

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS
Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma



TESIS

Caracterización agromorfológica de accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao*) colectado en la cuenca del río Morona, Provincia del Datem del Marañón

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

PRESENTADO POR:

Bach. Carlos Daniel Chu Altamirano
(ORCID: 0000-0003-2535-7543)

ASESOR:

PhD. Enrique Arévalo Gardini
(ORCID: 0000-0002-1725-6788)

CO-ASESOR:

Dr. Juan Carlos Tuesta Hidalgo
(ORCID: 0000-0002-2959-1129)

Yurimaguas - Perú
2026

MDJ-02. DECLARACIÓN DE AUTORÍA

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

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **"Caracterización agromorfológica de accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao*) colectado en la cuenca del río Morona, Provincia del Datem del Marañón"**, constituye la memoria que presenta el Bachiller Carlos Daniel Chu Altamirano para aspirar al título profesional de Ingeniero Agrónomo, ha sido realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Yurimaguas, a los 02 Días del mes de julio del año 2026.



PhD. Enrique Arévalo Gardini

Asesor

**“Caracterización agromorfológica de accesiones de cacao silvestre
(*Theobroma cacao*) colectado en la cuenca del río Morona,
Provincia del Datem del Marañón”**

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo

JURADO CALIFICADOR



Dr. Beto Pashanasi Amasifuén
Presidente



Dra. Magaly Alejandra Brousett Minaya
Miembro



Dr. Juan Daniel Villacis Fajardo
Miembro



Ph.D. Erique Arévalo Gardini
Asesor

Yurimaguas, 02 de Julio del 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA

TESIS

Caracterización agromorfológica de accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao*) colectado en la cuenca del río Morona, Provincia del Datem del Marañón

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo

PRESENTADO POR:

Bach. Carlos Daniel Chu Altamirano

ASESOR:

PhD. Enrique Arévalo Gardini

CO-ASESOR:

Dr. Juan Carlos Tuesta Hidalgo

**Yurimaguas - Perú
2026**

DEDICATORIA

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por guiarme con su luz en cada etapa de este camino académico y personal.

A mis padres, por su amor incondicional, su esfuerzo y el ejemplo de perseverancia que me motivan a superarme cada día.

A mis hermanos, por su apoyo constante y por ser inspiración de compromiso y unidad familiar.

Con gratitud profunda, dedico este logro a quienes me enseñaron que la disciplina y la fe son la base de toda cosecha duradera.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas (UNAAA) por acogerme en su seno académico y brindarme una formación científica integral, basada en valores, investigación y compromiso con el desarrollo sostenible de nuestra Amazonía.

Mi reconocimiento a los docentes de la Facultad de Ingeniería y de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, quienes, con su ejemplo, exigencia y orientación, contribuyeron de manera decisiva a mi formación profesional y humana.

Extiendo un agradecimiento especial a mi asesor de tesis, PhD. Enrique Arévalo Gardini, por su guía constante, orientación técnica y apoyo académico durante todo el desarrollo de la investigación, así como a mi coasesor, Dr. Juan Carlos Tuesta Hidalgo, por sus valiosos aportes, dedicación y acompañamiento en la ejecución experimental y el análisis de resultados.

Agradezco al Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) por el respaldo logístico, técnico y científico que hizo posible la caracterización agromorfológica de las accesiones de cacao silvestre del río Morona, así como a los investigadores y técnicos que colaboraron en la colecta y evaluación del material genético.

Expreso mi más sincero reconocimiento a mis jurados evaluadores, Dr. Beto Pashanasi Amasifuén, Dra. Magaly Alejandra Brousett Minaya y Dr. Juan Daniel Villacis Fajardo, por su valiosa guía, tiempo dedicado y contribución fundamental al desarrollo de mi tesis.

Asimismo, mi eterna gratitud a mi familia, en especial a mi abuelita Francisca, mi mamá Gladys y mis hermanos Gabriel y Amelia, por su apoyo incondicional y constante aliento, que fueron clave para alcanzar este logro con responsabilidad y esfuerzo.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo caracterizar agromorfológicamente 17 accesiones silvestres de cacao colectadas en la cuenca del río Morona, provincia de Datem del Marañón. Se evaluaron descriptores cualitativos y cuantitativos de planta, hoja, flor, mazorca y semilla, aplicando estadística descriptiva, la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$), análisis de correlación y agrupamiento jerárquico. Los resultados evidenciaron uniformidad en el hábito de crecimiento erecto y variabilidad significativa en el vigor vegetativo, con alturas de planta entre 1.49 y 3.45 m. Las hojas presentaron forma ovada, con longitudes entre 25.78 y 39.78 cm. En la flor, se registraron hasta 56 cojines florales por metro y 30 óvulos por ovario, indicando alto potencial reproductivo. Solo 10 accesiones produjeron frutos, con mazorcas ovaladas, pesos entre 203.2 y 860.7 g e índices de mazorca entre 14 y 43. En semilla predominó el cotiledón púrpura oscuro (60 %). El análisis multivariado permitió identificar dos grupos fenotípicos diferenciados por su vigor y desempeño reproductivo. Se concluye que existe alta variabilidad estructural en el germoplasma evaluado, lo que resalta su valor como recurso genético estratégico para programas de conservación y mejoramiento del cacao amazónico.

Palabras clave: Variabilidad, Germoplasma, Morfología, Diversidad, Conservación.

ABSTRACT

This study aimed to agromorphologically characterize 17 wild cacao accessions collected from the Morona River basin, in the Datem del Marañón province. Qualitative and quantitative descriptors of plant, leaf, flower, pod, and seed were evaluated using descriptive statistics, Scott & Knott multiple comparison test ($p = 0.05$), correlation analysis, and hierarchical clustering. The results showed uniformity in erect growth habit and significant variability in vegetative vigor, with plant heights ranging from 1.49 to 3.45 m. Leaves were ovate, with lengths between 25.78 and 39.78 cm. In flowers, up to 56 floral cushions per meter and 30 ovules per ovary were recorded, indicating high reproductive potential. Only 10 accessions produced fruits, with oval pods weighing between 203.2 and 860.7 g and pod index values ranging from 14 to 43. Seeds were predominantly dark purple (60%). Multivariate analysis identified two phenotypic groups differentiated by vegetative vigor and reproductive performance. It is concluded that the evaluated germplasm exhibits high structural variability, highlighting its value as a strategic genetic resource for conservation and breeding programs of Amazonian cacao.

Keywords: Variability, Germplasm, Morphology, Diversity, Conservation.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una de las especies tropicales más valiosas de la Amazonía y del mundo, tanto por su relevancia económica como por su riqueza genética y cultural. Originario de los bosques húmedos de Sudamérica, su domesticación y su posterior expansión dio lugar a una gran diversidad de genotipos, muchos de los cuales aún se conservan en poblaciones silvestres (Motamayor et al., 2008; Bartley, 2005). El cacao representa un cultivo estratégico para la economía rural y una fuente de productos de alto valor agregado, en los que la calidad sensorial y el origen genético adquieren importancia creciente en los mercados especializados (García, 2008).

La Amazonía peruana constituye uno de los principales reservorios de diversidad genética del cacao, especialmente en las cuencas del río Santiago, Morona, Marañón y Huallaga, donde se encuentran poblaciones silvestres con rasgos morfológicos y productivos de notable variabilidad (Paredes, 2020; Vásquez, 2024). Estos genotipos silvestres, adaptados a condiciones ecológicas complejas, poseen características únicas de vigor, arquitectura, forma de mazorca y composición del grano, que los convierten en materiales estratégicos para programas de mejoramiento y conservación. Sin embargo, la pérdida progresiva de hábitats y la sustitución de materiales nativos por clones comerciales amenazan la integridad genética (García, 2008; Bartra, 2009).

En este contexto, la caracterización agromorfológica se consolida como una herramienta clave para describir y valorar la variabilidad de los recursos genéticos del cacao amazónico (Wadsworth et al., 1997; Restrepo & Urrego, 2018). El estudio analiza diecisiete accesiones silvestres colectadas en la cuenca del río Morona, con el propósito de documentar su diversidad fenotípica e identificar materiales promisorios para la conservación y el mejoramiento genético del cacao fino de aroma del Perú.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN	vi
ÍNDICE	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.....	13
1.3.1. Problema general	13
1.3.2. Problemas específicos.....	13
1.4. Formulación de objetivos	13
1.4.1. Objetivo general	13
1.4.2. Objetivos específicos	13
1.5. Justificación de la investigación.....	14
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes de estudio	16
2.2. Bases teóricas	22
2.3. Definición de términos básicos	24
2.4. Formulación de hipótesis.....	25
2.5. Identificación de variables.....	26

2.6. Operacionalización de variables.....	28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	32
3.1. Tipo de investigación	32
3.2. Nivel de investigación	32
3.3. Métodos de investigación	32
3.4. Diseño de investigación.....	33
3.5. Población y muestra	33
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos	41
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	42
3.9. Tratamiento estadístico.....	42
3.10. Orientación ética, filosófica y epistemológica	43
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	44
4.1. presentación de análisis	44
4.2. Discusión de resultados	62
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
ANEXOS	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensión de planta.....	29
Tabla 2. Dimensión de hoja.....	29
Tabla 3. Dimensión de flor.....	30
Tabla 4. Dimensión de mazorca.....	30
Tabla 5. Dimensión de semilla.....	31
Tabla 6. Localización geográfica de las accesiones silvestres de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>)	34
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la planta.....	45
Tabla 8. Características cualitativas de la planta.....	45
Tabla 9. Medias por accesión de caracteres de la planta y comparación múltiple	46
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la hoja.....	48
Tabla 11. Características cualitativas de la hoja.....	48
Tabla 12. Medias por accesión de caracteres de la hoja y comparación múltiple.....	49
Tabla 13. Estadísticos descriptivos de la mazorca	51
Tabla 14. Características cualitativas de la mazorca.....	52
Tabla 15. Medias por accesión de caracteres de la mazorca y comparación múltiple	53
Tabla 16. Estadísticos descriptivos de la semilla	55
Tabla 17. Características cualitativas de la semilla.....	56
Tabla 18. Medias por accesión de caracteres de la semilla y comparación múltiple	57
Tabla 19. Estadísticos descriptivos de la flor.....	58
Tabla 20. Características cualitativas de la flor.....	59
Tabla 21. Medias por accesión de caracteres de la flor y comparación múltiple.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. A. Ubicación de 17 accesiones de cacao y B. Ubicación del Banco de Germoplasma	35
Figura 2. Descriptores morfológicos de tipo de fruto	40
Figura 3. Descriptores morfológicos del ápice de fruto	39
Figura 4. Índice de mazorca (IM).....	54
Figura 5. Peso de semillas con pulpa/mucílago (g).....	54
Figura 6. Índice de semilla (IS).....	57
Figura 7. Dendrograma jerárquico (Ward.D2), con corte $k = 2$	61

CAPÍTULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Las características agromorfológicas, tanto cuantitativas como cualitativas, constituyeron herramientas fundamentales para diferenciar variedades o genotipos de un cultivo en particular; en este caso, el cacao (*Theobroma cacao* L.). La caracterización de la gran diversidad existente en el Perú resultó indispensable para identificar los materiales genéticos y establecer la base de programas de mejoramiento orientados a obtener genotipos superiores en producción y calidad, contribuyendo así a la sostenibilidad del recurso (Bartley, 2005; Motamayor *et al.*, 2008).

El material genético procedente de colectas realizadas en la Amazonía estuvo en riesgo de perderse debido a la falta de un manejo adecuado y de una caracterización sistemática de cada acceso, lo que conllevó a la pérdida de sus características fenotípicas propias (FAO, 2013).

En los últimos años, la demanda de nuevos genotipos que manifiesten características agronómicas sobresalientes se incrementó, ya que estos permitieron mejorar la agricultura a gran escala y, a la vez, facilitaron la evaluación de los impactos del cambio climático, fenómeno que generaba amenazas constantes para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola (Lozano *et al.*, 2021).

El problema radicó en que, pese a la existencia de variabilidad fenotípica en diecisiete accesiones de cacao silvestre colectadas en la cuenca del río Morona, provincia del Datem del Marañón, región Loreto, no se conocían sus características. Esta falta de información limitaba la comprensión de su productividad, de sus procesos de desarrollo y de su potencial de uso en los sistemas agrícolas e industriales.

Desde el año 2008, el Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) ha realizado colectas de cacao silvestre en diferentes zonas de la Amazonía peruana. Los primeros estudios confirmaron una alta variabilidad genética, lo que reforzó la hipótesis de que el Perú podría ser uno de los centros de origen del cacao a nivel mundial. El desconocimiento de la variabilidad de estas accesiones conllevó a rendimientos menores, una baja calidad genética y el desaprovechamiento de un material de gran valor para futuros programas de fitomejoramiento. Bajo estas condiciones, la investigación se justificó en la necesidad de caracterizar estos materiales, con el propósito de contribuir al fortalecimiento de la actividad cacaotera local, mejorar los ingresos de los agricultores e incidir positivamente en su calidad de vida.

1.2. Delimitación de la investigación

La investigación se desarrolló en el banco de germoplasma de cacao silvestre del Instituto de Cultivos Tropicales, en la Estación Experimental Amazonian Collection, “El Choclino” ubicado a 4 km de la Banda de Shilcayo, en la región San Martín-Tarapoto. Este banco conservó más de 500 accesiones de cacao recolectadas en distintas expediciones desde el año 2008.

El estudio se delimitó a 17 accesiones procedentes de la cuenca del río Morona, en la provincia del Datem del Marañón, en la región Loreto. Las evaluaciones se circunscribieron a características agromorfológicas de planta, hoja, flor, mazorca y semilla, sin incluir estudios

moleculares ni análisis organolépticos de las almendras, que podrán ser objeto de futuras investigaciones.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la variabilidad agromorfológica de las accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.) colectadas en la cuenca del río Morona, provincia del Datem del Marañón, Loreto, Perú?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las características morfológicas cualitativas de las accesiones de cacao silvestre evaluadas?
2. ¿Qué variabilidad cuantitativa presentan los caracteres morfológicos en planta, hoja, flor, mazorca y semilla?
3. ¿Cómo se agrupan las accesiones evaluadas según similitud agromorfológica?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Caracterizar agromorfológicamente las accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.) colectadas en la cuenca del río Morona, provincia del Datem del Marañón, Loreto, Perú.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Describir las características morfológicas cuantitativas y cualitativas de las accesiones de cacao silvestre.
2. Evaluar la variabilidad cuantitativa de los descriptores morfológicos en las accesiones estudiadas.

3. Agrupar las accesiones de cacao silvestre mediante análisis multivariado en función de sus descriptores agromorfológicos.

1.5. Justificación de la investigación

Las poblaciones naturales de cacao en el Perú formaron parte de un repositorio de variabilidad genética considerado estratégico para los programas de mejoramiento (Motamayor et al., 2008; Bartley, 2005). Estos recursos genéticos constituyeron la base para generar variedades más productivas, adaptadas a las condiciones edafoclimáticas locales y resistentes a plagas y enfermedades (García, 2008; Vásquez García, 2024).

Las caracterizaciones fenotípicas in situ del germoplasma de cacao permitieron evaluar si las plantas conservaban sus características morfológicas (frutos, semillas, hojas y flores), su arquitectura, su nivel de autoincompatibilidad y su potencial productivo (Wadsworth et al., 1997; Restrepo y Urrego, 2018).

La descripción agromorfológica de las accesiones silvestres fue un aporte significativo, al generar información que permitió identificar materiales prometedores para su incorporación en programas de fitomejoramiento (Paredes Meneses, 2020; Soto Amacifuen, 2019). De esta manera, se amplió la base genética del cultivo, incorporando atributos de interés como la resistencia a factores bióticos y abióticos, la alta productividad y cualidades organolépticas valoradas en el mercado (Bartley, 2005; Quiñones et al., 2018).

Desde el punto de vista social, económico y cultural, el cacao representó un cultivo de gran impacto, al constituir una fuente de empleo e ingresos para miles de familias amazónicas (García, 2008; INEI, 2022). El Perú, reconocido por la calidad de sus cacaos finos de aroma, encontró en la caracterización de sus recursos silvestres una estrategia para preservar y valorizar su patrimonio genético (Quiñones et al., 2018; Vásquez García, 2024).

En el plano teórico, este estudio enriqueció el conocimiento científico sobre la biodiversidad del cacao amazónico; en lo práctico, proporcionó información útil para el manejo y la producción de este cultivo; y en lo metodológico, estableció un procedimiento replicable de evaluación agromorfológica en condiciones amazónicas, que podrá aplicarse en futuras investigaciones (Bartra, 2009; Restrepo y Urrego, 2018).

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Arévalo Gardini et al. (2025) realizó el estudio titulado “Diversidad fenotípica del cacao silvestre en el mayor banco de germoplasma del Perú: nuevas perspectivas para el mejoramiento y la conservación”, desarrollado en el banco de germoplasma del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), Tarapoto, Perú, con el objetivo de caracterizar la variabilidad morfoagronómica de poblaciones silvestres de *Theobroma cacao L.* y generar información estratégica para programas de conservación y mejoramiento genético. La investigación evaluó 511 accesiones silvestres, recolectadas entre 2008 y 2015 en 18 cuencas hidrográficas de la Amazonía peruana, mediante 27 descriptores cuantitativos de hoja, fruto, semilla y flor, aplicando estadística descriptiva, análisis de varianza, análisis de componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados jerárquicos (Ward con distancia de Gower). Los resultados evidenciaron alta variabilidad fenotípica ($CV > 10 \%$) en la mayoría de los caracteres, con diferencias significativas entre accesiones para casi todos los descriptores, excepto el peso de fruto; el índice de semilla varió entre 0.80 - 1.64 g, el índice de mazorca entre 16.4 - 43.6 frutos kg^{-1} , y el número de óvulos por ovario alcanzó valores superiores a 30, reflejando un elevado potencial reproductivo. El ACP explicó 72.3 % de la variación total, identificando como variables más discriminantes la relación longitud/diámetro del fruto, profundidad de surco, espesor de cáscara, dimensiones de semilla, longitud del pétalo y número de óvulos por ovario, mientras que el análisis de conglomerados definió cinco grupos

fenotípicos, parcialmente asociados al origen geográfico. Destacó la cuenca del río Morona por concentrar accesiones con frutos más alargados, mayor profundidad de surcos, semillas de mayor tamaño y mayor número de óvulos, confirmando que el cacao silvestre amazónico peruano constituye un acervo genético altamente diverso, estructurado y competitivo, con atributos morfológicos y reproductivos comparables o superiores a materiales cultivados, y de alto valor para la conservación *in situ*, la selección clonal y el mejoramiento genético orientado a productividad, calidad y adaptación ambiental.

Arroyo Unchupaico (2022) desarrolló la investigación titulada “Identificación y caracterización morfológica de 42 árboles promisorios de cacao (*Theobroma cacao* L.) provenientes de fincas de socios de la Cooperativa Agraria Cafetalera Pangoa”, ejecutada en el distrito de San Martín de Pangoa, provincia de Satipo, región Junín – Perú, con el objetivo de identificar y caracterizar morfológica y agronómicamente híbridos promisorios de cacao para su uso en programas de mejoramiento y conservación. La metodología comprendió la evaluación de 42 árboles mediante 26 descriptores morfológicos y nueve variables productivas (peso de mazorca – PM, peso de fruto – PF, peso de semillas – PSS, número de semillas por mazorca – NSM, índice de mazorca – IM, peso de 100 semillas – PP100, número de mazorcas sanas – NMS, mazorcas manchadas – NMm y mazorcas enfermas – NMeb). Los datos se analizaron mediante análisis de componentes principales (ACP) y de conglomerados jerárquicos (Ward) en el software Infostat 2020, utilizando 10 frutos por planta y los descriptores morfológicos de Soria & Enríquez 1997 y de Wood & Lass 2001. Los resultados mostraron que el 66.7 % de los híbridos presentó color verde (inmaduro) a amarillo (maduro) y el 33.3 % violeta; el 69.05 % de frutos fue de forma elíptica, con ápice dentado en 35.71 %, rugosidad ligera en 45.24 % y ausencia de constricción basal en 64.29 %. En caracteres productivos, se registraron valores máximos de PM = 1137 g, PF = 232 g, NSM = 57, IM = 42.64, PP100 = 8.12 kg y NMS = 163, destacando los genotipos

PANGO19-05, PANGO19-34 y PANGO19-35 por su alto peso de mazorca y potencial de rendimiento. El ACP explicó el 67.3 % de la variación total (CP1 = 50.9 %; CP2 = 16.4 %), mientras que el análisis de conglomerados definió cinco grupos; el grupo 5 (12 híbridos) concentró los mayores pesos de mazorca y mejor sanidad. En conclusión, se evidenció una amplia diversidad fenotípica entre los híbridos evaluados, con correlaciones significativas entre los componentes de rendimiento, por lo que se recomienda conservar y propagar los genotipos superiores identificados.

Vásquez García (2024) desarrolló la tesis titulada “Caracterización agromorfológica de genotipos de *Theobroma cacao* L. cacao elite, como estrategia de conservación genética bajo condiciones de trópico seco, Utcubamba, Amazonas, Perú”, presentada en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG), con el objetivo de caracterizar y seleccionar genotipos elite de cacao conservados en el Banco de Germoplasma del INIA – Estación Experimental Agraria Amazonas (Huarangopampa), como estrategia de conservación genética ex situ. La metodología comprendió la evaluación de 113 accesiones de cacao con nueve repeticiones cada una (1,017 árboles), utilizando 27 Descriptores morfológicos agrupados en cinco categorías (árbol, hoja, flor, fruto y semilla), aplicando fichas de descriptores del IPGRI, López et al. (2018), García (2010) y Restrepo & Urrego (2018). Los datos fueron analizados mediante el análisis de conglomerados (Ward) y la distancia de Gower, complementados con el análisis de correspondencias múltiples (ACM) y ANOVA para variables cuantitativas. Los resultados permitieron clasificar las accesiones en cinco grupos morfológicos, se explicó una varianza del 72.1 %, demostrando amplia diversidad intraespecífica. El grupo 1 presentó árboles vigorosos con un índice de mazorca de 19.27; el grupo 2, arquitectura erecta, semillas moradas y índice de 20.07; el grupo 3, vigor alto pero menor índice (18.77); el grupo 4, semillas blancas y mayor índice (22.11); y el grupo 5, vigor intermedio con índice de 21.3. Además, el análisis de varianza evidenció

diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los grupos en variables como longitud de hoja (31.85 – 33.96 cm), peso de fruto (654.8 – 857.6 g), y número de semillas por fruto (36 - 40). En conclusión, el banco de germoplasma del INIA Amazonas presenta una amplia variabilidad fenotípica, útil para programas de mejoramiento genético, y se recomienda priorizar las accesiones con semillas blancas y altos índices de mazorca para la conservación y producción de cacao fino de aroma.

Paredes Meneses (2020) en su investigación “Caracterización morfológica del banco de germoplasma de cacao nativo (*Theobroma cacao* L.) del INIA Loreto – Perú”, presentada en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), Iquitos, con el objetivo de evaluar la variabilidad fenotípica y establecer la caracterización morfológica de los cacaos nativos conservados en el Banco de Germoplasma del INIA – Estación Experimental San Roque, Loreto. La metodología se basó en el uso de 50 accesiones de cacao nativo, cada una con tres repeticiones, evaluadas mediante 34 descriptores morfológicos del catálogo internacional del IPGRI (planta, hoja, flor, fruto y semilla), mediante observaciones directas y mediciones de campo. Los resultados revelaron una alta variabilidad en características cuantitativas, destacando que la longitud de hoja varió entre 19.5 - 31.7 cm, la longitud de fruto entre 12.8 - 24.4 cm, el número de semillas por fruto entre 28 - 46, y el peso de 100 semillas entre 88 - 156 g.. Asimismo, los análisis de conglomerados agruparon las accesiones en cuatro grupos principales, explicando el 72.1 % de la variación total, con diferenciación marcada por la forma del fruto, el color de los cotiledones y el número de semillas por mazorca. En conclusión, el Banco de Germoplasma de Cacao Nativo del INIA Loreto conserva una amplia diversidad morfológica, constituyendo una fuente genética estratégica para programas de mejoramiento, conservación y selección de materiales con potencial productivo y de calidad en la Amazonía peruana.

Soto Amacifuen (2019) en su trabajo “Caracterización morfológica de 28 accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.) de las cuencas Santiago y Morona – Alto Amazonas”, con el objetivo de evaluar la variabilidad fenotípica de accesiones silvestres provenientes de los ríos Santiago y Morona (provincia Alto Amazonas, Loreto). La metodología consideró 28 accesiones evaluadas mediante 32 descriptores morfológicos (árbol, hoja, flor, fruto y semilla) y aplicó análisis multivariados (PCA y conglomerados). Los resultados mostraron una alta diversidad morfológica: la longitud de la hoja varió aprox. entre 20.5–31.2 cm, la longitud de fruto entre 13.4–21.8 cm, el número de semillas por fruto entre 30–44 y el peso de 100 semillas entre 98–155 g; el análisis agrupó las accesiones en dos clústeres principales, con una varianza explicada cercana al 71.8 %, diferenciados por la forma y la superficie del fruto (elíptico/oblonga; rugosa/lisa), el color de madurez y el tamaño de semilla. En conclusión, se evidenció una marcada diversidad fenotípica, útil para la conservación in situ y ex situ y para programas de mejoramiento en cacaos amazónicos.

Quiñones, et al. (2018) en su trabajo “Identificación, georreferenciación y caracterización morfológica de árboles superiores de *Theobroma cacao* L. 1753 cultivar Cacao Blanco de Piura, Perú”, con el propósito de identificar, georreferenciar y caracterizar morfológicamente árboles superiores del cacao blanco fino de aroma en las provincias de Morropón y Huancabamba, región Piura – Perú, con potencial productivo y de exportación. La metodología incluyó la participación de productores locales, la georreferenciación con GPS Garmin Montana 600 y la evaluación morfológica de 16 árboles de élite, seleccionados de un total de 43 preevaluados, mediante descriptores cualitativos y cuantitativos de hojas, flores, frutos y semillas, según manuales del MINAG (2012) y García (2010). Los resultados mostraron una notable variabilidad en los parámetros productivos: el número de frutos por árbol osciló entre 52 - 197, el número de semillas por fruto entre 40 - 45, el peso seco de semilla entre 1.25 - 2.00 g, el índice de mazorca entre 11.1 - 19.7, y la producción estimada

entre 4.0 - 12.4 kg por árbol. Los frutos se caracterizaron por ser oblongos u ovoides, con constricción basal ligera, color verde en estado inmaduro y amarillo en madurez, mientras que las semillas fueron 100 % blancas o rosadas en la misma mazorca. En conclusión, una alta pureza genética y diversidad morfológica del Cacao Blanco de Piura, destacando su potencial para la conservación in situ y clonal in vitro, y su valor como recurso genético único para la producción de cacao fino de aroma con denominación de origen.

Ballesteros (2011), en su investigación “Caracterización morfológica de árboles élite de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el municipio de Tumaco, Nariño – Colombia”, ejecutado entre los años 2008 - 2010 por la Universidad de Nariño en colaboración con Corpoica y Fedecacao, con el objetivo de identificar y describir la variabilidad morfológica de 102 árboles élite seleccionados por su productividad, calidad y resistencia a enfermedades. La metodología se basó en la aplicación de 36 descriptores morfológicos del International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), agrupados en cinco categorías (árbol, hoja, flor, fruto y semilla). Se midieron variables cuantitativas como longitud de fruto (12.4 – 25.6 cm), número de semillas por mazorca (28 – 55), peso de 100 semillas (85 – 145 g) y grosor de cáscara (0.7 – 1.5 cm), además de variables cualitativas como forma de fruto, rugosidad y color del cotiledón. Los resultados revelaron una amplia diversidad fenotípica entre los árboles élite, con predominio de frutos elípticos (52 %), ápice agudo (37 %) y color maduro amarillo (64 %). El análisis de conglomerados agrupó los genotipos en cinco grupos principales, explicando un 72.3 % de la variabilidad total. El grupo 1 se caracterizó por frutos grandes y alto número de semillas; el grupo 3, por semillas grandes y cotiledones blancos, y el grupo 5, por frutos pequeños y alto peso de cáscara. En conclusión, los materiales élite de Tumaco presentan alta variabilidad morfológica y productiva, lo cual constituye una base genética valiosa para programas de selección, conservación y mejoramiento de cacao fino de aroma en Colombia.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El género *Theobroma*

La especie *Theobroma cacao* L. utilizada comercialmente para la producción de chocolate, pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia Byttnerioideae, según la clasificación filogenética APG IV (Angiosperm Phylogeny Group, 2016). Esta familia agrupa a los géneros *Herrania*, *Guazuma*, *Cola* y *Theobroma*, entre otros. El género *Theobroma* se originó en América del Sur, probablemente en la cuenca amazónica, y se distribuye de manera natural en bosques húmedos tropicales comprendidos entre los 18° N y 15° S, es decir, desde el sur de México hasta los límites de la Amazonía (Sánchez y Jaffé, 1992).

A nivel global, el género *Theobroma* comprende 22 especies reconocidas, todas adaptadas a hábitats neotropicales húmedos (Cuatrecasas, 1964; Bartley, 2005). De ellas, *T. cacao* es de mayor importancia económica y cultural, cultivada ampliamente desde tiempos precolombinos en Mesoamérica. Aunque su domesticación se asocia con esa región, los estudios filogeográficos recientes indican que su origen y diversificación primaria ocurrieron en la Amazonía, desde donde se dispersó naturalmente hacia Centroamérica y México (Baudilio y Cumana, 2005; Motamayor et al., 2008).

Entre las especies del género se destacan: *T. bicolor*, *T. speciosum*, *T. glaucum*, *T. sylvestre*, *T. velutinum*, *T. bernouillii*, *T. grandiflorum*, *T. hilaum*, *T. nemorale*, *T. cirmolinae*, *T. stipulatum*, *T. chocoense*, *T. angustifolium*, *T. simiarum*, *T. sinuosum*, *T. canumanense*, *T. gileri*, *T. microcarpum*, *T. mammosum* y *T. cacao*.

2.2.2. Tipos de cacao

Motamayor et al. (2008) diferenciaron el cacao en diez grupos genéticos: Amelonado, Criollo, Curaray, Guiana, Iquitos, Maraón, Nacional, Nanay y Purús. Esta clasificación ofreció a los agricultores una visión más precisa de la diversidad genética, superando la división tradicional en Criollo, Forastero y Trinitario.

El cacao Criollo, la variedad más rara y apreciada, representó cerca del 1% de la producción mundial debido a su susceptibilidad a enfermedades. Su chocolate se caracterizó por sabores delicados, florales y frutales, con gran aceptación en mercados gourmet (Valle, 2012).

El cacao Forastero, originario de la Amazonía, llegó a representar cerca del 90% de la producción mundial. Sus frutos amarillos y redondeados, aunque más amargos, fueron preferidos por su rusticidad y resistencia. Entre sus subtipos se incluyen Cundeamor, Calabacillo y Amelonado; además, el subtipo ecuatoriano Arriba es reconocido por su calidad fina (Sodré, 2017).

El cacao trinitario surgió del cruce entre Criollo y Forastero tras un evento natural ocurrido en Trinidad en 1727. Esta variedad combinó resistencia a enfermedades con cualidades organolépticas finas, lo que la posicionó como material de gran valor en la industria chocolatera (Valle, 2012).

2.2.3. Cultivo de cacao en el Perú

La producción nacional de cacao mantiene una tendencia creciente y sostenida. Durante el periodo enero–noviembre de 2025, la producción de cacao en grano registró un incremento de 9,8 % respecto al mismo periodo del año anterior, destacando el aumento productivo en la región Ucayali (MIDAGRI, 2025). Este desempeño se enmarca en el liderazgo de las regiones de San Martín, Junín, Ucayali, Huánuco y Cusco, que en conjunto concentran cerca del 86 % de la producción nacional, involucrando aproximadamente a 90 000 pequeños productores de la agricultura familiar distribuidos en 16 regiones del país (MIDAGRI, 2025).

2.2.4. Características agronómicas del cacao

El árbol de cacao alcanzó entre 5 y 8 m de altura y un diámetro de copa de 4 a 6 m, aunque en condiciones extractivas pudo llegar a 20 m. Su sistema radicular pivotante penetró

hasta 2 m en suelos profundos y bien aireados, mientras que las raíces secundarias se extendieron lateralmente hasta 6 m, concentrándose en los primeros 30 cm del suelo (Martins et al., 2011).

El tallo fue erecto y vigoroso, inicialmente con corteza lisa, que con los años se tornó áspera por el desarrollo de cojines florales. Las hojas, oblongas y acuminadas, variaron de tonos violetas a verdes oscuros según su madurez (Sampaio, 2013).

El cacao se caracterizó por ser una planta cauliflora, con flores que brotan directamente del tronco y las ramas principales (Ganoza et al., 2012).

2.2.5. Banco de germoplasma y colecciones de cacao silvestre

El germoplasma constituye la base de la variabilidad genética disponible para el mejoramiento vegetal. Se conformó por genotipos silvestres, cultivares nativos y variedades mejoradas sometidas a procesos de selección y adaptación (Ray et al., 2007).

Para su conservación y aprovechamiento, se establecieron bancos de germoplasma que almacenaron, caracterizaron y evaluaron accesiones de cacao, permitiendo identificar materiales con atributos de interés (Carvalho y Quesenberry, 2009).

En el Perú, el Instituto de Cultivos Tropicales creó entre 2008 y 2009 el banco de germoplasma de cacao silvestre Amazonian Collection, en Tarapoto. Allí se conservaron más de 500 accesiones recolectadas en expediciones, las cuales fueron caracterizadas morfológica y molecularmente para seleccionar materiales promisorios que pudieran incorporarse en programas de mejoramiento (Bartra, 2009).

2.3. Definición de términos básicos

Cacao: Árbol tropical de la familia Malvaceae, con hojas perennes y frutos en baya ovoide, de cuyo interior se extraen semillas empleadas en la producción de chocolate (Ferreira, 2013).

Caracteres: Rasgos que permiten distinguir un organismo de otro, asociados a su morfología, fisiología o apariencia (Sodré, 2017).

Edafoclimáticos: Condiciones combinadas de suelo y clima favorables para un cultivo determinado (Ferreira, 2013).

Agronómicos: Conjunto de atributos de interés agrícola que influyen en el rendimiento y productividad en ambientes diversos (Ferreira, 2013).

Genotipos: Variantes genéticas específicas presentes en el genoma de un organismo (Valle, 2012).

Cacao silvestre: Poblaciones de *T. cacao* que crecen de manera natural sin intervención humana (Portugal, 2019).

Fenotipo: Expresión observable de un genotipo en forma de características morfológicas, fisiológicas o bioquímicas (Valle, 2012).

Morfología: Estudio de la forma y estructura de las plantas, tanto en órganos externos como internos (Valle, 2012).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Existe variabilidad significativa en los descriptores agromorfológicos de las accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.) colectadas en la cuenca del río Morona, Loreto, Perú.

2.4.2. Hipótesis específica

1. Las accesiones de cacao silvestre presentan diferencias cuantitativas y cualitativas en los descriptores de planta, hoja, flor, mazorca y semilla.
2. Los descriptores cuantitativos muestran una variabilidad significativa entre las accesiones.

3. El análisis multivariado permite identificar agrupamientos definidos entre las accesiones estudiadas.

2.5. Identificación de variables

Variable de estudio: Caracterización agromorfológica del cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.).

La variable se evaluó a través de cinco dimensiones principales: **planta, hoja, flor, mazorca y semilla**, cada una con sus respectivos Descriptores:

a) Caracteres de la planta

- Forma del árbol (erecto, intermedio o penduloso).
- Color del follaje nuevo (sin pigmentación, con pigmentación).
- Altura de la planta (m).
- Diámetro de la copa (m), medido en los ejes norte-sur y este-oeste.
- Número de frutos a 1 m desde el injerto.
- Diámetro de tallo base (cm).
- Número de ramas (primarias, secundarias y terciarias).
- Vigor de la planta (débil, intermedio, vigoroso).

b) Caracteres de la hoja

- Longitud de la hoja L (cm).
- Ancho de la hoja A (cm).
- Área Total (cm²) calculada mediante el Software ImageJ.
- Longitud desde la base hasta el punto más ancho de la hoja (LBL, cm).
- Longitud del pecíolo (cm).
- Presencia de pulvínulo (si o no).
- Forma de la hoja (ovoide, elíptica u obovada) calculada a partir de la relación L/LBL.

c) Caracteres de la flor

- Número de cojines florales a 1 m desde el injerto.
- Longitud y ancho de sépalo (mm).
- Longitud y ancho de pétalo (mm).
- Longitud de estaminoide (mm).
- Longitud y ancho de ovario (mm).
- Longitud del estilo (mm).
- Número de óvulos por ovario.
- Color del pedúnculo floral (verde, verde con rojo o rojo).
- Color del estaminoide (morado claro u oscuro).

d) Caracteres de la mazorca

- Peso de la mazorca con almendras (g).
- Longitud del fruto (cm).
- Diámetro del fruto (cm).
- Razón longitud/diámetro (L/D).
- Peso de semillas con pulpa (g).
- Forma del fruto (redondeada, ovalada, alargada).
- Rugosidad de la cáscara (lisa, rugosa, muy rugosa), (a. Caballete (cm) (b. En surco (cm)).
- Espesor de la cáscara (cm).
- Profundidad de surco (cm).
- Ancho de surco (cm).
- Número de semillas por mazorca.
- Tipo de fruto (amelonado, cundeamor, angoleta, calabacillo, criollo o pentágono).
- Constricción basal (ausente, suave, intermedia o fuerte).

- Forma del ápice (redondeado, obtuso, agudo, mamilado, atenuado, caudado).
- Superficie de la cáscara (lisa, rugosa o muy rugosa).
- Surcos (superficiales, medios o profundos).
- Color de la mazorca (crema, rojo, verde, amarillo, naranja, púrpura, entre otros, incluyendo combinaciones bicolor).
- Tamaño del fruto (pequeño, mediano, grande).

e) Caracteres de la semilla

- Largo de la semilla (cm).
- Ancho de la semilla (cm).
- Espesor de la semilla (cm).
- Color del cotiledón (blanco, gris, púrpura claro, medio morado, púrpura oscuro o moteado).
- Forma de la semilla en sección longitudinal (oblonga, ovada, elíptica, o irregular).
- Forma de la semilla en sección transversal (aplanada, intermedia o redondeada).

2.6. Operacionalización de variables

Variable de estudio: Caracterización agromorfológica del cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.)

Dimensiones evaluadas: planta, hoja, flor, mazorca y semilla.

Tabla 1. Dimensión de planta

Indicador	Definición operativa	Escala de medición / Codificación	Instrumento
Forma del árbol	Se clasificó el porte por el ángulo de inserción de ramas principales respecto al fuste	Nominal: 1=Erecto ($\leq 90^\circ$); 2=Intermedio ($90-135^\circ$); 3=Penduloso ($>135^\circ$)	Ficha de evaluación, observación directa
Color de follaje nuevo	Se registró la presencia de antocianinas en hojas tiernas	Nominal: 0=Sin pigmentación; 1=Con pigmentación	Ficha de evaluación, observación directa
Altura de planta (m)	Distancia desde la base al ápice de la copa	Numérica continua (m)	Cinta métrica/clinómetro, ficha
Diámetro de copa (m)	Promedio de NS y EO proyectados al suelo	Numérica continua (m)	Cinta métrica, ficha
Número de frutos a 1m desde el injerto	Conteo total de frutos por planta	Numérica discreta (unidades)	Observación directa, ficha
Diámetro basal de tallo (cm)	Medida a 5–10 cm sobre el suelo	Numérica continua (cm)	Forcípula/vernier, ficha
Número de ramas	Conteo de ramas primarias (secundarias y terciarias si aplica)	Numérica discreta (unidades)	Observación directa, ficha
Vigor de planta	Apreciación integral de estado vegetativo	Ordinal: 1=Débil; 2=Intermedio; 3=Vigoroso	Ficha de evaluación, observación directa

Nota. Las escalas nominal y ordinal corresponden a variables categóricas codificadas numéricamente, propias del enfoque cuantitativo, susceptibles de análisis estadístico descriptivo, frecuencias y técnicas multivariadas (Hernández-Sampieri et al., 2014; IPGRI, 2012).

Tabla 2. Dimensión de hoja

Indicador	Definición operativa	Escala / Codificación	Instrumento
Longitud de la hoja (cm)	Base del limbo al ápice	Numérica continua (cm)	Regla 60 cm, ficha
Ancho de la hoja (cm)	Máxima distancia entre márgenes laterales	Numérica continua (cm)	Regla 20 cm, ficha
LBL (cm)	Longitud desde base al punto más ancho	Numérica continua (cm)	Regla 20 cm, ficha
Longitud del pecíolo (cm)	Inserción pecíolo–tallo a base del limbo	Numérica continua (cm)	Regla 20 cm, ficha
Pulvínulo	Constricción/abultamiento en pecíolo	Nominal: 0=Si; 1=No	Observación directa, ficha
Forma de la hoja	Relación L/LBL	Nominal: 1=Ovoide ($L/LBL > 2$); 2=Elíptica (≈ 2); 3=Ovada ($L/LBL < 2$)	Cálculo con mediciones, ficha

Tabla 3. Dimensión de flor

Indicador	Definición operativa	Escala / Codificación	Instrumento
Nº de flores a 1 m desde el injerto	Conteo total de flores por planta	Numérica discreta (unidades)	Observación directa, ficha
Longitud de sépalo (mm)	Base–ápice	Numérica continua (mm)	Estereoscopio + ImageJ, ficha
Ancho de sépalo (mm)	Punto de mayor ancho	Numérica continua (mm)	Estereoscopio + ImageJ
Longitud de pétalo (mm)	Inserción–ápice	Numérica continua (mm)	Estereoscopio + ImageJ
Ancho de pétalo (mm)	Punto de mayor ancho	Numérica continua (mm)	Estereoscopio + ImageJ
Longitud de estaminodios (mm)	Inserción–extremo	Numérica continua (mm)	Estereoscopio + ImageJ
Longitud de ovario (mm)	Base–ápice del ovario	Numérica continua (mm)	Estereoscopio + ImageJ
Ancho de ovario (mm)	Diámetro máximo	Numérica continua (mm)	Estereoscopio + ImageJ
Longitud del estilo (mm)	Desde ápice del ovario al extremo	Numérica continua (mm)	Estereoscopio + ImageJ
Nº de óvulos por ovario	Conteo tras tinción y aplastado	Numérica discreta (unidades)	Técnica Enríquez & López (1985), estereoscopio
Color de pedúnculo	Tono observado	Nominal: 1=Verde; 2=Verde-rojizo; 3=Rojo	Observación directa, ficha
Color de estaminodios	Tono observado	Nominal: 1=Morado claro; 2=Morado oscuro	Observación directa, ficha

Tabla 4. Dimensión de mazorca

Indicador	Definición operativa	Escala / Codificación	Instrumento
Peso de mazorca (g)	Peso fresco total	Numérica continua (g)	Balanza precisión, ficha
Longitud (cm)	Base–ápice	Numérica continua (cm)	Forcípula/vernier
Diámetro (cm)	Diámetro ecuatorial	Numérica continua (cm)	Forcípula/vernier
Relación L/D	Longitud / diámetro	Numérica continua (adimensional)	Cálculo con medidas
Espesor de cáscara (cm)	Mesocarpio en zona media	Numérica continua (cm)	Vernier
Peso mazorca con almendras (g)	Fruto con semillas	Numérica continua (g)	Balanza precisión
Peso semillas con pulpa (g)	Semillas + mucílago	Numérica continua (g)	Balanza precisión
Profundidad de surco (cm)	Borde interno–caballete	Numérica continua (cm)	Vernier/pie de rey

Ancho de surco (cm)	Márgenes del surco	Númerica continua (cm)	Vernier
Rugosidad de cáscara	Grado de protuberancias	Ordinal: 1=Lisa; 2=Rugosa; 3=Muy rugosa	Observación comparativa
Superficie de cáscara	Textura aparente	Ordinal: 1=Lisa; 2=Intermedia; 3=Rugosa	Observación comparativa
Surcos	Profundidad relativa	Nominal: S=Superficiales; M=Medios; P=Profundos	Observación comparativa
Tipo de mazorca	Según descriptor gráfico	Nominal (categorías del descriptor)	Guías Restrepo/Wadsworth
Forma de mazorca	Por L/D	Nominal: 1=Redondeada (<1.5); 2=Ovalada (1.5–3.0); 3=Alargada (>3.0)	Cálculo con medidas
Tamaño de mazorca	Por longitud	Ordinal: 1=Pequeña (<15 cm); 2=Mediana (16–19 cm); 3=Grande (>20 cm)	Forcípula/vernier
Forma del ápice	Morfología apical	Nominal (según descriptor)	Guías Restrepo/Wadsworth
Constricción basal	Estrechamiento peduncular	Ordinal: 0=Ausente; 1=Suave; 2=Intermedia; 3=Fuerte	Observación comparativa
Color de mazorca	Tono y combinaciones	Nominal (C,R,G,Y,O,P,K,L,W,D; combinaciones como OR, RK, YL, etc.)	Carta descriptiva, ficha

Tabla 5. Dimensión de semilla

Indicador	Definición operativa	Escala / Codificación	Instrumento
Nº semillas por mazorca	Conteo total por fruto	Númerica discreta (unidades)	Observación directa, ficha
Peso húmedo (g)	Semillas con mucílago	Númerica continua (g)	Balanza precisión
Longitud de semilla (cm)	Eje mayor	Númerica continua (cm)	Vernier
Diametro de semilla (cm)	Eje transversal	Númerica continua (cm)	Vernier
Espesor de semilla (cm)	Eje dorsoventral	Númerica continua (cm)	Vernier
Color del cotiledón	Tono del cotiledón fresco	Nominal: 1=Blanco; 2=Gris; 3=Púrpura claro; 4=Morado claro; 5=Púrpura oscuro; 6=Moteado	Corte y observación
Sección longitudinal	Silueta en corte longitudinal	Nominal: 0=Oblonga; 1=Elíptica; 2=Ovalada; 3=Irregular	Observación comparativa
Sección transversal	Silueta en corte transversal	Ordinal: 1=Aplanada; 2=Intermedia; 3=Redondeada	Observación comparativa

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación fue básica, porque consistió en registrar, describir y examinar las propiedades agromorfológicas de diecisiete accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.) recolectadas en la cuenca del río Morona. La investigación no manipuló las variables observadas, sino que caracterizó su conducta y variabilidad en condiciones naturales de campo.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue descriptivo-observacional.

3.3. Métodos de investigación

El método científico se empleó como fundamento general, con el apoyo de los métodos descriptivo y comparativo.

- El método descriptivo permitió describir los rasgos cualitativos y cuantitativos de la hoja, la flor, la semilla, el tallo y la mazorca.
- El análisis de las diferencias entre accesiones se ejecutó gracias al método comparativo, lo cual permitió identificar la variabilidad fenotípica y agrupar los materiales con características similares.

- Asimismo, se utilizó el método analítico-sintético para descomponer los caracteres en Descriptores mensurables y luego fusionarlos para analizar su conexión con el potencial genético y productivo de las accesiones.

3.4. Diseño de investigación

El estudio se realizó bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño de campo, no experimental y transversal.

- No es experimental, ya que las variables de estudio no se manipularon intencionalmente, sino que se examinaron en su medio natural.
- Transversal, porque las mediciones se realizaron en un único período de tiempo, lo que permitió obtener una imagen de la variabilidad fenotípica presente.
- De campo, porque las observaciones y anotaciones se realizaron en el banco de germoplasma de cacao silvestre, del Instituto de Cultivos Tropicales, “ El Choclino”.

3.5. Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por 50 accesiones de cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.), correspondientes a la segunda expedición realizada en agosto del año 2009 en la cuenca del río Morona, provincia del Datem del Marañón, región Loreto, y conservadas en el Banco de Germoplasma del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT), en la Estación Experimental Amazonian Collection (La Banda de Shilcayo, San Martín) (Figura 1). De este total, 17 accesiones (34,0 %) constituyeron la muestra de estudio, seleccionadas mediante un muestreo intencional no probabilístico, en función del permiso de acceso y uso del material genético otorgado por la institución responsable de la conservación del germoplasma.

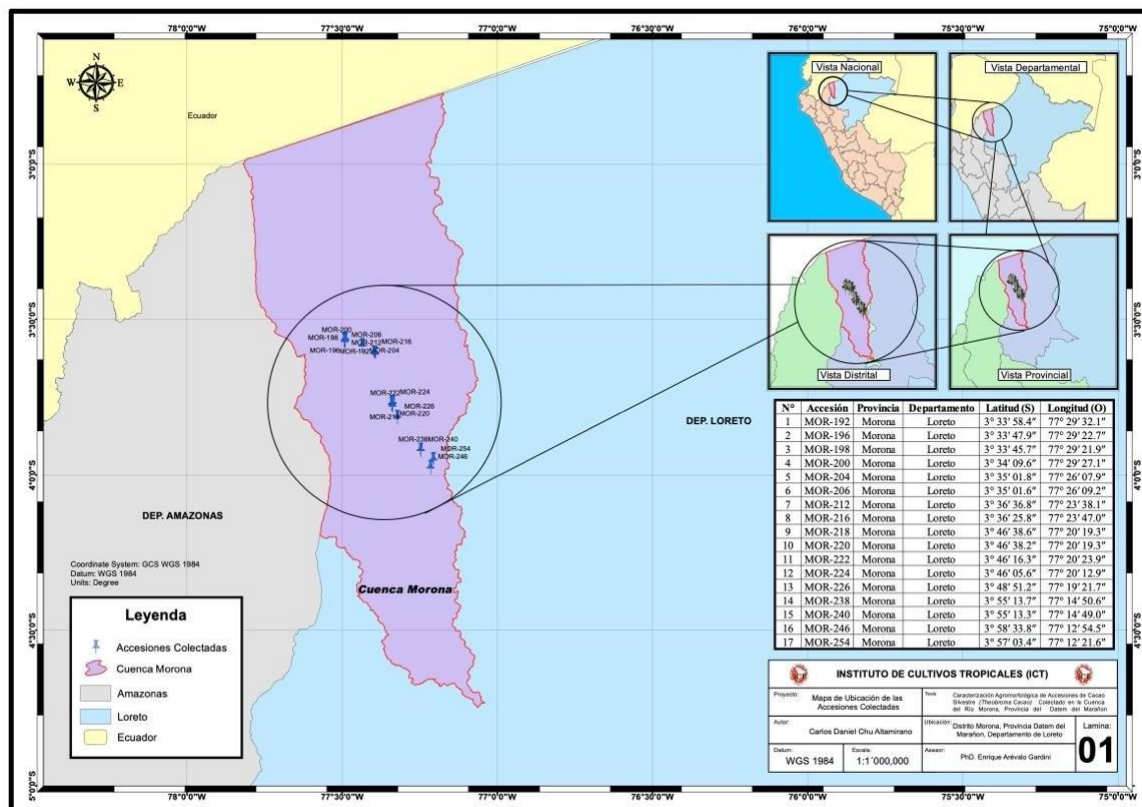
De cada accesión se evaluaron de 1 a 5 plantas (repeticiones), conforme a su disponibilidad y establecimiento en campo, sobre las cuales se registraron los descriptores morfoagronómicos de planta, hoja, flor, mazorca y semilla. Aunque el diseño teórico contemplaba hasta cinco repeticiones por accesión (máximo de 85 plantas), el número efectivo evaluado fue de 57, debido a diferencias en la supervivencia, vigor y disponibilidad de individuos en el banco de germoplasma. A partir de los registros se obtuvo el valor medio por accesión, empleado como unidad de análisis estadístico. La muestra final estuvo conformada por 17 accesiones, equivalentes a 57 plantas, las cuales proporcionaron información consistente para la caracterización agromorfológica del germoplasma silvestre del río Morona (ver Tabla 6).

Tabla 6. Localización geográfica de las accesiones silvestres de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Nº	Accesión	Provincia	Departamento	Latitud (S)	Longitud (O)	Nº de Plantas
1	MOR-192	Morona	Loreto	3° 33' 58.4"	77° 29' 32.1"	5
2	MOR-196	Morona	Loreto	3° 33' 47.9"	77° 29' 22.7"	5
3	MOR-198	Morona	Loreto	3° 33' 45.7"	77° 29' 21.9"	5
4	MOR-200	Morona	Loreto	3° 34' 09.6"	77° 29' 27.1"	3
5	MOR-204	Morona	Loreto	3° 35' 01.8"	77° 26' 07.9"	3
6	MOR-206	Morona	Loreto	3° 35' 01.6"	77° 26' 09.2"	2
7	MOR-212	Morona	Loreto	3° 36' 36.8"	77° 23' 38.1"	3
8	MOR-216	Morona	Loreto	3° 36' 25.8"	77° 23' 47.0"	3
9	MOR-218	Morona	Loreto	3° 46' 38.6"	77° 20' 19.3"	4
10	MOR-220	Morona	Loreto	3° 46' 38.2"	77° 20' 19.3"	2
11	MOR-222	Morona	Loreto	3° 46' 16.3"	77° 20' 23.9"	5
12	MOR-224	Morona	Loreto	3° 46' 05.6"	77° 20' 12.9"	4
13	MOR-226	Morona	Loreto	3° 48' 51.2"	77° 19' 21.7"	4
14	MOR-238	Morona	Loreto	3° 55' 13.7"	77° 14' 50.6"	4
15	MOR-240	Morona	Loreto	3° 55' 13.3"	77° 14' 49.0"	3
16	MOR-246	Morona	Loreto	3° 58' 33.8"	77° 12' 54.5"	1
17	MOR-254	Morona	Loreto	3° 57' 03.4"	77° 12' 21.6"	1

Nota. Las coordenadas geográficas corresponden a los puntos de colecta original de cada accesión en la cuenca del río Morona, registradas en grados, minutos y segundos (GMS), sistema de referencia geográfico WGS84.

A.



B.

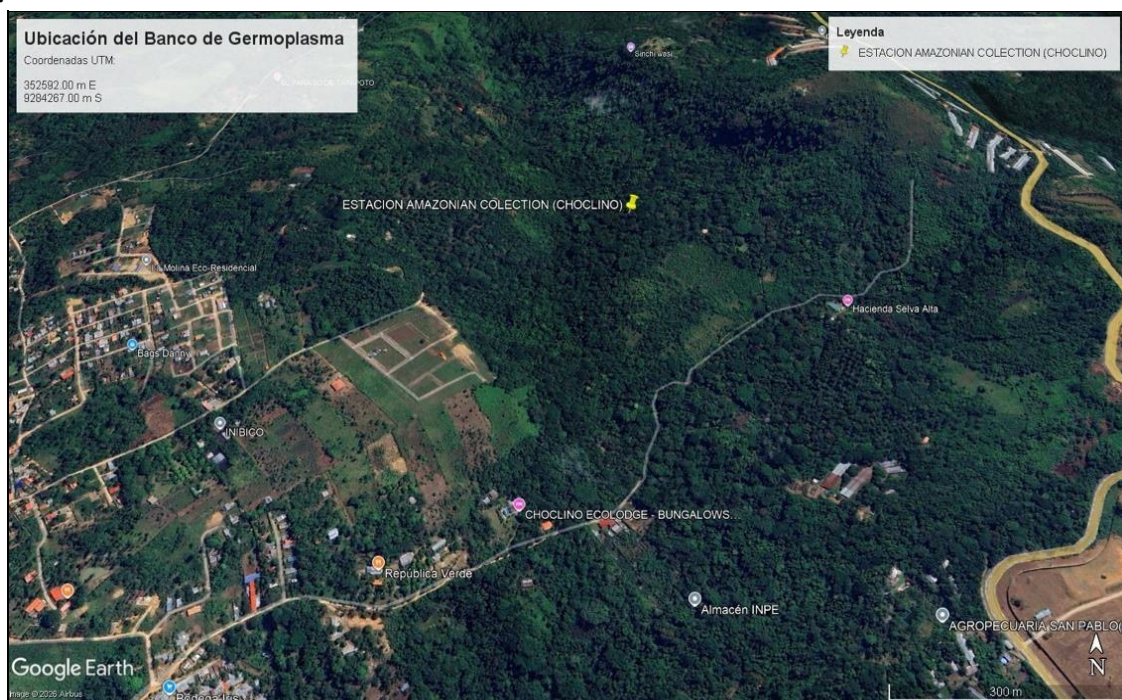


Figura 1. A. Ubicación de 17 accesiones de cacao y B. Ubicación del Banco de Germoplasma

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de observación directa y medición fue efectuada en el campo y el laboratorio; la obtención de datos y la transcripción a las fichas para caracterizar la agromorfología.

Los instrumentos y aparatos que se emplearon fueron:

- Hoja de evaluación morfológica, organizada de acuerdo con los descriptores de mazorca, hoja, flor, planta y semilla (Hoja de Evaluación del ICT).
- Wincha y cinta métrica para medir el diámetro de la copa y altura de la planta.
- Forcípula de madera y vernier (Litz profesional) para medir los diámetros de la mazorca, tallo y semilla.
- Normas de 20 y 60 centímetros para la medición de las hojas.
- Balanza digital y balanza de precisión: para anotar los pesos de las mazorcas y semillas con pulpa.
- Software ImageJ y estereoscopio de 10x (Motic) para el cálculo del área total de la hoja (cm²), y la medición de los órganos de las flores (mm).
- Material de laboratorio como estiletes, tubos de ensayo, placas Petri, tijeras de poda y pinza.
- Cámara digital para captar en fotografías los órganos y las accesiones que se evalúan.

La ficha estuvo estructurada en cinco secciones.

a) Caracteres de la planta

Se evaluaron los atributos morfológicos generales de cada accesión:

- Forma del árbol: se determinó usando una regla transportadora de madera, a partir de la relación entre los ángulos de inserción de las ramas.

Si el ángulo es igual o menor de 90° = Erecto.

1= L/LBL mayor de 2 cm = Ovoide

2 = L/LBL igual a 2 cm= Elíptica

3 = L/LBL menor de 2 cm= Ovada

c) Caracteres de la flor

Se evaluaron mediante observación en estereoscopio y análisis de imágenes en

ImageJ:

- N° de cojines florales a 1 m desde el injerto.
- Longitud y ancho de sépalo (mm).
- Longitud y ancho de pétalo (mm).
- Longitud de estaminodios (mm).
- Longitud y ancho de ovario (mm).
- Longitud del estilo (mm).
- Número de óvulos por ovario se determinó mediante la técnica sugerida por (Enriquez G. y López O., 1985). Se Observó en el Estereoscopio y se estimó.
- Color del pedúnculo floral:

1 = verde	2 = verde-rojizo	3 = rojo
-----------	------------------	----------
- Color de estaminodios:

1 = morado claro	2 = morado oscuro
------------------	-------------------

d) Caracteres de la mazorca

Los descriptores fueron registrados con instrumentos de precisión y escalas gráficas de referencia:

- Peso de mazorca con almendras (g): balanza de precisión.
- Longitud y diámetro del fruto (cm): medidos con forcípula.
- Relación L/D: cociente entre longitud y diámetro.
- Peso de la semilla con pulpa (g).

- Forma del fruto:
 - < 1.5 = redondeada
 - $1.5-3.0$ = ovalada
 - > 3.0 = alargada
- Rugosidad de la cáscara:
 - 0 = lisa
 - 1 = rugosa
 - 2 = muy rugosa
- Caballete (cm).
- En Surco (cm).
- Espesor de cáscara (cm): $\text{Caballete} + \text{En surco} / 2$
- Profundidad del surco (cm). $\text{Caballete} - \text{En surco}$.
- Ancho del surco (cm).
- Número de semillas por mazorca.
- Constricción basal:

0 = ausente	2 = intermedia
1 = suave	3 = fuerte
- Forma del ápice: clasificada según representaciones gráficas:

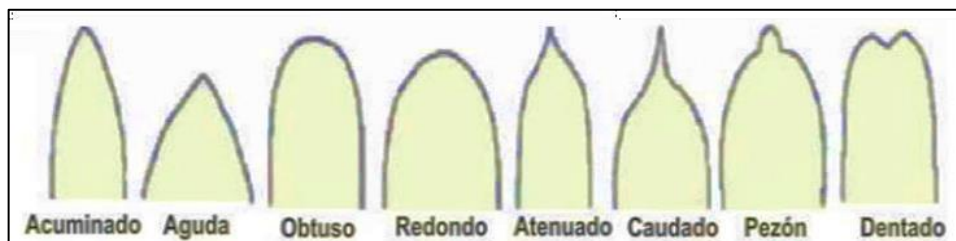


Figura 2. Descriptores morfológicos del ápice de fruto. Fuente: Wadsworth, et al. (1997).

- Tipo de fruto: identificado mediante diagramas de referencia:

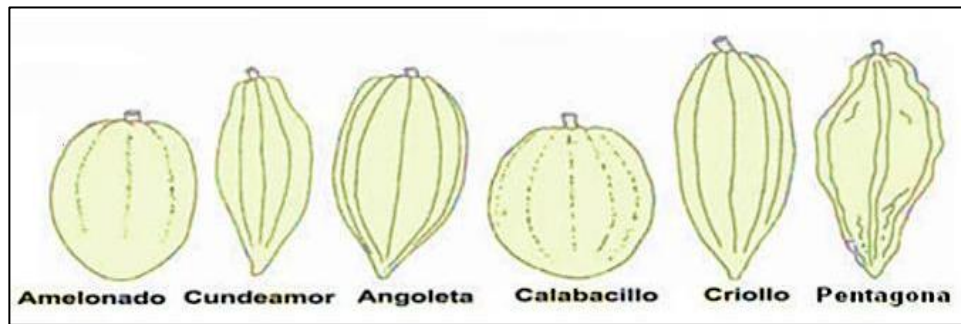


Figura 3. Descriptores morfológicos de tipo de fruto. Fuente: Wadsworth, et al. (1997).

- Superficie de la cáscara: lisa, rugosa o muy rugosa.
- Surcos: superficiales, medios o profundos.
- Color de la mazorca: se consignaron escalas simples y combinadas:

C = Crema

L = Claro

E = Gris

D = Oscuro

G = Verde

I = Intenso

K = Rosa

OR = Naranja rojizo

O = Naranja

RK = Rojo rosa

P = Púrpura

YL = Amarillo Claro

R = Rojo

R + Y = Rojo con franjas amarillas

W = Blanco

Y + O = Amarillo con franjas naranjas

Y = Amarillo

OR + Y = con franjas amarillas

- Tamaño de fruto:

< 15 cm = pequeño

16–19 cm = mediano

> 20 cm = grande

e) Caracteres de la semilla

Finalmente, los atributos de semilla evaluados fueron:

- Dimensiones (cm): longitud, ancho y espesor de semilla (medidos con vernier).
- Color del cotiledón:

1 = blanco	4 = medio morado
2 = gris	5 = púrpura oscura
3 = púrpura claro	6 = moteado.
- Forma longitudinal de la semilla:

0 = oblongo	2 = ovalado
1 = elíptico	3 = irregular
- Forma transversal de la semilla:

1 = aplanada
2 = intermedia
3 = redondeada

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos

Se eligió la Ficha de Evaluación Agromorfológica (Hoja de Evaluación del ICT) debido a su importancia para medir los rasgos de planta, hoja, flor, mazorca y semilla del cacao silvestre. La estructura utilizada se basó en los descriptores propuestos por Restrepo y Urrego (2018) y Wadsworth et al. (1997), reconocidos a nivel global por su trabajo en la caracterización de *Theobroma cacao L.* Esta estructura fue adecuada y actualizada para la presente investigación, incorporando ajustes en algunos descriptores cualitativos y cuantitativos, conforme a las condiciones del banco de germoplasma del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) y a los lineamientos institucionales aplicados en colectas previas en la Amazonía peruana.

La validación del instrumento se efectuó mediante el método de juicio de expertos, en el cual el contenido y la pertinencia de los descriptores fueron evaluados por especialistas del Instituto de Cultivos Tropicales (ICT) con experiencia en caracterización morfoagronómica de *Theobroma cacao*. Adicionalmente, se aplicó una validación por revisión bibliográfica, contrastando los descriptores con los protocolos internacionales del IPGRI (2012), Wadsworth et al. (1997) y Restrepo y Urrego (2018), lo que permitió verificar la consistencia técnica del instrumento. La confiabilidad del registro se garantizó mediante el uso de criterios estandarizados de medición, instrumentos calibrados (cinta métrica, vernier, balanza de precisión) y la observación directa por un mismo evaluador, asegurando la reproducibilidad y trazabilidad de los datos.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos de las fichas de campo se organizaron en una base de datos creada con Microsoft Excel 2019. Luego, se utilizó el software estadístico Infostat 2020 para procesar y examinar la información, lo cual permitió emplear métodos de estadística descriptiva y multivariada.

3.9. Tratamiento estadístico

El análisis estadístico tuvo como fin asegurar que los resultados fueran objetivos. Se implementaron los siguientes métodos para lograrlo:

El análisis de varianza (ANOVA) para los rasgos cuantitativos, con el objetivo de identificar diferencias relevantes entre accesiones.

Prueba de Scott & Knott ($p < 0.05$) para comparar las medias si se encontraban diferencias importantes.

Correlación de Pearson que permitió determinar vínculos entre las características morfológicas analizadas.

Se realizó un análisis multivariado (dendrogramas y ACP), lo que permitió la clasificación de accesiones según su semejanza a nivel agromorfológico.

3.10. Orientación ética, filosófica y epistemológica

El trabajo de investigación se realizó con la debida consideración por el principio ético de respeto a los recursos genéticos del cacao silvestre y a la biodiversidad amazónica, garantizando que las muestras vegetales analizadas permanecieran preservadas en el banco de germoplasma del Instituto de Cultivos Tropicales. El material no se eliminó ni se extrajo más allá de lo estrictamente necesario para realizar las mediciones en el laboratorio.

La investigación se fundamentó en una perspectiva racionalista y realista, desde una óptica filosófica, al detectar la variabilidad fenotípica como un fenómeno observable y cuantificable en condiciones naturales.

El estudio, desde un punto de vista epistemológico, se situó en el paradigma positivista y utilizó una metodología cuantitativa que se complementó con descriptores cualitativos. La observación sistemática, el análisis estadístico y el registro empírico fueron factores que permitieron aplicar rigor y validez a las conclusiones obtenidas.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. presentación de análisis

4.1.1. Planta

La evaluación de los caracteres cuantitativos de planta evidenció una variabilidad fenotípica relevante entre accesiones (Tabla 7), lo que confirma la existencia de contrastes morfológicos asociados al vigor vegetativo y arquitectura de la planta. La altura de la planta (AltPla) registró valores entre 1.49 - 3.45 m, con una media de 2.53 ± 0.52 m y un coeficiente de variación (CV) de 11.28%, evidenciando diferencias altamente significativas entre accesiones ($p < 0.0001$). El diámetro de la copa (DC) varió entre 0.95 - 2.92 m (2.02 ± 0.42 m; CV = 17.76%), presentando diferencias significativas ($p = 0.0187$), lo que indica contrastes en la expansión lateral de la arquitectura foliar.

De forma similar, el diámetro del tallo bajo (DTB) mostró una diferenciación estadística altamente significativa ($p = 0.0001$), evidenciando variabilidad en la robustez estructural de las accesiones. En contraste, el número de frutos por planta (NF1m) presentó una alta variabilidad (CV = 47.99%), pero no mostró diferencias estadísticas significativas ($p = 0.0632$), lo que sugiere una mayor influencia de factores ambientales, fisiológicos o de manejo sobre este carácter productivo.

Los caracteres relacionados con la ramificación de ramas primarias (RamPri), ramas secundarias (RamSec) y ramas terciarias (RamTer), mostraron coeficientes de variación elevados, sin diferencias significativas para RamPri y RamSec ($p > 0.05$). Sin embargo,

RamTer presentó diferencias significativas ($p = 0.0013$), evidenciando contrastes en la complejidad estructural de la copa.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de la planta.

Descriptor	Mínimo	Máximo	Media $\pm$ DE	CV (%)	F	p-valor
AltPla (m)	1.49	3.45	2.53 ± 0.52	11.28	9.01	<0.0001
DC (m)	0.95	2.92	2.02 ± 0.42	17.76	2.26	0.0187
NFlm	2.00	12.00	4.41 ± 2.51	47.99	2.27	0.0632
DTB (cm)	4.50	13.60	9.47 ± 2.19	16.77	4.16	0.0001
Nº RamPri	1.00	3.00	1.77 ± 0.54	31.72	0.67	0.802
Nº RamSec	2.00	13.00	4.77 ± 2.05	40.36	1.48	0.1569
Nº RamTer	5.00	38.00	17.32 ± 7.15	32.24	3.24	0.0013

Nota: AltPla = Altura de la planta (m); DC = Diámetro de la copa (m); NFlm = Número de frutos por planta; DTB = Diámetro del tallo base (cm); Nº RamPri = Número de Ramas primarias; Nº RamSec = Número de Ramas secundarias; Nº RamTer = Número de Ramas terciarias.

Tabla 8. Características cualitativas de la planta.

Nº	Accesiones	Forma de la planta (ForP)	Color de follaje (ColF)	Vigor de la planta (VigP)
1	MOR-192	Erecto	Con pigmentación	Intermedio
2	MOR-196	Erecto	Con pigmentación	Vigoroso
3	MOR-198	Erecto	Sin pigmentación	Vigoroso
4	MOR-200	Erecto	Sin pigmentación	Intermedio
5	MOR-204	Erecto	Sin pigmentación	Débil
6	MOR-206	Erecto	Sin pigmentación	Débil
7	MOR-212	Erecto	Con pigmentación	Débil
8	MOR-216	Erecto	Sin pigmentación	Vigoroso
9	MOR-218	Erecto	Sin pigmentación	Intermedio
10	MOR-220	Erecto	Sin pigmentación	Vigoroso
11	MOR-222	Erecto	Sin pigmentación	Vigoroso
12	MOR-224	Erecto	Sin pigmentación	Vigoroso
13	MOR-226	Erecto	Sin pigmentación	Vigoroso
14	MOR-238	Erecto	Con pigmentación	Intermedio
15	MOR-240	Erecto	Sin pigmentación	Intermedio
16	MOR-246	Erecto	Sin pigmentación	Débil
17	MOR-254	Erecto	Con pigmentación	Intermedio

En los caracteres cualitativos de planta (Tabla 8), todas las accesiones presentaron hábito de crecimiento erecto (ForP), evidenciando uniformidad para este descriptor estructural. El color del follaje (ColF) mostró variabilidad, observándose accesiones con presencia y ausencia de pigmentación en brotes jóvenes, asociada principalmente a la expresión de antocianinas. El vigor de la planta (VigP) se distribuyó entre las categorías débil, intermedio y vigoroso, concordando con la variabilidad registrada en los caracteres

cuantitativos, particularmente altura de planta y diámetro de copa. Esta variación sugiere diferencias genéticas en la capacidad de crecimiento y adaptación de las accesiones evaluadas.

Tabla 9. Medias por accesión de caracteres de la planta y comparación múltiple.

Nº	Accesiones	AltPla (m)	DC (m)	NF1m	DTB (cm)	Nº RamPri	Nº RamSec	Nº RamTer
1	MOR192	2.26 c	1.71 b	3.67 a	10.62 a	2.00 a	5.00 a	17.60 b
2	MOR196	2.74 b	1.98 b	3.00 a	11.22 a	2.00 a	3.60 a	15.60 b
3	MOR198	3.17 a	2.16 a	3.00 a	10.24 a	1.80 a	4.00 a	14.80 b
4	MOR200	2.99 a	2.32 a	3.33 a	12.53 a	2.00 a	4.00 a	11.33 b
5	MOR204	1.94 c	1.59 b	-	8.63 b	1.67 a	3.67 a	14.00 b
6	MOR206	1.84 c	1.32 b	-	5.90 b	1.50 a	3.50 a	10.50 b
7	MOR212	1.93 c	2.17 a	-	8.23 b	1.67 a	5.00 a	16.67 b
8	MOR216	3.02 a	1.72 b	5.67 a	8.47 b	2.00 a	5.00 a	18.67 b
9	MOR218	2.69 b	2.49 a	4.00 a	10.03 a	1.50 a	4.25 a	14.00 b
10	MOR220	2.30 c	1.88 b	5.50 a	7.65 b	1.50 a	4.50 a	13.00 b
11	MOR222	3.02 a	2.12 a	3.00 a	10.46 a	2.00 a	5.00 a	19.60 b
12	MOR224	2.62 b	2.26 a	-	8.50 b	1.75 a	5.50 a	15.75 b
13	MOR226	2.76 b	2.37 a	8.25 a	10.30 a	1.50 a	8.50 a	32.00 a
14	MOR238	2.23 c	1.96 b	4.00 a	8.15 b	1.75 a	4.25 a	17.00 b
15	MOR240	1.60 c	1.99 b	-	5.90 b	2.00 a	6.00 a	26.67 a
16	MOR246	2.21 c	1.91 b	-	7.80 b	1.00 a	3.00 a	8.00 b
17	MOR254	2.40 c	1.57 b	-	13.00 a	1.00 a	4.00 a	17.00 b
p-valor		<0.0001	0.0187	0.0632	0.0001	0.802	0.1569	0.0013

Nota: AltPla = Altura de la planta (m); DC = Diámetro de la copa (m); NF1m = Número de frutos a 1 m desde el injerto; DTB = Diámetro del tallo base (cm); Nº RamPri = Número de Ramas primarias; Nº RamSec = Número de Ramas secundarias; Nº RamTer = Número de Ramas terciarias; (-) = indica accesiones que no produjeron frutos durante el periodo de evaluación. Letras iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias significativas según la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$).

La comparación múltiple de medias por accesión para los caracteres cuantitativos de planta (Tabla 9), realizada mediante la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$), confirmó la variabilidad significativa previamente descrita. La altura de la planta (AltPla) fue el descriptor con mayor capacidad de discriminación ($p = 0.0001$). La accesión MOR-198 presentó el mayor valor promedio (3.17 m), diferenciándose estadísticamente de accesiones de menor porte como MOR-240 (1.60 m), evidenciando contrastes marcados en vigor vegetativo. Para el diámetro de la copa (DC) y el diámetro del tallo bajo (DTB), aunque las pruebas globales fueron significativas ($p = 0.0187$ y $p = 0.0001$, respectivamente), la prueba de Scott & Knott permitió separar grupos estadísticos contrastantes, reflejados en la

asignación de letras distintas. En los caracteres NF1m, RamPri y RamSec, no se detectaron diferencias significativas entre accesiones ($p > 0.05$), indicando una expresión relativamente homogénea para estos descriptores.

4.1.2. Hoja

La evaluación de los caracteres cuantitativos de hoja evidenció variabilidad fenotípica significativa entre accesiones (Tabla 10), reflejando diferencias en el tamaño y arquitectura foliar del germoplasma evaluado. La longitud de la hoja (LonHo) osciló entre 25.78 - 39.78 cm, con una media de 31.43 ± 2.77 cm y un coeficiente de variación bajo ($CV = 7.56\%$). La prueba global indicó diferencias estadísticas significativas entre accesiones ($p = 0.0189$), lo que evidencia contrastes consistentes en el desarrollo longitudinal del limbo. De igual manera, el ancho de la hoja (AncHo) presentó valores entre 7.77 - 12.80 cm (10.46 ± 1.01 cm; $CV = 6.47\%$), mostrando alta significancia estadística ($p < 0.0001$), lo que indica una diferenciación clara en la expansión transversal del limbo foliar. El área total de la hoja (ATH) mostró una amplitud considerable, con valores entre 136.26 - 317.39 cm² y una media de 211.50 ± 38.06 cm² ($CV = 14.08\%$), presentando diferencias significativas entre accesiones ($p = 0.0014$).

En contraste, la longitud desde la base al punto más ancho del limbo (LBL) no presentó diferencias estadísticas significativas ($p = 0.1126$), a pesar de registrar valores entre 13.71 - 21.18 cm, lo que sugiere una mayor estabilidad morfológica para este descriptor. Por su parte, la longitud del pecíolo (LonPec) evidenció una diferenciación altamente significativa ($p < 0.0001$), con valores entre 1.60 - 3.40 cm, indicando variabilidad en la arquitectura foliar y posibles implicancias en la disposición espacial del limbo y la captación de luz.

Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la hoja.

Descriptor	Mínimo	Máximo	Media $\pm$ DE	CV (%)	F	p-valor
LonHo (cm)	25.78	39.78	31.43 $\pm$ 2.77	7.56	2.25	0.0189
AncHo (cm)	7.77	12.80	10.46 $\pm$ 1.01	6.47	5.22	<0.0001
ATH (cm ²)	136.26	317.39	211.50 $\pm$ 38.06	14.08	3.22	0.0014
LBL (cm)	13.71	21.18	17.16 $\pm$ 1.59	8.55	1.60	0.1126
LonPec (cm)	1.60	3.40	2.16 $\pm$ 0.37	7.75	0.42	<0.0001

Nota: LonHo = Longitud de la hoja (cm); AncHo = Ancho de la hoja (cm); ATH = Área total de la hoja (cm²); LBL = Longitud desde la base al punto más ancho del limbo (cm); LonPec = Longitud del peciolo (cm).

Tabla 11. Características cualitativas de la hoja.

Nº	Accesiones	Presencia de pulvínulo (PreP)	Forma de la hoja (ForH)
1	MOR192	Si	Ovada
2	MOR196	Si	Ovada
3	MOR198	Si	Ovada
4	MOR200	Si	Ovada
5	MOR204	Si	Ovada
6	MOR206	Si	Ovada
7	MOR212	Si	Ovada
8	MOR216	Si	Ovada
9	MOR218	Si	Ovada
10	MOR220	Si	Ovada
11	MOR222	Si	Ovada
12	MOR224	Si	Ovada
13	MOR226	Si	Ovada
14	MOR238	Si	Ovada
15	MOR240	Si	Ovada
16	MOR246	Si	Ovada
17	MOR254	Si	Ovada

Respecto a los caracteres cualitativos de hoja (Tabla 11), todas las accesiones presentaron presencia de pulvínulo (PreP) y una forma de hoja ovada (ForH), evidenciando uniformidad morfológica para estos descriptores. Esta homogeneidad sugiere que dichos caracteres poseen un bajo poder discriminante dentro del conjunto de accesiones evaluadas.

Tabla 12. Medias por accesión de caracteres de la hoja y comparación múltiple

Nº	Accesiones	LonHo (cm)	AncHo (cm)	ATH (cm ²)	LBL (cm)	LonPec (cm)
1	MOR192	30.36 b	9.76 b	197.51 b	17.82 a	1.85 c
2	MOR196	31.35 a	11.54 a	243.08 a	16.17 a	2.10 c
3	MOR198	32.61 a	9.96 b	191.31 b	17.61 a	1.96 c
4	MOR200	28.36 b	10.86 a	203.96 b	15.94 a	1.80 c
5	MOR204	27.91 b	10.73 a	208.77 b	16.75 a	2.37 b
6	MOR206	33.15 a	11.50 a	247.56 a	17.48 a	1.94 c
7	MOR212	32.64 a	11.16 a	231.59 a	19.20 a	2.49 b
8	MOR216	28.60 b	10.44 a	171.20 b	16.31 a	1.98 c
9	MOR218	31.49 a	10.80 a	241.83 a	16.69 a	2.56 b
10	MOR220	35.42 a	10.67 a	249.34 a	18.96 a	2.03 c
11	MOR222	31.94 a	10.76 a	232.92 a	16.06 a	1.78 c
12	MOR224	29.50 b	11.06 a	199.80 b	17.09 a	2.11 c
13	MOR226	33.75 a	10.86 a	238.24 a	18.83 a	3.05 a
14	MOR238	31.70 a	8.77 c	169.36 b	16.47 a	2.08 c
15	MOR240	34.08 a	8.69 c	156.78 b	17.51 a	2.35 b
16	MOR246	31.21 a	10.68 a	196.88 b	17.26 a	2.05 c
17	MOR254	31.08 a	9.82 b	226.72 a	16.47 a	2.64 b
p-valor		0.0189	<0.0001	0.0014	0.1126	<0.0001

Nota: LonHo = Longitud de la hoja (cm); AncHo = Ancho de la hoja (cm); ATH = Área total de la hoja (cm²); LBL = Longitud desde la base al punto más ancho del limbo (cm); LonPec = Longitud del peciolo (cm). Letras iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias significativas según la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$).

La comparación múltiple de medias por accesión para los caracteres cuantitativos de hoja (Tabla 12), realizada mediante la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$), confirmó que, si bien varios descriptores presentaron significancia global, las comparaciones post hoc evidenciaron superposición de grupos estadísticos en la mayoría de los casos. Los caracteres LonHo, AncHo, ATH y LonPec mostraron una diferenciación gradual entre accesiones, reflejada en la asignación de letras distintas, aunque sin contrastes extremos. Este patrón indica que los caracteres foliares contribuyen de manera complementaria a la caracterización agromorfológica del germoplasma, reforzando la interpretación conjunta con los descriptores de planta y fruto.

4.1.3. Mazorca

La evaluación de los caracteres cuantitativos de mazorca evidenció variabilidad fenotípica entre las accesiones que lograron fructificar (Tabla 13). De un total de 17

accesiones evaluadas, solo 10 presentaron producción de frutos (MOR192, MOR196, MOR198, MOR200, MOR216, MOR218, MOR220, MOR222, MOR226 y MOR238). Las accesiones MOR204, MOR206, MOR212, MOR224, MOR240, MOR246 y MOR254 no registraron formación de mazorcas durante el periodo de evaluación, por lo que fueron excluidas del análisis cuantitativo. Entre los descriptores evaluados, la relación longitud/diámetro del fruto (L/D) y el índice de mazorca (IM) presentaron diferencias estadísticas significativas entre accesiones ($p = 0.0335$ y $p = 0.0128$, respectivamente), indicando contrastes en la conformación y proporción de las mazorcas producidas.

El peso de la mazorca con almendras (PMA) mostró valores entre 203.2 - 860.7 g, con una media de 540.75 ± 132.39 g y un coeficiente de variación de 21.56%, aunque sin diferencias estadísticas globales ($p = 0.1142$). De manera similar, la longitud del fruto (LonFru) y el diámetro del fruto (DiaFru) presentaron variación moderada, pero sin significancia estadística ($p > 0.05$), lo que sugiere una expresión relativamente homogénea de estos caracteres dimensionales entre las accesiones productivas. Los descriptores asociados a la estructura externa del fruto, como caballete (CAB), en surco (ES), espesor de la cáscara (EspCas), profundidad del surco (ProSur) y ancho del surco (AncSur), mostraron diferencias significativas para CAB, ES y EspCas ($p < 0.05$), evidenciando variabilidad en la morfología externa de la mazorca. Asimismo, el número de semillas por mazorca (NSM) osciló entre 12 - 58, con una media de 35.72 ± 10.40 y un CV de 26.14%, sin detectarse diferencias significativas entre accesiones ($p = 0.1472$), lo que indica una expresión relativamente homogénea de este carácter reproductivo en las accesiones productivas. En contraste, el peso de la semilla con pulpa/mucílago (PSP) presentó diferencias estadísticas significativas ($p = 0.0071$), con valores entre 58.50 - 183.50 g (116.08 ± 34.05 g), lo que evidencia variación en el rendimiento fresco del grano entre accesiones.

Tabla 13. Estadísticos descriptivos de la mazorca.

Descriptor	Mínimo	Máximo	Media $\pm$ DE	CV (%)	F	p-valor
PMA (g)	203.2	860.7	540.75 $\pm$ 132.39	21.56	1.90	0.1142
LonFru (cm)	11.75	21.10	16.51 $\pm$ 2.36	11.9	2.38	0.0532
DiaFru (cm)	6.10	10.40	8.91 $\pm$ 0.88	9.09	1.54	0.2057
L/D	1.43	2.36	1.86 $\pm$ 0.23	9.91	2.68	0.0335
PSP (g)	58.50	183.5	116.08 $\pm$ 34.05	21.32	3.77	0.0071
CAB (cm)	1.11	2.18	1.71 $\pm$ 0.32	14.03	3.35	0.0127
ES (cm)	0.71	1.98	1.23 $\pm$ 0.28	17.47	3.27	0.0143
EspCas (cm)	0.99	1.97	1.47 $\pm$ 0.24	12.16	3.70	0.0078
ProSur (cm)	0.22	1.21	0.55 $\pm$ 0.25	46.72	1.00	0.4758
AncSur (cm)	0.45	4.88	3.23 $\pm$ 0.84	25.93	1.04	0.4487
NSM	12.00	58.00	35.72 $\pm$ 10.40	26.14	1.74	0.1472
IM	14.00	43.00	23.59 $\pm$ 7.66	24.53	3.34	0.0128

Nota: PMA = Peso de mazorca con almendras (g); LonFru = Longitud del fruto (cm); DiaFru = Diámetro del fruto (cm); L/D = Relación longitud/diámetro; PSP= Peso de Semilla con Pulpa (g); CAB = Caballete (cm); ES = En surco (cm); EspCas = Espesor de la cáscara (cm); ProSur = Profundidad del surco (cm); AncSur = Ancho del surco (cm); NSM= Número de Semilla por Mazzorca; IM = Índice de mazorca.

En los caracteres cualitativos de mazorca (Tabla 14), predominó el tipo de fruto criollo (TipF), Así mismo se registraron accesiones clasificadas como angoleta, amelonado y cundeamor, evidenciando diversidad genética en la tipología del fruto. La forma del fruto (ForF) fue ovalada en todas las accesiones evaluadas. La rugosidad de la cáscara (RugC) varió de rugosa a muy rugosa, con superficies predominantemente rugosas (Sup) y surcos (Sur) principalmente medios, aunque se registraron surcos profundos en accesiones específicas como MOR220. La constricción basal (ConBa) osciló entre suave e intensa, mientras que la forma del ápice (ForA) fue mayoritariamente aguda, con casos puntuales de ápice dentado u obtuso. El color de la mazorca (ColM) se concentró en tonalidades de amarillo claro, con una accesión de color amarillo naranja, y el tamaño del fruto (TamF) se distribuyó entre pequeño y mediano.

Tabla 14. Características cualitativas de la mazorca

Nº	Accesiones	TipF	ForF	RugC	Sup	Sur	ConBa	ForA	ColM	TamF
1	MOR192	Criollo	Ovalada	Muy rugosa	Muy rugosa	Medios	Suave	Dentado	Amarillo claro	Mediano
2	MOR196	Angoleta	Ovalada	Muy rugosa	Muy rugosa	Medios	Fuerte	Caudado	Amarillo claro	Mediano
3	MOR198	Criollo	Ovalada	Rugosa	Rugosa	Medios	Intermedia	Agudo	Amarillo claro	Mediano
4	MOR200	Criollo	Ovalada	Rugosa	Liso	Medios	Intermedia	Agudo	Amarillo claro	Mediano
5	MOR204	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	MOR206	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	MOR212	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	MOR216	Criollo	Ovalada	Rugosa	Rugosa	Medios	Suave	Obtuso	Amarillo Claro	Pequeño
9	MOR218	Criollo	Ovalada	Rugosa	Rugosa	Medios	Fuerte	Agudo	Amarillo Claro	Mediano
10	MOR220	Cundeamor	Ovalada	Rugosa	Muy rugosa	Profundos	Fuerte	Agudo	Amarillo claro	Pequeño
11	MOR222	Angoleta	Ovalada	Rugosa	Rugosa	Medios	Intermedia	Agudo	Amarillo claro	Mediano
12	MOR224	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	MOR226	Amelonado	Ovalada	Rugosa	Rugosa	Medios	Intermedia	Agudo	Amarillo claro	Pequeño
14	MOR238	Angoleta	Ovalada	Rugosa	Rugosa	Medios	Fuerte	Caudado	OR+Y	Mediano
15	MOR240	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	MOR246	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	MOR254	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota: TipF = Tipo de fruto; ForF = Forma del fruto; RugC = Rugosidad de la cáscara; Sup = Superficie; Sur = Surcos; ConBa = Constricción basal; ForA = Forma del ápice; ColM = Color de la mazorca; TamF = Tamaño del fruto; (-) = indica accesiones que no produjeron frutos durante el periodo de evaluación.

La comparación múltiple de medias por accesión para los caracteres cuantitativos de mazorca (Tabla 15), realizada mediante la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$), confirmó que, si bien algunos descriptores como IM y L/D mostraron diferencias globales significativas, las comparaciones post hoc evidenciaron una superposición parcial de grupos estadísticos. El índice de mazorca (IM) destacó como el descriptor con mayor capacidad discriminante, con valores promedio elevados en accesiones como MOR196 y MOR226, lo que sugiere diferencias funcionales en el desarrollo del fruto entre accesiones productivas. Asimismo, MOR 196 y MOR226 obtuvieron los valores más altos en índice de mazorca, indicando que con 33 mazorcitas hace un 1 kilogramo, pero MOR216 indica 15 mazorcitas hacen 1 kilogramos (Figura 4). También en la Figura 5, MOR216 y MOR220 destacaron por valores altos de peso de semilla en pulpa (PSP).

Tabla 15. Medias por accesión de caracteres de la mazorca y comparación múltiple

Nº	Accesiones	PMA (g)	LonFru (cm)	DiaFru (cm)	L/D (cm)	PSP (g)	CAB (cm)	ES (cm)	EspCas (cm)	ProSur (cm)	AncSur (cm)	NSM	IM
1	MOR192	589.80 a	16.13 a	9.27 a	1.74 c	101.55 b	2.02 a	1.43 b	1.75 a	0.68 a	4.11 a	25.00 a	28.00 a
2	MOR196	482.55 a	17.65 a	9.40 a	1.89 c	77.55 b	1.93 a	1.14 c	1.54 a	0.80 a	4.22 a	28.50 a	33.00 a
3	MOR198	546.84 a	16.83 a	8.98 a	1.89 c	138.70 a	1.47 b	1.10 c	1.29 b	0.41 a	2.98 a	42.60 a	18.80 b
4	MOR200	455.63 a	16.97 a	8.25 a	2.06 b	111.37 b	1.34 b	1.03 c	1.19 b	0.31 a	2.64 a	40.00 a	22.67 b
5	MOR204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	MOR206	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	MOR212	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	MOR216	542.30 a	14.97 a	8.76 a	1.70 c	163.10 a	1.84 a	1.17 c	1.51 a	0.67 a	3.27 a	34.67 a	15.33 b
9	MOR218	552.60 a	17.60 a	9.50 a	1.85 c	130.70 a	1.28 b	1.98 a	1.63 a	0.70 a	2.72 a	33.00 a	19.00 b
10	MOR220	381.80 a	14.98 a	7.35 a	1.99 b	141.80 a	1.43 b	0.83 c	1.13 b	0.61 a	2.83 a	50.50 a	17.50 b
11	MOR222	616.73 a	17.67 a	9.43 a	1.91 c	108.70 a	1.84 a	1.40 b	1.62 a	0.44 a	3.46 a	29.67 a	23.33 b
12	MOR224	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	MOR226	466.36 a	13.81 a	8.81 a	1.57 c	76.57 b	1.81 a	1.29 b	1.55 a	0.52 a	3.12 a	37.50 a	33.00 a
14	MOR238	729.17 a	19.79 a	9.41 a	2.10 a	114.33 b	1.94 a	1.31 b	1.63 a	0.64 a	3.04 a	31.33 a	23.33 b
15	MOR240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	MOR246	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	MOR254	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p-valor		0.1142	0.0532	0.2057	0.0335	0.0071	0.0127	0.0143	0.0078	0.4758	0.4487	0.1472	0.0128

Nota: PMA = Peso de la mazorca con almendras (g); LonFru = Longitud del fruto (cm); DiaFru = Diámetro del fruto (cm); L/D = Relación longitud/diámetro (cm); PSP= Peso de la semilla con pulpa (g); CAB = Caballete (cm); ES = En surco (cm); EspCas = Espesor de la cáscara (cm); ProSur = Profundidad del surco (cm); AncSur = Ancho del surco (cm); NSM = Numero de semillas por mazorca; IM = Índice de mazorca; (-) = indica accesiones que no produjeron frutos durante el periodo de evaluación. Letras iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias significativas según la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$).

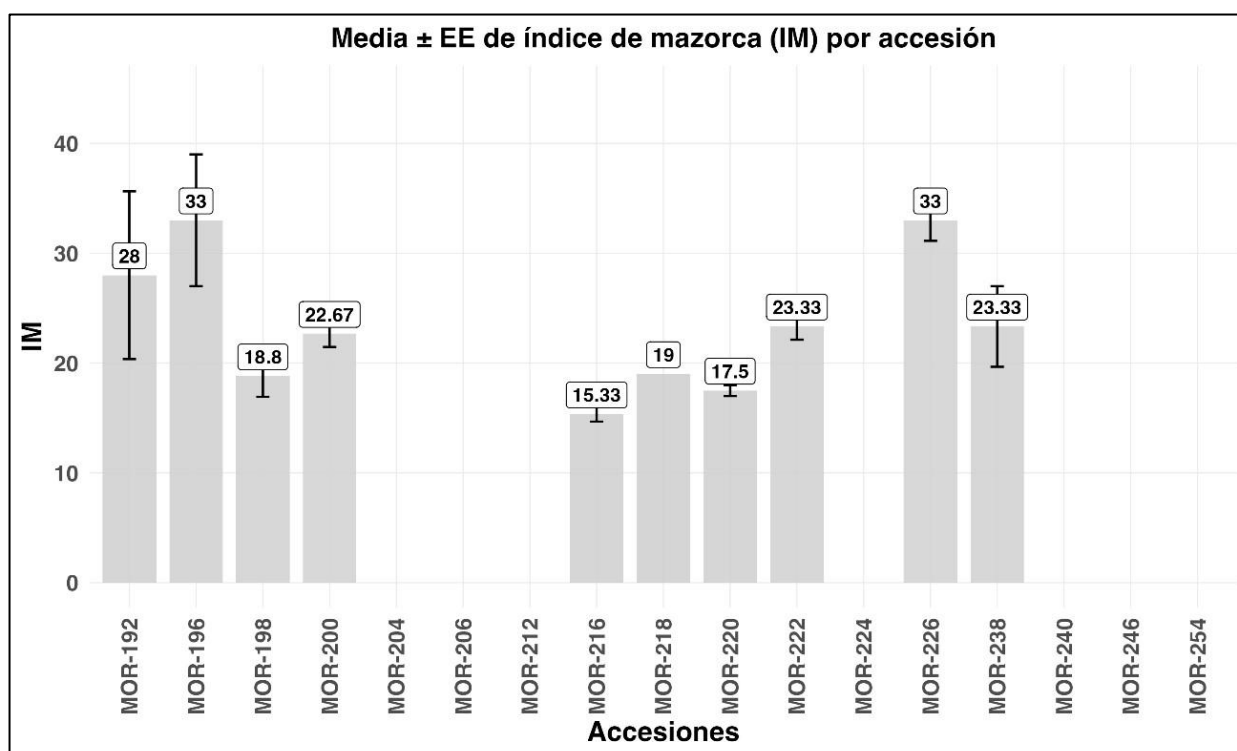


Figura 4. Índice de mazorca (IM)

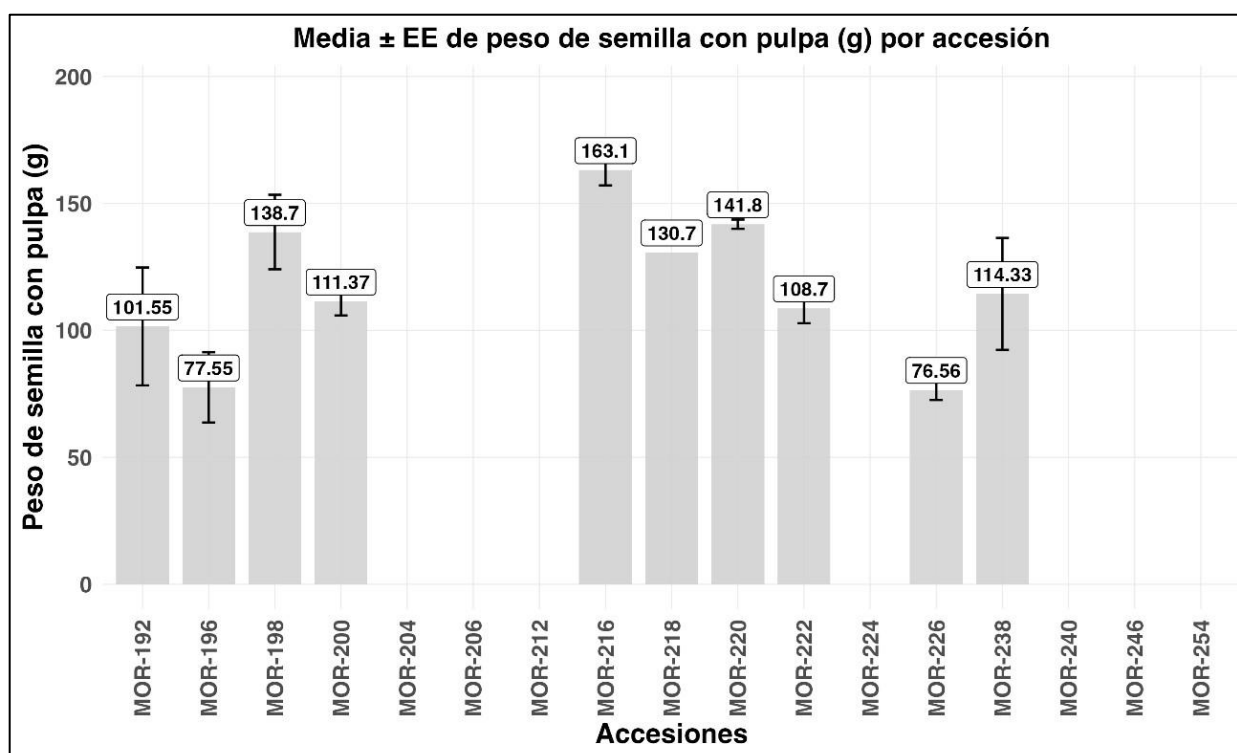


Figura 5. Peso de semillas con pulpa/mucílago (g)

4.1.4. Semilla

La evaluación de los caracteres cuantitativos de semilla evidenció variabilidad entre las accesiones con producción de fruto (Tabla 16). El índice de semilla (IS) mostró diferencias significativas ($p = 0.0010$), indicando contrastes en la relación funcional y morfométrica asociada al tamaño del grano. Las dimensiones de la semilla también mostraron capacidad discriminante: la longitud de semilla (LonSem), el Diametro de semilla (AncSem) y el espesor de semilla (EspSem) presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), reflejando variabilidad morfométrica consistente entre accesiones, con implicancias directas para caracterización agronómica y potenciales criterios de selección.

Tabla 16. Estadísticos descriptivos de la semilla.

Descriptor	Mínimo	Máximo	Media $\pm$ DE	CV (%)	F	p-valor
LonSem (cm)	2.07	2.68	2.38 ± 0.16	4.45	4.90	0.0017
AncSem (cm)	1.06	1.47	1.26 ± 0.11	5.4	6.70	0.0003
EspSem (cm)	0.55	1.08	0.80 ± 0.15	10.67	7.57	0.0001
IS (g)	0.75	2.00	1.36 ± 0.37	17.78	5.41	0.001

Nota: LonSem = Longitud de semilla (cm); AncSem = Diametro de semilla (cm); EspSem = Espesor de semilla (cm); IS = Índice de semilla.

En cuanto a los caracteres cualitativos de la semilla (Tabla 17), se observó predominio de color del cotiledón (ColC) púrpura, tanto claro como oscuro. La forma longitudinal (ForL) de la semilla fue variable, incluyendo tipos ovados, elípticos, oblongos e irregulares, mientras que la forma transversal (ForT) se concentró principalmente en las categorías aplanada e intermedia, evidenciando diversidad morfológica en la geometría del grano.

Tabla 17. Características cualitativas de la semilla.

Nº	Accesiones	Color del cotiledón (ColC)	Forma longitudinal (ForL)	Forma transversal (ForT)
1	MOR-192	Púrpura claro	Ovada	Intermedia
2	MOR-196	Púrpura oscura	Elíptica	Aplanada
3	MOR-198	Púrpura oscura	Irregular	Aplanada
4	MOR-200	Púrpura claro	Elíptica	Aplanada
5	MOR-204	-	-	-
6	MOR206	-	-	-
7	MOR212	-	-	-
8	MOR-216	Púrpura claro	Oblonga	Intermedia
9	MOR-218	Púrpura oscura	Irregular	Aplanada
10	MOR-220	Púrpura claro	Elíptica	Intermedia
11	MOR-222	Púrpura oscura	Oblonga	Intermedia
12	MOR-224	-	-	-
13	MOR-226	Púrpura oscura	Irregular	Aplanada
14	MOR-238	Púrpura oscura	Oblonga	Intermedia
15	MOR-240	-	-	-
16	MOR-246	-	-	-
17	MOR-254	-	-	-

Nota: (-) = indica accesiones que no produjeron frutos durante el periodo de evaluación.

La comparación múltiple de medias por accesión (Tabla 18), realizada mediante la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$), confirmó que, aunque NSM no permitió discriminar accesiones ($p = 0.1472$), los descriptores PSP, IS y las dimensiones de la semilla (LonSem, AncSem y EspSem) mostraron capacidad diferenciadora. Accesiones como MOR216 presentó el IS más elevado, diferenciándose de accesiones como MOR226, que registró los valores más bajos (Figura 6). Si bien en algunos caracteres se observó superposición parcial de grupos (letras compartidas), los resultados evidencian una variabilidad fenotípica consistente en semilla, concordante con la diferenciación observada previamente en mazorca y relevante para la caracterización agronómica y la selección de accesiones promisorias.

Tabla 18. Medias por accesión de caracteres de la semilla y comparación múltiple

Nº	Accesiones	LonSem (cm)	AncSem (cm)	EspSem (cm)	IS (g)
1	MOR192	2.39 a	1.37 a	0.92 a	1.71 a
2	MOR196	2.32 b	1.35 a	0.80 b	1.10 b
3	MOR198	2.58 a	1.36 a	0.72 b	1.30 b
4	MOR200	2.31 b	1.13 b	0.77 b	1.26 b
5	MOR-204	-	-	-	-
6	MOR206	-	-	-	-
7	MOR212	-	-	-	-
8	MOR216	2.48 a	1.37 a	1.00 a	1.89 a
9	MOR218	2.49 a	1.26 b	0.81 b	1.58 a
10	MOR220	2.12 b	1.19 b	0.62 c	1.12 b
11	MOR222	2.45 a	1.22 b	0.95 a	1.50 a
12	MOR-224	-	-	-	-
13	MOR226	2.23 b	1.14 b	0.60 c	0.82 b
14	MOR238	2.38 a	1.19 b	0.83 b	1.49 b
15	MOR-240	-	-	-	-
16	MOR-246	-	-	-	-
17	MOR-254	-	-	-	-
	p-valor	0.0017	0.0003	0.0001	0.001

Nota: LonSem = Longitud de la semilla (cm); AncSem = Ancho de la semilla (cm); EspSem = Espesor de la semilla (cm); IS = Índice de la semilla (g); (-)= No presenta datos. Letras iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias significativas según la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$).

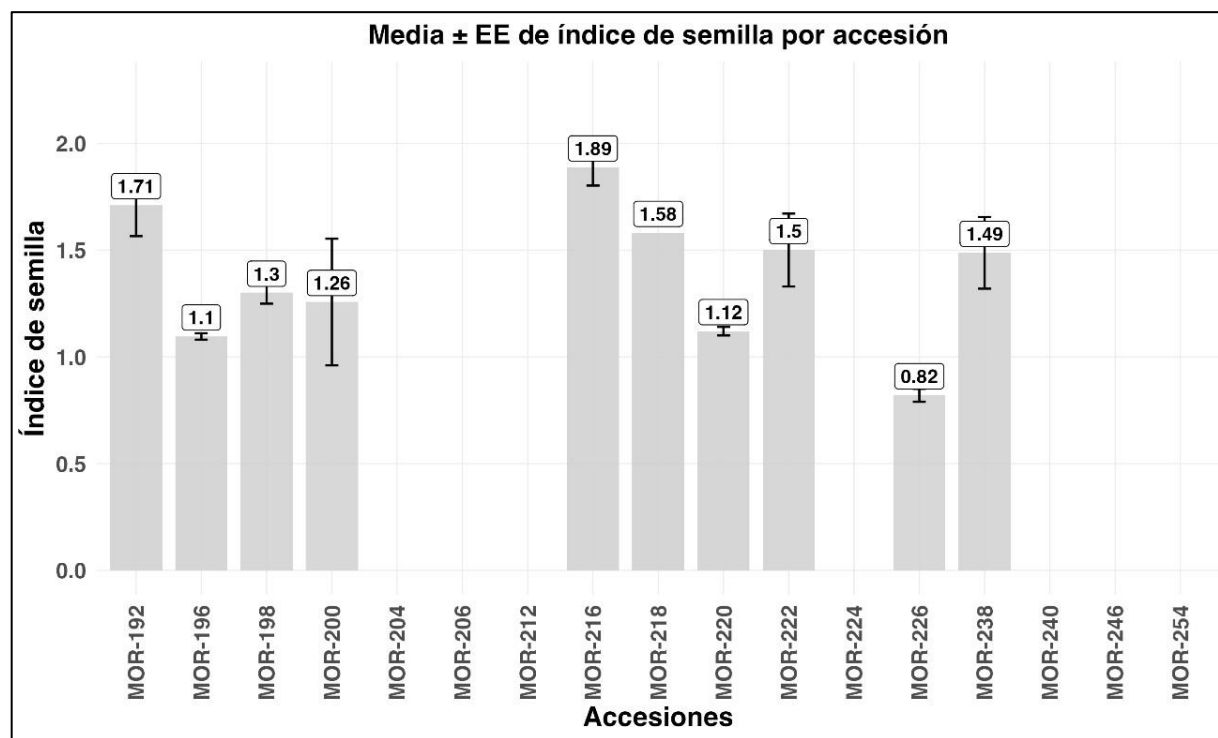


Figura 6. Índice de semilla (IS).

4.1.5. Flor

La evaluación de los caracteres cuantitativos de flor evidenció una alta variabilidad morfométrica entre accesiones (Tabla 19), con diferencias altamente significativas en la mayoría de los descriptores analizados ($p < 0.01$), lo que confirma una marcada diferenciación estructural del órgano floral. El número de cojines florales por metro de injerto (NCF1m) presentó un rango amplio, con valores entre 6 y 64, una media de 20.75 ± 11.83 y un coeficiente de variación elevado (24.41%), mostrando diferencias altamente significativas entre accesiones ($p = 0.0001$). Este resultado evidencia contrastes en la capacidad de emisión floral, asociada directamente al potencial reproductivo.

De manera consistente, las dimensiones de los órganos florales de longitud y ancho del sépalo (LonSep, AncSep), longitud y ancho del pétalo (LonPet, AncPet), longitud del estaminodio (LonEstam), longitud y ancho del ovario (LonOva, AncOva) y longitud del estilo (LonEst), presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$), reflejando una diferenciación morfométrica clara entre accesiones. Asimismo, el número de óvulos por ovario (NOO) mostró variación significativa ($p < 0.0001$), indicando contrastes en el potencial reproductivo floral, lo que refuerza el valor de este descriptor como criterio de caracterización funcional.

Tabla 19. Estadísticos descriptivos de la flor.

Descriptor	Mínimo	Máximo	Media $\pm$ DE	CV (%)	F	p-valor
NCF1m	6	64	20.75 ± 11.83	24.41	16.59	<0.0001
LonSep (mm)	4.91	9.28	6.60 ± 1.22	7.69	17.81	<0.0001
AncSep (mm)	1.37	2.83	2.07 ± 0.33	12.18	3.47	0.0007
LonPet (mm)	3.07	7.18	4.84 ± 0.90	11.60	6.57	<0.0001
AncPet (mm)	1.25	3.11	2.05 ± 0.48	13.49	8.25	<0.0001
LonEstam (mm)	4.5	7.3	5.54 ± 0.75	7.66	8.36	<0.0001
LonOva (mm)	1.17	2.72	1.70 ± 0.30	11.28	6.05	<0.0001
AncOva (mm)	1.03	1.98	1.33 ± 0.18	9.13	4.85	<0.0001
LonEst (mm)	1.23	2.86	2.14 ± 0.39	14.64	2.86	0.0035
NOO	25	33	26.88 ± 1.94	4.20	9.95	<0.0001

Nota: NCF1m = Número de cojines florales (1 m de injerto); LonSep = Longitud del sépalo (mm); AncSep = Ancho del sépalo (mm); LonPet = Longitud del pétalo (mm); AncPet = Ancho del pétalo (mm); LonEstam = Longitud del estaminodio (mm); LonOva = Longitud del ovario (mm); AncOva = Ancho del ovario (mm); LonEst = Longitud del estilo (mm); NOO = Número de óvulos por ovario.

En relación con los caracteres cualitativos de flor (Tabla 20), predominó el color del pedúnculo floral (ColPF) verde, aunque se registraron accesiones con tonalidades verde con rojo y rojo, lo que sugiere variabilidad en la expresión de antocianinas. El color del estaminodio (ColEsta) fue uniformemente morado oscuro en todas las accesiones evaluadas, evidenciando estabilidad fenotípica para este descriptor floral, considerado un rasgo diagnóstico común en materiales de cacao de origen amazónico.

Tabla 20. Características cualitativas de la flor.

Nº	Accesiones	Color del pedúnculo floral (ColPF)	Color del estaminodio (ColEsta)
1	MOR-192	Verde con rojo	Morado oscuro
2	MOR-196	Verde	Morado oscuro
3	MOR-198	Verde	Morado oscuro
4	MOR-200	Verde	Morado oscuro
5	MOR-204	Verde	Morado oscuro
6	MOR-206	Verde	Morado oscuro
7	MOR-212	Verde con rojo	Morado oscuro
8	MOR-216	Verde	Morado oscuro
9	MOR-218	Rojo	Morado oscuro
10	MOR-220	Verde	Morado oscuro
11	MOR-222	Verde con rojo	Morado oscuro
12	MOR-224	Verde	Morado oscuro
13	MOR-226	Verde	Morado oscuro
14	MOR-238	Rojo	Morado oscuro
15	MOR-240	Verde con rojo	Morado oscuro
16	MOR-246	Rojo	Morado oscuro
17	MOR-254	Verde con rojo	Morado oscuro

La comparación múltiple de medias por accesión para los caracteres cuantitativos de flor (Tabla 21), realizada mediante la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$), confirmó la diferenciación observada en la prueba global. El número de cojines florales (NC1m) destacó como el descriptor con mayor capacidad discriminante, sobresaliendo la accesión MOR226, que presentó valores significativamente superiores. Asimismo, accesiones como MOR198 y MOR220 registraron valores elevados en las dimensiones de sépalo y pétalo, evidenciando flores de mayor tamaño estructural. No obstante, en varios descriptores se observó superposición parcial de grupos estadísticos, reflejada en la asignación compartida de letras, lo que indica una diferenciación gradual más que contrastes extremos.

Tabla 21. Medias por accesión de caracteres de la flor y comparación múltiple

Nº	Accesiones	NCF1m	LonSep (mm)	AncSep (mm)	LonPet (mm)	AncPet (mm)	LonEstam (mm)	LonOva (mm)	AncOva (mm)	LonEst (mm)	NOO
1	MOR192	10.00 c	5.68 d	2.32 a	4.10 d	1.97 c	5.09 c	2.06 a	1.51 a	2.05 b	26.20 b
2	MOR196	16.60 c	6.02 c	1.87 b	4.87 c	1.62 c	5.88 b	1.76 b	1.31 b	2.02 b	26.80 b
3	MOR198	23.20 b	9.09 a	2.28 a	6.70 a	2.58 b	6.84 a	1.79 b	1.44 a	2.66 a	30.80 a
4	MOR200	15.00 c	8.26 b	2.05 b	5.20 c	1.71 c	5.12 c	1.56 c	1.26 b	2.12 b	28.67 a
5	MOR204	9.00 c	6.25 c	1.95 b	4.50 d	2.03 c	4.86 c	1.23 c	1.08 b	1.96 b	25.33 b
6	MOR206	21.00 b	6.31 c	1.91 b	5.09 c	1.55 c	5.32 c	1.79 b	1.26 b	2.10 a	27.50 b
7	MOR212	14.67 c	6.68 c	2.11 a	5.07 c	2.28 b	6.09 b	1.56 c	1.13 b	2.06 b	25.67 b
8	MOR216	25.00 b	5.27 d	1.97 b	3.97 d	2.16 b	4.87 c	1.44 c	1.23 b	1.89 b	25.67 b
9	MOR218	21.25 b	6.53 c	1.81 b	4.20 d	1.81 c	5.33 c	1.59 c	1.18 b	1.92 b	25.25 b
10	MOR220	19.00 b	8.54 a	2.78 a	5.14 c	2.37 b	6.60 a	2.00 a	1.50 a	2.52 a	30.50 a
11	MOR222	24.20 b	6.16 c	2.24 a	4.50 d	2.21 b	5.16 a	2.05 a	1.45 a	2.44 a	26.00 b
12	MOR224	18.75 b	5.35 d	1.94 b	3.91 d	1.52 c	5.11 a	1.49 c	1.29 b	2.34 a	25.75 b
13	MOR226	56.00 a	6.08 c	2.13 a	5.13 c	1.75 c	6.26 a	1.92 a	1.43 a	1.62 b	27.25 b
14	MOR238	18.25 b	7.60 a	2.26 a	5.68 b	3.07 a	5.46 a	1.70 b	1.48 a	2.22 a	27.00 b
15	MOR240	12.33 c	6.34 c	1.58 b	4.33 d	1.77 c	4.81 a	1.26 c	1.08 b	1.93 b	26.67 b
16	MOR246	16.00 c	5.13 d	1.59 b	4.74 c	2.27 b	4.62 a	1.51 c	1.32 b	1.83 b	25.00 b
17	MOR254	32.00 b	6.22 c	1.86 b	5.19 c	2.47 b	6.72 a	1.61 c	1.39 a	2.64 a	25.00 b
	p-valor	0.0001	<0.0001	0.0007	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0035	<0.0001

Nota: NCF1m = Número de cojines florales (1 m del injerto); LonSep = Longitud del sépalo (mm); AncSep = Ancho del sépalo (mm); LonPet = Longitud del pétalo (mm); AncPet = Ancho del pétalo (mm); LonEstam = Longitud del estaminodio (mm); LonOva = Longitud del ovario (mm); AncOva = Ancho del ovario (mm); LonEst = Longitud del estilo (mm); NOO = Número de óvulos por ovario. Letras iguales en una misma columna indican ausencia de diferencias significativas según la prueba de Scott & Knott ($p = 0.05$).

La Figura 7 presenta el dendrograma jerárquico obtenido mediante el método de Ward.D2, el cual permitió identificar una estructura fenotípica definida entre las 17 accesiones silvestres de cacao evaluadas. El corte a $k = 2$ evidenció la formación de dos grupos principales, confirmando la existencia de divergencia morfológica dentro de la población analizada.

El Grupo I concentró la mayoría de las accesiones y mostró una mayor heterogeneidad interna, integrando materiales con expresiones intermedias de los caracteres vegetativos y reproductivos, lo que sugiere una variación gradual y una base morfológica amplia. En contraste, el Grupo II, conformado por las accesiones MOR198, MOR200, MOR220 y MOR226, presentó una separación fenotípica consistente, asociada a valores diferenciados en descriptores clave previamente identificados como discriminantes en los análisis univariados.

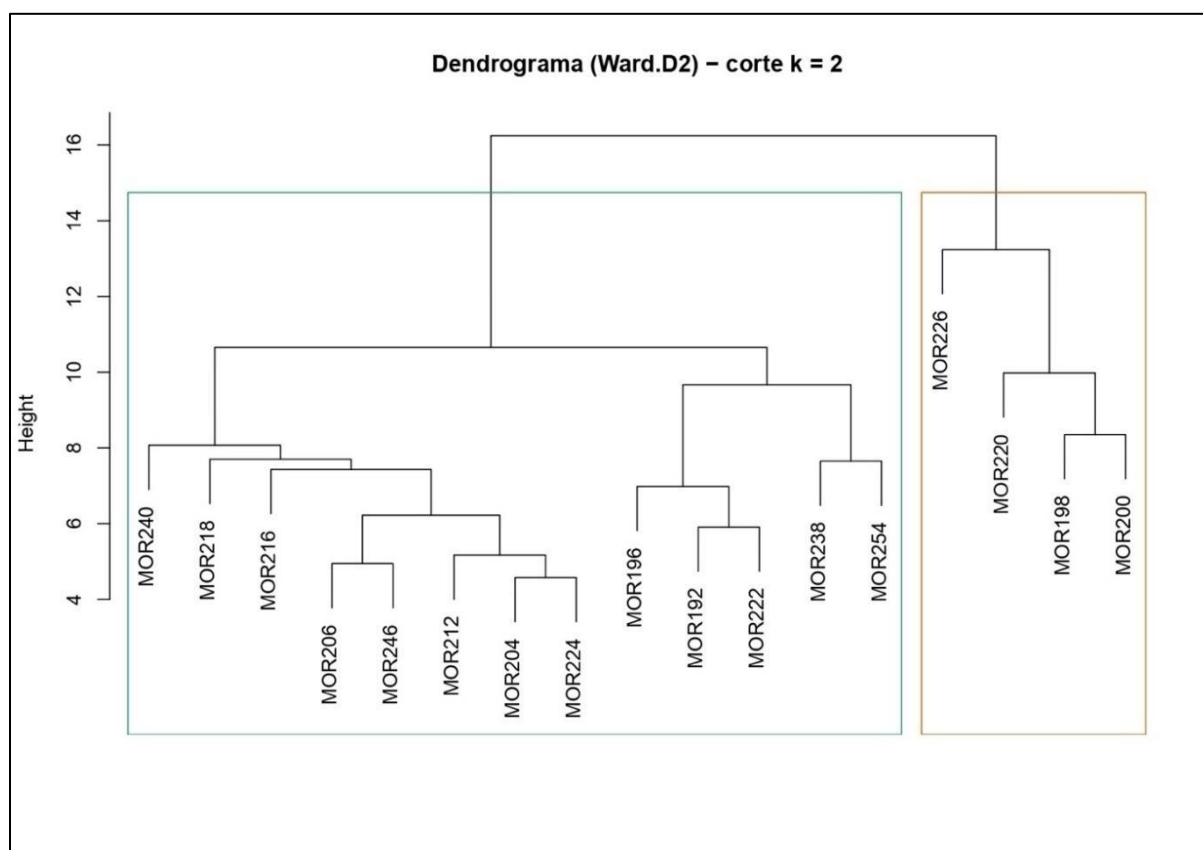


Figura 7. Dendrograma jerárquico (Ward.D2), con corte $k = 2$.

4.2. Discusión de resultados

Las accesiones silvestres de cacao (*Theobroma cacao L.*) colectadas en la cuenca del río Morona evidenciaron una uniformidad marcada en el hábito de crecimiento, con el 100% de las plantas clasificadas como erectas (Tabla 8), y simultáneamente una variación cuantitativa consistente en rasgos estructurales vegetativos (Tabla 7). En particular, la altura de la planta (AltPla) mostró un rango amplio (1.49–3.45 m; 2.53 ± 0.52 m) con un coeficiente de variación de 11.28% y diferencias altamente significativas entre accesiones ($p < 0.0001$, prueba de Scott & Knott), lo que indica divergencia real en vigor y arquitectura vegetal. Este patrón concuerda con lo reportado por Vásquez (2024) y Arroyo (2022), quienes documentaron variación significativa en descriptores vegetativos en germoplasma amazónico e híbridos evaluados bajo condiciones comparables, interpretando estos rasgos como resultado tanto del componente genético como de la plasticidad fenotípica frente al ambiente. De manera concordante, Arévalo-Gardini et al. (2025), al evaluar más de 500 accesiones silvestres en el banco de germoplasma del ICT, identificaron a la altura de planta como uno de los descriptores con mayor capacidad discriminante, asociándola a estrategias adaptativas diferenciadas en poblaciones amazónicas.

Asimismo, el diámetro de copa (DC) (0.95–2.92 m; $p = 0.0346$; CV = 17.76%) y el diámetro del tallo bajo (DTB) (4.50–13.60 cm; $p = 0.0023$; CV = 16.77%) reforzaron la diferenciación del porte estructural, situándose dentro de los rangos descritos para materiales de referencia en bancos de germoplasma (Ballesteros, 2011) y evaluaciones regionales (Vásquez, 2024), y coincidiendo con los valores reportados por Arévalo-Gardini et al. (2025) para cacao silvestre amazónico. En contraste, el número de frutos por planta (NF1m) no permitió discriminar accesiones ($p = 0.2286$), pese a su elevada variabilidad (CV = 47.99%), lo que resulta coherente con el carácter altamente dependiente del ambiente y del estado fenológico de esta variable bajo condiciones no controladas.

La comparación múltiple por accesión mediante Scott & Knott (Tabla 9) respalda una lectura estadística consistente: aunque AltPla, DC y DTB mostraron significancia global, en varios casos se observó superposición parcial de grupos, reflejada en la asignación compartida de letras. Este patrón no contradice la significancia estadística, sino que indica una variación continua del porte, compatible con poblaciones silvestres con baja presión de selección dirigida, a diferencia de materiales élite o híbridos más uniformizados (Arroyo, 2022; Ballesteros, 2011). Este comportamiento coincide con lo descrito por Arévalo-Gardini et al. (2025), quienes reportaron solapamiento entre grupos para la mayoría de los rasgos vegetativos en poblaciones silvestres del Perú.

En la hoja, los resultados muestran una combinación de estabilidad cualitativa y variación cuantitativa funcional. La presencia de pulvínulo (PreP) y la forma de la hoja (ForH) fueron uniformes (Tabla 11), coincidiendo con descriptores conservados en cacao amazónico. No obstante, los caracteres cuantitativos evidenciaron variación significativa: longitud de hoja (LonHo) (25.78–39.78 cm; $p = 0.0189$; CV = 7.56%), ancho de hoja (AncHo) (7.77–12.80 cm; $p < 0.0001$; CV = 6.47%), área total de hoja (ATH) (136.26–317.39 cm²; $p = 0.0014$; CV = 14.08%) y longitud del pecíolo (LonPec) (1.60–3.40 cm; $p < 0.0001$; CV = 7.75%) (Tabla 10). Estos rangos concuerdan con lo reportado por Vásquez (2024) y Paredes (2020), quienes señalaron al tamaño foliar y al pecíolo como descriptores sensibles para discriminar genotipos por diferencias en arquitectura y disposición del limbo. En contraste, la longitud desde la base al punto más ancho del limbo (LBL) no fue significativa ($p = 0.1126$), sugiriendo estabilidad relativa de este carácter, mientras que el tamaño total de la hoja capturó mejor la variación fenotípica. En la comparación múltiple (Tabla 12) predominó la superposición de grupos, patrón coherente con una diferenciación gradual y continua, también reportada por Arévalo-Gardini et al. (2025) para descriptores foliares en cacao silvestre.

En mazorca, un resultado clave es que solo 10 de las 17 accesiones evaluadas fructificaron, lo que condiciona la interpretación de los resultados. La exclusión de accesiones no productivas del análisis cuantitativo (Tabla 13) fue metodológicamente adecuada, dado que en cacao silvestre la ausencia de fruto puede deberse a edad fisiológica, asincronía fenológica, microambiente o limitaciones de polinización, y no necesariamente a inferioridad genética. Entre las accesiones productivas, se observaron rangos amplios y coherentes con poblaciones heterogéneas: PMA (203.2–860.7 g; $p = 0.1142$; CV = 21.56%), LonFru (11.75–21.10 cm; $p = 0.0532$; CV = 11.90%) y DiaFru (6.10–10.40 cm; $p = 0.2057$; CV = 9.09%). En contraste, la relación longitud/diámetro (L/D) ($p = 0.0335$; CV = 9.91%), el índice de mazorca (IM) ($p = 0.0128$; CV = 24.53%) y el espesor de cáscara (EspCas) ($p = 0.0078$; CV = 12.16%) mostraron capacidad discriminante. Este patrón coincide con lo reportado por Vásquez (2024), Paredes (2020) y Ballesteros (2011), y con los resultados de Arévalo-Gardini et al. (2025), quienes identificaron a L/D, IM y características del pericarpio como variables clave para diferenciar poblaciones silvestres.

Los descriptores cualitativos de mazorca (Tabla 14) mostraron predominio de morfotipos criollos, junto con presencia de angoletta, amelonado y cundeamor, así como rugosidad y surcos mayormente medios. Este patrón es consistente con poblaciones silvestres de alta variabilidad morfológica descritas en la Amazonía peruana (Paredes, 2020; Vásquez, 2024) y con la estructura fenotípica reportada por Arévalo-Gardini et al. (2025) a escala nacional. En la comparación múltiple (Tabla 15), aunque IM y L/D fueron significativos, se observó superposición parcial de grupos, lo que refuerza la interpretación de variación continua más que de contrastes abruptos. Biológicamente, IM emerge como un descriptor estratégico, al reflejar diferencias funcionales en eficiencia del fruto entre accesiones productivas.

En semilla, la discriminación provino principalmente del rendimiento fresco y la morfometría, más que del número de semillas. El número de semillas por mazorca (NSM) (12–58; 35.72 ± 10.40 ; CV = 26.14%) no fue significativo ($p = 0.1472$), coherente con estudios amazónicos donde el conteo presenta alta variabilidad sin separar genotipos de forma robusta cuando el número de observaciones es limitado (Soto, 2019; Paredes, 2020). En cambio, el peso de la semilla con pulpa/mucílago (PSP) (58.50–183.50 g; $p = 0.0071$), el índice de semilla (IS) (0.75–2.00; $p = 0.0010$) y las dimensiones LonSem, AncSem y EspSem ($p < 0.01$) evidenciaron diferencias consistentes (Tabla 16). Estos rangos concuerdan con Ballesteros (2011), Vásquez (2024) y Arévalo-Gardini et al. (2025), y confirman que variables de tamaño y peso capturan mejor la variación genética que el simple conteo. La comparación múltiple (Tabla 18) mostró diferenciación puntual, destacando MOR216 por PSP elevado (163.10 g) e IS alto (1.89), frente a MOR226 con valores inferiores, reforzando la interpretación funcional de las Figuras 6 y 7.

Los descriptores cualitativos de semilla (Tabla 17) complementan esta lectura: el predominio de cotiledones púrpura y la variación en forma longitudinal (ForL) y transversal (ForT) concuerdan con la diversidad típica del cacao amazónico descrita por Soto (2019), Paredes (2020) y Arévalo-Gardini et al. (2025), donde el color del cotiledón se reconoce como rasgo diagnóstico de poblaciones silvestres.

En flor se observó el bloque con mayor señal estadística. Prácticamente todos los descriptores cuantitativos fueron altamente significativos (Tabla 19), incluyendo NC1m (6–64; 20.75 ± 11.83 ; CV = 24.41%; $p = 0.0001$), dimensiones de sépalo, pétalo, estaminodio, ovario y estilo, y el número de óvulos por ovario (NOO) (25–33; $p < 0.0001$). Este nivel de diferenciación confirma que el aparato floral constituye uno de los órganos más informativos para discriminar accesiones silvestres, en concordancia con Ballesteros (2011), Quiñones et al. (2018) y Arévalo-Gardini et al. (2025), quienes destacaron la morfometría floral como

indicador de potencial reproductivo. Los caracteres cualitativos florales mostraron estabilidad del color del estaminodio (ColEsta) y variación en el color del pedúnculo floral (ColPF) (Tabla 20), patrón compatible con la expresión diferencial de antocianinas en materiales amazónicos (Vásquez, 2024). En la comparación múltiple (Tabla 21), MOR226 destacó por su alta densidad de cojines florales, mientras MOR198 y MOR220 presentaron dimensiones florales superiores, configurando perfiles asociados a mayor robustez floral, aunque con superposición parcial de grupos por la naturaleza gradual de la variación.

Finalmente, la Figura 7 (dendrograma Ward.D2, $k = 2$) integra los patrones observados en los análisis univariados y confirma la estructura fenotípica interna de la población evaluada. La agrupación de accesiones como MOR198, MOR200, MOR220 y MOR226 sugiere la concentración de combinaciones de rasgos diferenciados, coherentes con su desempeño en descriptores clave de porte, reproducción y floración. Este resultado reproduce el patrón de estructuración fenotípica descrito por Vásquez (2024), Arroyo (2022), Paredes (2020) y Arévalo-Gardini et al. (2025) para poblaciones silvestres de cacao en el Perú. En conjunto, los hallazgos confirman que el germoplasma silvestre del Morona constituye un acervo diverso y estructurado, con accesiones que destacan por atributos de interés agronómico y reproductivo, relevantes para conservación, selección y potenciales programas de mejoramiento.

CONCLUSIONES

1. La caracterización de las diecisiete accesiones de cacao silvestre del río Morona evidenció una combinación de estabilidad y variación fenotípica claramente diferenciada por órgano. En la planta, todas las accesiones presentaron hábito de crecimiento erecto (ForP), con variación en el color del follaje nuevo (ColF) por presencia o ausencia de antocianinas, y un vigor (VigP) distribuido entre débil, intermedio y vigoroso. En hoja predominó uniformidad absoluta, con la totalidad de accesiones expresando forma ovada (ForH) y presencia de pulvínulo (PreP). En flor, el color del estaminodio (ColEsta) fue invariablemente morado oscuro, mientras que el color del pedúnculo floral (ColPF) varió entre verde, verde con rojo y rojo. En mazorca se identificaron cuatro morfotipos, criollo (predominante), angoleta, amelonado y cundeamor, con forma ovalada uniforme (ForF), rugosidad de cáscara entre rugosa y muy rugosa (RugC), surcos mayoritariamente medios (Sur), ápice predominantemente agudo (ForA) y color amarillo claro dominante (ColM). En semilla destacó el cotiledón púrpura oscuro en el 60 % de las accesiones productivas, con variación en la forma longitudinal (ovada, elíptica, oblonga e irregular) y transversal (aplanada e intermedia).
2. En variabilidad cuantitativa, se demostró diferenciación estadística significativa en la mayoría de los descriptores estructurales y reproductivos. En planta, la altura (AltPla: 1.49–3.45 m; $p < 0.0001$), el diámetro de copa (DC: 0.95–2.92 m; $p = 0.0187$), el diámetro del tallo base (DTB: 4.50–13.60 cm; $p = 0.0001$) y el número de ramas terciarias (RamTer; $p = 0.0013$) revelaron contrastes consistentes en vigor y arquitectura. En hoja, la longitud (LonHo: 25.78–39.78 cm; $p = 0.0189$), el ancho (AncHo: 7.77–12.80 cm; $p < 0.0001$), el área foliar total (ATH: 136.26–317.39 cm²; $p = 0.0014$) y la longitud del pecíolo (LonPec: 1.60–3.40 cm; $p < 0.0001$) mostraron variación funcional asociada al desempeño fotosintético. La flor constituyó el órgano

más discriminante, con prácticamente todos sus descriptores altamente significativos ($p < 0.01$), destacando el número de cojines florales (NCF1m: 6–64; $p = 0.0001$) y el número de óvulos por ovario (NOO: 25–33; $p < 0.0001$), indicadores directos de potencial reproductivo. En mazorca, evaluable solo en las diez accesiones que fructificaron, la relación longitud/diámetro (L/D: 1.43–2.36; $p = 0.0335$), el índice de mazorca (IM: 14–43; $p = 0.0128$) y el espesor de cáscara (EspCas; $p = 0.0078$) mostraron capacidad diferenciadora, mientras que el peso de mazorca (PMA: 203.2–860.7 g) presentó alta amplitud sin significancia global. En semilla, aunque el número de semillas por mazorca (NSM; $p = 0.1472$) no discriminó accesiones, el peso con pulpa (PSP: 58.50–183.50 g; $p = 0.0071$), el índice de semilla (IS: 0.75–2.00; $p = 0.0010$) y las dimensiones LonSem, AncSem y EspSem ($p < 0.01$) confirmaron variabilidad morfométrica relevante.

3. El análisis multivariado del agrupamiento jerárquico mediante el método de Ward.D2 ($k = 2$) reveló una estructura fenotípica definida que integra coherentemente los patrones detectados en los análisis univariados. Se identificaron dos grupos morfológicos consistentes: el Grupo I, más numeroso y heterogéneo, agrupó accesiones con expresiones intermedias de los caracteres vegetativos y reproductivos, reflejando una base morfológica amplia y una variación gradual típica de poblaciones silvestres con baja presión de selección dirigida; y el Grupo II, conformado por las accesiones MOR-198, MOR-200, MOR-220 y MOR-226, se diferenció por concentrar valores superiores en descriptores clave de vigor vegetativo (altura, diámetro de copa, diámetro de tallo), eficiencia floral (cojines florales, dimensiones del perianto, óvulos por ovario) y desempeño reproductivo más promisorio del germoplasma evaluado.

RECOMENDACIONES

1. Conservar y evaluar prioritariamente las accesiones MOR-198, MOR-222, MOR-226 y MOR-238, por su superior desempeño en vigor, productividad y calidad de semilla, integrándolas en programas de mejoramiento y conservación del cacao amazónico.
2. Profundizar la caracterización con análisis moleculares y de calidad de grano para establecer relaciones genéticas y validar la variabilidad observada, orientando futuras estrategias de selección clonal.
3. Realizar evaluaciones fenológicas multianuales para confirmar la estabilidad de los caracteres morfológicos, florales y productivos, considerando prácticas agronómicas uniformes y registros por ciclo vegetativo.
4. Implementar estrategias de la conservación in situ en las zonas de origen y la preservación ex situ en colecciones vivas del INIA, asegurando la trazabilidad genética de las accesiones silvestres como base para el desarrollo de cultivares de cacao fino de aroma, adaptados al ecosistema amazónico.
5. Realizar evaluaciones agronómicas y productivas a largo plazo que permitan analizar el comportamiento de las accesiones bajo diferentes condiciones ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C. O., Flores-Isuiza, G., Zuñiga-Cernades, L. B., Arévalo-Gardini, J., Tuesta-Hidalgo, O. A., Ruiz-Camus, C. E., Baligar, V., Mehinhardt, L., & Zhang, D. (2025). Phenotypic diversity of wild cacao in Peru's largest germplasm bank: Novel insights for breeding and conservation. *Beverage Plant Research*, 5, Article bpr-0025-0024. <https://doi.org/10.48130/bpr-0025-0024>
- Arroyo Unchupaico, J. L. (2022). *Identificación y caracterización morfológica de 42 árboles promisorios de cacao (Theobroma cacao L.) provenientes de fincas de socios de la Cooperativa Agraria Cafetalera Pangoa*. Universidad Nacional del Centro del Perú. <https://repositorio.uncp.edu.pe/items/7aa64e37-b13e-40b1-b85a-8b325e30f73d>
- Ballesteros, C. (2011). *Caracterización morfológica de árboles élite de cacao (Theobroma cacao L.) en el municipio de Tumaco, Nariño – Colombia* [Tesis de pregrado, Universidad de Nariño]. <https://sired.udenar.edu.co/2953/1/86414.pdf>
- Bartra, J. M. (2009). *Caracterización preliminar morfológica y de productividad de 42 genotipos promisorios de cacao (Theobroma cacao L.) colectados en la cuenca del Huallaga – San Martín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/762>
- Bartley, B. (2005). *The genetic diversity of cacao and its utilization*. CABI. <https://doi.org/10.1079/9780851996196.0000>
- Baudilio Rondón, J., & Cumana Campos, L. J. (2005). Revisión taxonómica del género *Theobroma* (Sterculiaceae) en Venezuela. *Acta Botánica Venezuelica*, 28(1), 1–12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86228107>
- Carbajal, S. (2011). *Caracterización de árboles promisorios de cacao (Theobroma cacao L.) en la cuenca del río Marañón* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3387332>

- Carvalho, M. A., & Quesenberry, K. H. (2009). Caracterización morfológica del *Krap Arachis pinto* de EE.UU. y Greg. recopilación. *Sistemática y Evolución Vegetal*, 277, 1–11.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Genebank standards for plant genetic resources for food and agriculture*.
<https://www.fao.org/4/i3394e/i3394e.pdf>
- Ferreira, A. C. R. (2013). *Guía de beneficiamiento de cacao de calidad*. Instituto Cabruca. https://nbcgib.uesx.br/cicacau/arquivos/producao_tecnico_cientifica/guiabeneficiamento-2.pdf
- Ganoza, R., Normando, E., Rojas, J., Olguín, U., Zegarra, M., Moscol, M., & Ganoza, R. (2012). *Manual del cultivo de cacao blanco en Piura*. Editorial Athenea.
- García, L. (2008). *Estudio de caracterización del potencial del cacao en el Perú*. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR). https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/estudio_caracterizacion.pdf
- INEI. (2022). *Producción de cacao creció 13,8% en agosto del presente año*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-cacao-crecio-138-en-agosto-del-presente-ano-12463>
- IPGRI (Bioversity International). (2012). *A global strategy for the conservation and use of cacao genetic resources, as the foundation for a sustainable cocoa economy* (B. Laliberté, Ed.). CacaoNet, Bioversity International.
https://www.cacaonet.org/fileadmin/templates/CacaoNet/Uploads/publications/A_global_strategy_for_the_conservation_and_use_of_cacao_genetic_resources_as_the_foundation_Abbreviated_version_1989.pdf

- Lozano-Povis, A., Álvarez-Montalván, C. E., & Moggiano, N. (2021). El cambio climático en los Andes y su impacto en la agricultura: una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101–108. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>
- Martins, J. M., et al. (2011). *Melhoria da qualidade de cacau*. Ceplac/Cenex. http://nbcgib.uesc.br/cicacau/arquivos/producao_tecnico_cientifica/qualidade-do-cacau.pdf
- Mello, D., & Gross, E. (2013). *Guía de manejo do agroecossistema cacau cabruca* (Vol. 1). Instituto Cabruca.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2025). *Sector agropecuario alcanzó un crecimiento de 4,9 % entre enero–noviembre 2025*. Plataforma del Estado Peruano. <https://panamericana.pe/nacionales/463336-midagri-sector-agropecuario-alcanzo-crecimiento-4-9-enero-noviembre-2025>
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J. W., Loor, R., Kuhn, D. N., & Brown, J. S. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE*, 3(10), e3311. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>
- Paredes Meneses, C. (2020). *Caracterización morfológica del banco de germoplasma de cacao nativo (Theobroma cacao L.) del INIA Loreto – Perú* [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <https://api-repositorio.unapikitos.edu.pe/server/api/core/bitstreams/866da006-f929-4c36-b769-8ccd0bd34024/content>
- Portugal. (2019). *El cacao silvestre boliviano es de alta calidad*. Helvetas Bolivia. https://www.helvetas.org/es/bolivia/quienes-somos/siguenos/noticias/El-cacaosilvestre-boliviano-es-de-alta-calidad_pressrelease_5045

- Quiñones, M., Espinoza, E., Yovera, F., Cuchilla, Y., & Castro, D. (2018). Identificación, georreferenciación y caracterización morfológica de árboles superiores de *Theobroma cacao* L. 1753 cultivar Cacao Blanco de Piura, Perú. *The Biologist (Lima)*, 16(1), 105–117. <https://www.researchgate.net/publication/325306443>
- Restrepo, T. I., & Urrego, J. E. (2018). *Protocolo para la caracterización morfológica de árboles élite de cacao (Theobroma cacao L.)*. Fundación Luker. https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/06/Cartilla_Protocolo_Cacao-dic20_VFF.pdf
- Sánchez, C., & Jaffé, K. (1992). El género *Theobroma* en el Territorio Federal Amazonas (Venezuela): distribución geográfica. *Turrialba*, 39(4), 446–454. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10735>
- Sampaio, E. (2013). *Realizações de um cacaucultor* (2.^a ed.). Salvador: CEPLAC.
- Sodré, G. A. (2017). *Cultivo do cacaueiro no estado da Bahia*. CEPLAC/CEPEC.
- Soto Amacifuen, M. G. (2019). *Caracterización morfológica de 28 accesiones de cacao silvestre (Theobroma cacao L.) de las cuencas Santiago y Morona – Alto Amazonas* [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/d6771a3e-3ce5-4e16-ba46-d2fdd8d3a792>
- Valle, R. R. (2012). *Ciência, tecnologia e manejo do cacaueiro* (2.^a ed.). CEPLAC/CEPEC/SEFIS.
- Vásquez García, J. (2024). *Caracterización agro-morfológica de genotipos de Theobroma cacao L. cacao élite, como estrategia de conservación genética bajo condiciones de trópico seco, Utcubamba, Amazonas, Perú* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/13281>

Wadsworth, R. M., Ford, C. S., End, M. J., & Hadley, P. (1997). *International Cocoa Germplasm Database* (2.^a ed.). University of Reading.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de evaluación del ICT

Ficha de evaluación de caracterización morfológica de accesiones de cacao 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.- Diámetro de la copa (m)

1.5.- Número de frutos a 1m. desde el injerto

1.6.- Diámetro 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.- Diámetro del fruto (cm)						
2.4.- Razon L/D						
2.5.- Peso de la semilla c/pulpa (g)						
2.6.- Forma del fruto						
2.7.- Rugosidad de la cascara						
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

0 = acorte 3 = suave 5 = intermedio 7 = fuerte

2.13.- Forma del ápice:

Marque el tipo de ápice

Redondeado Obtuso Agudo Mucronado

2.14.- Marque el Tipo de fruto

Amelonado Cundeamor Angoleta Calabacillo Criollo Pentagona

2.15.- Superficie: Lisa Rugosa Muy Rugosa

2.16.- Surcos: Superficiales Medios Profundos

2.17.- Color de la mazorca (x)

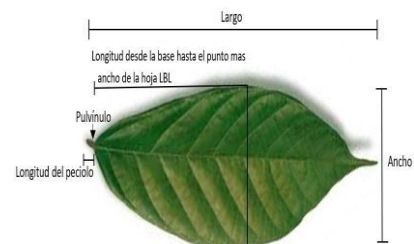
	R= Rojo	De las combinaciones
C=Crema	W= Blanco	OR= Naranja rojizo
E=Gris	Y= Amarillo	RK= Rojo Rosa
G=Verde	L= Claro	YL= Amarillo Claro
K=Rosa	D= Oscuro	R+Y= Rojo con franjas amarillas
O=Naranja	I= Intensa	Y+O= Amarillo con franjas naranjas
P=Púrpura		OR+Y=con franjas amarillas

2.18.- Tamaño de fruto

	1	2	3	4	5
Pequeño: < de 15 cm					
Mediano: De 16 a 19 cm					
Grande: > de 20 cm					

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 pulvínulo	Si					
	No					
3.7.- Forma de la hoja (L/LBL)	> de 2: Ovoides					
	= de 2: Elíptica					
	< de 2: Ovada					



4.- Semilla

Nº.- 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



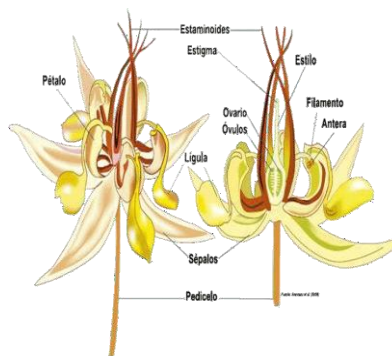
4.6.- Forma transversal



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. Fotografías de campo y laboratorio



Foto N°1. Señalización del Banco de Germoplasma de Cacao Silvestre – Colecta Amazónica, Instituto de Cultivos Tropicales



Foto N°2. Medición de la altura de fuste de las accesiones en campo utilizando cinta métrica.



Foto N°3. Registro del peso fresco de mazorca y anotación de descriptores morfológicos en laboratorio.



Foto N°4. Observación de estructuras florales de cacao bajo microscopio estereoscópico.



Foto N°5. Arquitectura de la planta de cacao (accesión MOR-216) con ramificación primaria en forma de "V".



Foto N°6. Fructificación cauliflora en accesión MOR-198 con mazorcas inmaduras verdes de forma ovalada.



Foto N°7. Pesaje de mazorca madura (521,4 g) y ficha de evaluación de descriptores de fruto.



Foto N°8. Morfología foliar de la accesión MOR-192 mostrando variación en longitud y ancho de lámina (índice L/LB).



Foto N°9. Flor completa de cacao mostrando pétalos, sépalos y estigmas bifurcados.



Foto N°10. Cojinetes florales en tronco con botones y flores abiertas.



Foto N°11. Brotes florales en tronco de cacao (fase inicial de antesis)



Foto N°12. Detalle de sépalo en flor de cacao: estructura filiforme y longitud.



Foto N°13. Pétalo con lígula característico del cacao.



Foto N°14. Pistilo de flor de cacao: ovario esférico con estilo alargado.



Foto N°15. Estaminoide de flor de cacao con tonalidad rojiza y ápice curvado.



Foto N°16. Semilla de cacao en corte transversal mostrando embrión y cotiledones.



Foto N°17. Medición del Diámetro de semilla de cacao con calibrador vernier.



Foto N°18. Medición de la longitud de semilla de cacao con calibrador vernier.



Foto N°19. Determinación del espesor de semilla de cacao con calibrador vernier.

Anexo 3. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
Problema general: ¿Cuál es la variabilidad agromorfológica existente entre las accesiones de cacao silvestre (<i>Theobroma cacao</i> L.) colectadas en la cuenca del río Morona, provincia del Datem del Marañón, Loreto, Perú? Problemas específicos: 1. ¿Cuáles son las características morfológicas cualitativas de las accesiones de cacao silvestre evaluadas? 2. ¿Qué variabilidad cuantitativa presentan los caracteres morfológicos en planta, hoja, flor, mazorca y semilla? 3. ¿Cómo se agrupan las accesiones evaluadas según similitud agromorfológica?	Objetivo general: Caracterizar agromorfológicamente accesiones de cacao silvestre (<i>Theobroma cacao</i> L.) colectadas en la cuenca del río Morona, provincia del Datem del Marañón, Loreto, Perú. Objetivos específicos: 1. Describir las características morfológicas cualitativas de las accesiones de cacao silvestre. 2. Evaluar la variabilidad cuantitativa de los descriptores morfológicos en las accesiones estudiadas. 3. Agrupar las accesiones de cacao silvestre mediante análisis multivariado en función de sus descriptores agromorfológicos.	Hipótesis general: Existe variabilidad significativa en los descriptores agromorfológicos de las accesiones de cacao silvestre (<i>Theobroma cacao</i> L.) colectadas en la cuenca del río Morona, Loreto, Perú. Hipótesis específicas: 1. Las accesiones de cacao silvestre presentan diferencias cualitativas en los descriptores de planta, hoja, flor, mazorca y semilla. 2. Los descriptores cuantitativos muestran variabilidad significativa entre accesiones. 3. El análisis multivariado permite identificar agrupamientos definidos entre las accesiones estudiadas.	Variable principal: Caracterización agromorfológica de accesiones de cacao silvestre. Dimensiones: Planta – Hoja – Flor – Mazorca – Semilla Descriptores principales: Planta: altura, diámetro de tallo, diámetro de copa, vigor, hábito de crecimiento. Hoja: longitud, ancho, área foliar, forma, color, pulvínulo. Flor: longitud de sépalo, pétalo, estaminoide, ovario, número de óvulos. Mazorca: peso, longitud, diámetro, forma, color, número de semillas por fruto, espesor de cáscara. Semilla: longitud, ancho, espesor, color del cotiledón, forma longitudinal y transversal.	Tipo y diseño de investigación: Investigación de tipo descriptivo, de enfoque cuantitativo, con diseño no experimental y transversal. Población y muestra: Población: accesiones de cacao silvestre colectadas en la cuenca del río Morona. Muestra: 17 accesiones seleccionadas. Instrumentos de recolección de datos: Fichas de descriptores agromorfológicos del IPGRI (2002), Restrepo & Urrego (2018) y García (2010), registros fotográficos y mediciones de campo. Técnicas de análisis de datos: Estadística descriptiva (media, desviación estándar, coeficiente de variación y rangos), prueba paramétrica (<i>Scott & Knott</i>) y análisis multivariado mediante conglomerados jerárquicos utilizando el método Ward.D2. Software: Infostat 2020

Anexo 41. Reporte de TURNITIN (% de Similitud)

Página 1 de 74 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::15388:602608035

Carlos Daniel Chú Altamirano**INFORME DE TESIS - Carlos Daniel Chú Altamirano PDF.pdf** Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas**Detalles del documento**

Identificador de la entrega

trn:oid::15388:602608035

Fecha de entrega

25 jun 2026, 9:34 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

25 jun 2026, 9:36 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFORME DE TESIS - Carlos Daniel Chú Altamirano PDF.pdf

Tamaño del archivo

1.1 MB

68 páginas

16.059 palabras

83.037 caracteres



Página 1 de 74 - Portada

Identificador de la entrega trn:oid::15388:602608035



10% 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

- 9%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 4%  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.

