablas 9 y 14), siendo MOR 268 el de mayor valor. Este resultado concuerda con los hallazgos de Widaysary & Susandarini (2020), quienes determinaron que los caracteres del fruto y la semilla son los de mayor peso discriminante en la diferenciación de clones de cacao.

4.4.2.3. Características cuantitativas de las hojas

Las hojas presentaron una longitud promedio de 30.22 cm, con un máximo de 32.86 cm (TIG 320) y un mínimo de 28.05 cm (MOR 280) (Tablas 10 y 14). El ancho foliar y el área total mostraron mayor variabilidad, siendo MOR 264 el genotipo con mayor área foliar (274.05 cm^2) (Tabla 10). Este resultado indica una mayor capacidad fotosintética, aspecto que coincide con lo observado por Tejada-Alvarado *et al.* (2025) en genotipos de alto vigor vegetativo

La longitud de la hoja no presentó diferencias significativas entre genotipos ($p = 0.4349$), mientras que la longitud del pecíolo sí las presentó (1.67–2.41 cm; Tabla 10), lo que podría reflejarse en adaptaciones a microclimas locales. En estudios similares, Paredes (2020) señaló que las variaciones en el tamaño foliar pueden estar asociadas a la disponibilidad de radiación solar y nutrientes.

4.4.2.4. Características cuantitativas de las semillas

Las semillas mostraron una longitud promedio de 2.34 cm, un ancho de 1.29 cm y un espesor promedio de 0.84 cm (Tabla 11), lo que revela uniformidad en su forma y tamaño. Sin embargo, el espesor varió significativamente entre genotipos, destacando TIG 316 (1.06 cm) y MOR 268 (0.39 cm) como los extremos (Tablas 11 y 14). Tejada-Alvarado *et al.* (2025) relacionaron mayores espesores con mejor rendimiento en manteca y calidad de fermentación.

4.4.2.5. Características cuantitativas de las flores

Las mediciones florales evidenciaron variaciones sutiles, pero consistentes, entre genotipos. La longitud de los sépalos osciló entre 6.91 y 8.51 mm; la longitud del pétalo varió entre 4.76 y 6.60 mm (Tablas 12 y 14). El ancho del ovario fue relativamente estable (0.96 mm en 13 de los 14 genotipos; solo MOR 264 difirió, con 0.56 mm; Tabla 12), lo que sugiere uniformidad en la estructura reproductiva femenina.

El número de óvulos por ovario (30–37) se mantuvo dentro del rango esperado para la especie (Tabla 12), como mencionan Widaysary & Susandarini (2020), quienes reportaron valores entre 28 y 40 óvulos en materiales de cacao de Sulawesi, Indonesia, sugiriendo que este carácter es conservado en la especie independientemente del origen geográfico.

Este patrón de baja variabilidad floral concuerda con lo reportado por López-Hernández *et al.* (2021), quienes señalaron que las estructuras vegetativas y florales son más estables que las del fruto. Sin embargo, en el presente estudio se encontraron diferencias significativas ($p < 0.0001$) en todos los descriptores florales evaluados entre genotipos (Tabla 12), lo que sugiere que, aunque la variabilidad es menor en comparación con los caracteres del fruto, sigue siendo suficiente para contribuir a la discriminación entre materiales silvestres.

CONCLUSIONES

1. Se determinaron las características morfológicas de los 14 genotipos silvestres de cacao procedentes de las cuencas de los ríos Tigre y Morona, mediante descriptores cualitativos y cuantitativos de planta, hoja, flor, mazorca y semilla, lo que permitió describir la variabilidad fenotípica del conjunto evaluado.
2. Se compararon las características morfológicas de los genotipos y se hallaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la mayor parte de los descriptores cuantitativos, con excepciones como el diámetro de copa, el número de ramas primarias y la longitud de hoja; asimismo, se observó variabilidad en descriptores cualitativos como el tipo y la forma del fruto, la constricción basal, la forma del ápice y el color del cotiledón. Por ello, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.
3. Se identificaron características morfológicas similares entre los genotipos, como el porte erecto, la ausencia de pigmentación del follaje, la rugosidad de la cáscara, el predominio del color amarillo y del tamaño pequeño en las mazorcas, la forma ovoide de las hojas, la forma transversal aplanada de las semillas y el patrón reproductivo de las flores, lo que indica que estos caracteres son conservados en el material evaluado.
4. Se evaluó el índice de mazorca y de semilla, que mostró variabilidad entre los genotipos: TIG 316 presentó el mayor índice de semilla y uno de los menores índices de mazorca, mientras que MOR 262 registró el mayor índice de mazorca y el menor índice de semilla, lo que refleja diferencias en el número, el peso y el tamaño de las semillas por mazorca.
5. El análisis de componentes principales y el análisis de conglomerados agruparon a los genotipos en tres grupos fenotípicos concordantes entre sí; los genotipos del río Tigre se concentraron principalmente en el Grupo 1, mientras que los del río Morona se distribuyeron sobre todo en los Grupos 2 y 3, lo que sugiere una divergencia fenotípica asociada al origen geográfico de los materiales.

RECOMENDACIONES

- Dar un mantenimiento fitosanitario a las diferentes accesiones para futuros trabajos de fitogenética.

- Continuar con los trabajos de caracterización morfológica de hojas, flores, frutos y semillas en la totalidad de las accesiones que conforman el banco de germoplasma de cacao nativo (*Theobroma cacao L*) de la región San Martin.

- Continuar con la caracterización de la variabilidad genética, considerando aspectos bioquímicos y moleculares, en todas las accesiones que integran el banco de germoplasma de cacao nativo (*Theobroma cacao L*) de la región San Martín.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abadie, T., & Barreta, L. (2001). Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos: Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del cono sur. PROCISUR–INIA. https://www.procissur.org.uy/publicaciones/recursos-fitogeneticos

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

Flores, G. (2024). Caracterización morfológica de 50 accesiones de cacao silvestre procedentes de las cuencas de la Amazonía peruana [Tesis para Optar el Título de Ingeniero Agrónoma]. Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas. https://repositorio.unaaa.edu.pe/items/393772b1-cde1-437b-ad3d-fc79ca5c050f

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). (2018). Guía técnica: Producción de cacao en sistemas agroforestales. https://fhia.org.hn/wp-content/uploads/Guia-tecnica-produccion-de-cacao-en-sistemas-agroforestales.pdf

García, B., Bazurto, A., García, L., & Zambrano, F. (2019). Morphology, viability, and longevity of pollen of National Type and Trinitarian (CCN-51) clones of cocoa (*Theobroma cacao L.*) on the Coast of Ecuador. Brazilian Journal of Botany, 42(3), 441-448. https://doi.org/10.1007/s40415-019-00541-2

Imán SA, Samanamud AF, Ramirez JF, Cobos M, Paredes C and Castro JC (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/fcosc.2025.1576239

July, W. (2007). Caracterización morfológica y molecular del Cacao Nacional Boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia. [Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5354

Jumbo, Á. C. (2017). Caracterización morfológica del cacao (*Theobroma cacao L.*) en la Cuenca del río Nangaritza provincia de Zamora Chinchipe [Tesis para Obtener el Título de Ingeniero en Administración y Producción Agropecuaria.]. Universidad Nacional de Loja. https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18444/1/Ángel Cinio Jumbo Merino.pdf

León, J., Malosetti, M., & Mendes, A. (2018). Cacao silvestre en Perú. Instituto de Investigación y Desarrollo Sostenible de la Selva Peruana. https://repositorio.iidsperu.org.pe/handle/20.500.12924/62

Lindo, A. A., Robinson, D. E., Tennant, P. F., Meinhardt, L. W., & Zhang, D. (2018). Molecular Characterization of Cacao (*Theobroma cacao L.*) Germplasm from Jamaica Using Single Nucleotide Polymorphism (SNP) Markers. Tropical Plant Biology, 11(3-4), 93-106. https://doi.org/10.1007/s12042-018-9203-5

López-Hernández, M. del P., Sandoval Aldana, A. P., García Lozano, J., & Criollo Nuñez, J. (2021). Morfoagronomic study of cacao materials (*Theobroma cacao L.*) from different production areas in Colombia. *Ciencia Y Agricultura*, *18*(3), 98-109. https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.12570

Lovo-Lara, L. M., López-Avilés, W. V., Parada-Berríos, F. A., Lara-Ascencio, F., Arias de Linares, A. Y., & Vásquez-Osegueda, E. A. (2019). Caracterización morfoagronómica de cacao criollo (*Theobroma cacao L.*) y su incidencia en la selección de germoplasma promisorio en áreas de presencia natural en El Salvador. Revista Minerva, 2(1), 31–50. https://revistas.ues.edu.sv/index.php/minerva/article/view/2415/2394

Maroto, S., Montoya Rodríguez, P., González León, D., Delgado, T. & Arvelo Sánchez, M. Á. (2016). Manual técnico del cultivo de cacao prácticas latinoamericanas. https://hdl.handle.net/11324/6181

Montes, M. A. (2016). Efectos del fósforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51, en la zona de Babahoyo [Trabajo de Titulación para Optar el Título de ingeniero Agrónomo]. Universidad Técnica de Babahoyo. http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3358

Motamayor, J. C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L). *PLoS ONE*, *3*(10), Artículo e3311. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311

Nicomedes, E. N. (2018). Tipos de investigación. Universidad Santo Domingo de Guzmán. https://api.core.ac.uk/oai/oai:repositorio.unisdg.edu.pe:USDG/34

Noriega, A. (2012). Determinación de la habilidad combinatoria de 14 clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) de tipo Nacional seleccionados. http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/6179

Obregón, G. J. (2018). Caracterización fenotípica y genética de clones promisorios de cacao (*Theobroma cacao L.*) con análisis multivariante procrustes [Tesis para Optar el Grado de Bachiller en Ciencias Pecuarias]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/9590

Ochoa, C. (2019). Diseño y análisis en investigación. IMC, S.A. https://www.aepap.org/sites/default/files/documento/archivos-adjuntos/artl_2019_libro_diseno_y_analisis_de_investigacion.pdf

Paredes, C. (2020). Caracterización morfológica del banco de germoplasma de cacao nativo "*Theobroma cacao L.*" del INIA Loreto – Perú [Tesis para Optar el Título de

Ingeniera Agrónomo]. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/items/35f6628d-1096-4f02-9240-77af1bf062be

Quiñones, M., Espinoza, E., Yovera, F., Cuchilla, Y., & Castro, D. (2018). Identificación, georreferenciación y caracterización morfológica de árboles superiores se *Theobroma cacao L.* 1753 cultivar cacao blanco de Piura, Perú. The Biologist, 16(1), 105-117. https://doi.org/10.24039/rtb2018161225

Ríos, D. F. (2015). Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de *Theobroma cacao L.* [Monografía para Optar el Título de Licenciado en Ciencias Biológicas]. Nacional Pontificia Universidad Católica del Ecuador. https://repositorio.puce.edu.ec/items/aa834c54-5456-4991-a355-b974c726487e

Soto, M. G. (2017). Caracterización morfológica de 28 accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao L.*) de las cuencas Santiago y Morona-Alto amazonas [Tesis para Optar el Título de Ingeniero Agrónomo]. Institucional de la Universidad Nacional San Martín. https://repositorio.unsm.edu.pe/item/d6771a3e-3ce5-4e16-ba46-d2fdd8d3a792

Tejada-Alvarado, J. J., Vilca-Valqui, N. C., Montenegro-Acuña, L. A., Parco-Quinchori, J. A., & Fernandez, E. (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

Thomas, E., Iman, S., Atkinson, R., Zavaleta, D., Rodriguez Callanaupa, C. A. A., Lastra, S., Murrieta, E., Farfan Pinedo, A., Castro, J., Ramirez, J., Samanamud, A., Paredes, C., Arango Ledesma, K. L., Cruz, W., Ramirez, M. M., & Zhang, D. (2023). Diversidad genética de cacao en el Perú. En E. Thomas, S. Lastra, & D. Zavaleta (Eds.), *Catálogo de cacaos de Perú* (pp. 9–56). Bioversity International; MOCCA. https://alliancebioversityciat.org/publications-data/diversidad-genetica-de-cacao-en-el-peru

Toramo, E. (2018). Morphological and genetic characterization of elite cocoa (*Theobroma cacao L.*) trees in the solomon islands: A study in makira island in makira ulawa province [The University of the South Pacific]. https://makiragold.com/wp-content/uploads/2022/03/Makira-Cocoa-genetic-study-Elison-Toramo.pdf

Vásquez-García, J., Santos-Pelaez, J., Malqui-Ramos, R., Vigo, C., Alvarado, W., & Bobadilla, L. (2022). Agromorphological characterization of cacao (*Theobroma cacao L.*) accessions from the germplasm bank of the National Institute of Agrarian Innovation, Peru. Heliyon, 8, e10888. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10888

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 de caracterización morfológica de 14 accesiones de cacao silvestre (Theobroma cacao L.) en el banco de germoplasma del Instituto de Cultivos Tropicales

Ficha de evaluación de caracterización morfológica de acceciones de cacaco silvestre (theobroma cacao L.) en el banco de germoplasma del Instituto de Cultivos Tropicales.

Fecha:

1.-Planta Código Nombre del colector

1.1.- Forma del árbol a.- Erecto b.- Intermedio c.-Penduloso

1.2- Color del follaje a. Sin pigmentación b. Con pigmentación

1.3.- Altura de la planta (m)		
1.4.- Diametro de la copa (m)		
1.5.-Número de frutos a 1m. desde el injerto		
1.6.- Diametro de tallo base(cm)		
1.7.- Número de Ramas	Primarias	
	Secundarias	
	Terciarias	

1.9. Vigor de la planta	
a.- Débil	
b.- Intermedio	
c.-Vigoroso	

2. Mazorca		1	2	3	4	5	Promedio
2.1.- Peso de mazorca con almendras (g)							
2.2.- Longitud del fruto (cm)							
2.3.- Diametro del fruto (cm)							
2.4.- Razon L/D							
2.5.- Peso de la semilla c/pulpa (g)							
2.6.- Forma del fruto	Redondeado						
	Ovalada						
	Alargada						
2.7.- Rugosidad de la cáscara	Lisa						
	Rugosa						
	Muy rugosa						
a. Caballete (cm)							
b. En surco (cm)							
2.8.- Espesor de la cascara (cm)							
2.9.- Profundidad del surco (cm)							
2.10.- Ancho del surco (cm)							
2.11.- Nº de semillas por mazorca							

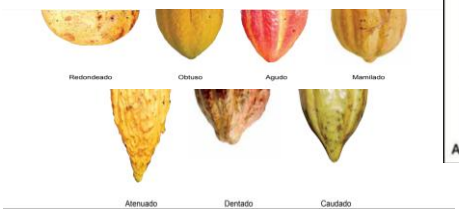
2.12.- Constricción basal:

Marque el Tipo de constricción basal

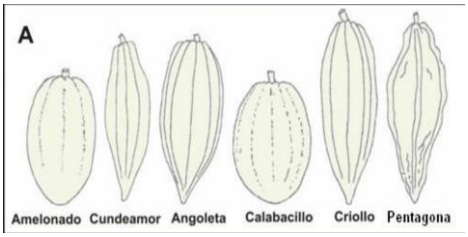


2.13.- Forma del ápice:

Marque el tipo de ápice



2.14.- Marque el Tipo de fruto



2.15.- Superficie: Lisa Rugosa Muy Rugosa

2.16.- Surcos: Superficiales Medios Profundos

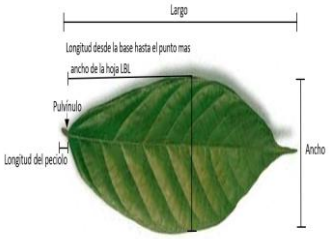
2.17.- Color de la mazorca (x)					
C=Crema		R= Rojo		De las combinaciones	
E=Gris		W= Blanco		OR= Naranja rojizo	
G=Verde		Y= Amarillo		RK= Rojo Rosa	
K=Rosa		L= Claro		YL= Amarillo Claro	
O=Naranja		D= Oscuro		R+Y= Rojo con franjas amarillas	
P=Púrpura		I= Intensa		Y+O= Amarillo con franjas naranjas	
				OR+Y=con franjas amarillas	

2.18.- Tamaño de fruto	1	2	3	4	5
Pequeño: < de 15 cm					
Mediano: De 16 a 19 cm					
Grande: > de 20cm					

3.- Hoja

Número de hojas		1	2	3	4	5	Promedio
3.1.- Longitud de la hoja L (cm)							
3.2.- Ancho de la Hoja A (cm)							
3.3.-Área total (cm^2)							
3.4.- Longitud desde la base hasta el punto mas ancho de la hoja cm (LBL)							
3.5.- Longitud del peciolo (cm)							
3.6.- Presencia del pulvinulo	Si						
	No						

3.7.- Forma de la hoja (L/LBL)	> de 2: Ovoide						
	.= de 2: Elíptica						
	< de 2: Ovada						



4.- Semilla

N°.- Semilla	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
4.1.- Largo (cm)											
4.2.- Ancho (cm)											
4.3.- Espesor (cm)											

4.4.- Color del Cotiledon (X)					
Blanco	Gris	Púrpura claro	Medio Morado	Púrpura Oscuro	Moteado

4.5.- Forma longitudinal



Oblonga Ovada Eliptica Irregular

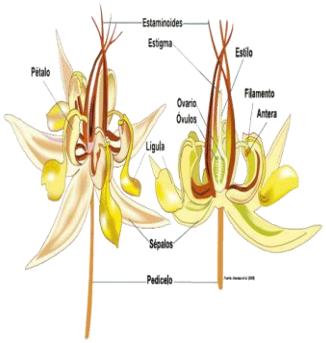
4.6.- Forma transversal



Aplanada Intermedia Redondeada

5.- Flor

Nº.- Flor						
5.1.- Nº de Cojines Florales a un 1 m desde el injerto						
	1	2	3	4	5	Promedio
5.2.- Longitud del sépalo (mm)						
5.3.- Ancho del sépalo (mm)						
5.4.- Longitud del pétalo (mm)						
5.5.- Ancho del pétalo (mm)						
5.6.- Longitud del estaminoide (mm)						
5.7.- Longitud del ovario (mm)						
5.8.- Ancho del ovario (mm)						
5.9.- Longitud del estilo (mm)						
5.10.-Numero de óvulos por ovario						



5.11.-Color del pedúnculo floral (x)		
Verde	Verde con rojo	Rojo

5.12.- Color del estaminoide	
Morado claro	Morado oscuro

Anexo 2. Panel fotográfico

Evaluación de plantas





Evaluación de mazorcas

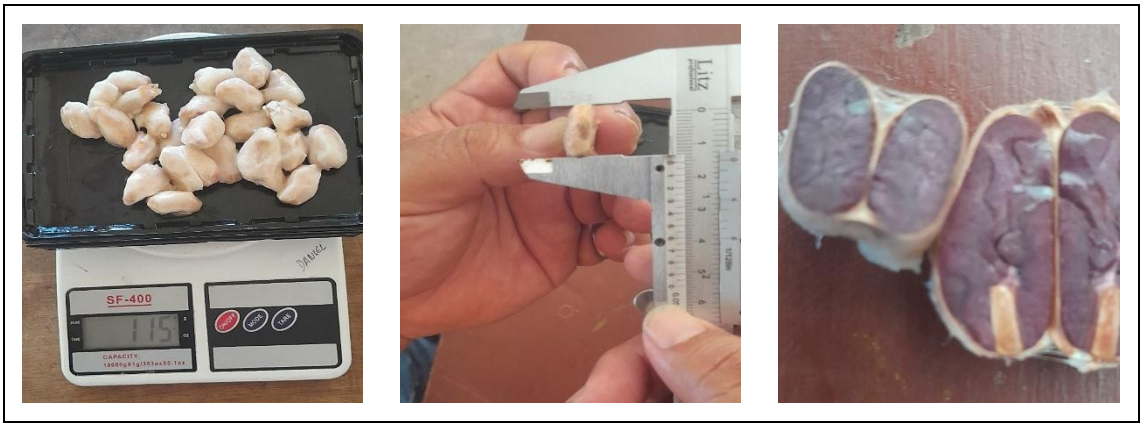



Evaluación de hojas





Evaluación de semillas



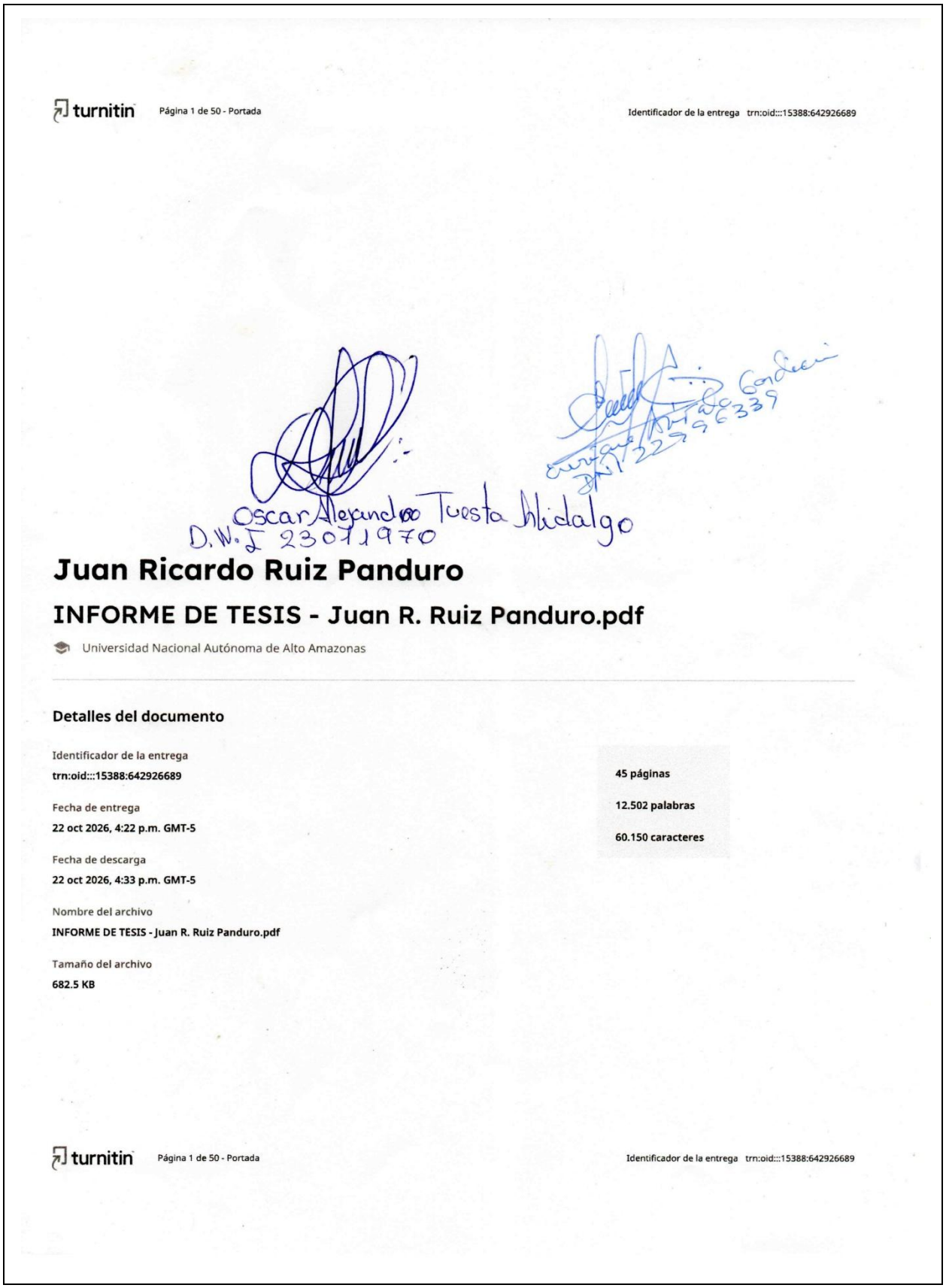
Evaluación de flores



Genotipos de cacao silvestre



Anexo 3. Reporte de TURNITIN (% de Similitud)



turnitin Página 1 de 50 - Portada Identificador de la entrega trn:oid:::15388:642926689

Oscar Alexander Tuesta Hidalgo
D.N.I 23071970

Juan Ricardo Ruiz Panduro

INFORME DE TESIS - Juan R. Ruiz Panduro.pdf

Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::15388:642926689

Fecha de entrega
22 oct 2026, 4:22 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
22 oct 2026, 4:33 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
INFORME DE TESIS - Juan R. Ruiz Panduro.pdf

Tamaño del archivo
682.5 KB

45 páginas

12.502 palabras

60.150 caracteres

turnitin Página 1 de 50 - Portada Identificador de la entrega trn:oid:::15388:642926689

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
1% Publicaciones
3% 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.