UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA COLECCIÓN NACIONAL DE AMARANTO (*Amaranthus* spp.) EN SAN JOSÉ DE CHALTURA-IMBABURA

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

Jeremy Joel Luzon Posligua

DIRECTORA:

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD

Ibarra, 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA COLECCIÓN NACIONAL DE AMARANTO (*Amaranthus* spp.) EN SAN JOSÉ DE CHALTURA-IMBABURA

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD _____

DIRECTORA FIRMA

Lic. Ima Sumac Sánchez de Céspedes, Msc _____

ASESORA FIRMA

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	2100791561		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Luzon Posligua Jeremy Joel		
DIRECCIÓN:	Shushufindi-Sucumbíos, Vía Aguarico 3-km5		
EMAIL:	jjluzonp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	N/A	**TELÉFONO MÓVIL:**	0983649491

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación del comportamiento agronómico de la colección nacional de amaranto (*Amaranthus* spp.) en San José de Chaltura-Imbabura
AUTOR (ES):	Luzon Posligua Jeremy Joel
FECHA: DD/MM/AAAA	09/05/2025
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	■ **PREGRADO** □ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	PhD. Doris Salomé Chalampuente Flores

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 9 días del mes de mayo de 2025

EL AUTOR:

.....
Luzon Posligua Jeremy Joel

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luzon Posligua Jeremy Joel, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 9 días del mes de mayo de 2025

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD
DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 9 días del mes de mayo del 2025

Luzon Posligua Jeremy Joel: Evaluación del comportamiento agronómico de la colección nacional de amaranto (*Amaranthus* spp.) en San José de Chaltura-Imbabura. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 9 días del mes de mayo del 2025, con 86 páginas.

DIRECTOR (A): PhD. Doris Salome Chalampuente Flores

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento agronómico de la colección nacional de amaranto (*Amaranthus* spp.) en San José de Chaltura – Imbabura. Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar el potencial productivo de las accesiones en la colección nacional de amaranto bajo las condiciones de Chaltura, Imbabura.
- Analizar la severidad de plagas y enfermedades en la colección nacional de amaranto.
- Identificar material promisorio como posible alternativa para procesos de fitomejoramiento.

…….

Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD

Directora de Trabajo de Grado

……

Luzon Posligua Jeremy Joel

Autor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte (UTN) por brindar el espacio y los recursos para esta investigación, así como al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP) y al Banco Nacional de Germoplasma del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos (DENAREF) por proporcionar el material genético evaluado. Mi gratitud también al Fondo de Investigación para la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA), a través del Proyecto CA-2023-18 Fortalecimiento del Centro de Bioconocimiento La Pradera como eje integrador de bancos comunitarios de semillas de Imbabura y la generación de sistemas alimentarios más sostenibles y resilientes, investigación ubicada en la Granja Experimental La Pradera.

Agradezco de manera especial al Ing. Edwin Naranjo, técnico del INIAP, por su invaluable orientación y acompañamiento durante todo el proceso, brindándonos su conocimiento y experiencia para la correcta ejecución del estudio.

A la Dra. Doris Chalampuente, directora de esta tesis, por su guía, enseñanzas y apoyo constante, que me permitieron comprender y estructurar adecuadamente cada fase de la investigación.

A la Lic. Ima Sánchez, por su compromiso en la revisión y corrección del documento, aportando con su criterio para mejorar su calidad.

A la Dra. Julia Prado, por su excelencia como biometrista y su apoyo en la interpretación de los datos, un aspecto clave en el análisis de los resultados.

A la Dra. Magali Cañarejo, por su orientación en la redacción del documento y los valiosos consejos que me ayudaron a fortalecer mi defensa.

Finalmente, a mi familia y amigos, cuyo apoyo y motivación han sido fundamentales para alcanzar este logro. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

A mis padres, Enrique Luzón y Gladys Posligua, por ser mi pilar fundamental, por su amor incondicional y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mi hermana, Mishell Luzón, por su apoyo constante y por ser una fuente de motivación en mi vida.

A mi amiga Geraldine Escobar y su familia, por el apoyo mutuo brindado durante la fase de campo de nuestro estudio. Su colaboración y compañía hicieron que este proceso fuera más llevadero, compartiendo conocimientos y esfuerzos en la evaluación del cultivo de amaranto.

A mis amigos cercanos, quienes, con cada palabra de aliento y cada pequeño gesto, me brindaron la fuerza para seguir adelante en este proceso.

Con todo mi cariño y gratitud, les dedico este logro.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS viii
ÍNIDICE DE FIGURAS xii
ÍNIDICE DE TABLAS xiii
ÍNIDICE DE ANEXOS xiv
RESUMEN xv
CAPITULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
1.1. Antecedentes 1
1.2. Problema de investigación 3
1.3. Justificación 4
1.4. Objetivos 6
1.4.1 Objetivo general 6
1.4.2 Objetivos específicos 6
1.5. Hipótesis 6
1.5.1 Hipótesis nula (Ho): 6
1.5.2 Hipótesis alternativa (Ha): 6
CAPITULO II 7
MARCO TEÓRICO 7
2.1. Amaranto 7
2.1.1 Origen y distribución 7
2.2. Descripción taxonómica y botánica 7
2.2.1 Taxonomía 7
2.2.2 Morfología 8
2.3. Requerimientos edafoclimáticos 11
2.3.1 Zonas de producción en el país 11
2.4. Fases fenológicas del amaranto 11
2.4.1 Emergencia 11
2.4.2 Fase vegetativa 11
2.4.4 Madurez fisiológica 12
2.4.5 Madurez de cosecha 13
2.5. Requerimientos del cultivo 13

2.5.1 Suelo 13
2.5.2 Temperatura 13
2.5.3 Necesidad de agua 13
2.5.4 Fertilización 14
2.6. Control de malezas 14
2.6.1 Método manual 14
2.6.2 Método químico 14
2.7. Cosecha y almacenamiento 14
2.8. Plagas y enfermedades del cultivo del amaranto 15
2.9. Marco legal 15
CAPITULO III 18
MARCO METODOLÓGICO 18
3.1. Caracterización del área de estudio 18
3.2. Características climáticas 18
3.3. Materiales, equipos, insumos y herramientas 19
3.4. Métodos 19
3.5. Factor en estudio 20
3.6. Diseño experimental 20
3.7. Características del experimento 20
3.8. Características de la unidad experimental 21
3.9. Análisis estadístico 21
3.10. Variables en estudio 21
3.10.1 Largo de panoja (LPT) (cm) 21
..... 22
3.10.2 Distancia entrenudos (DN) (cm) 22
3.10.3 Diámetro del tallo (DT) (cm) 22
3.10.4 Altura de la planta (AP) (cm) 23
3.10.5 Longitud de la hoja (LH) (cm) 23
3.10.6 Ancho de la hoja (AH) (cm) 24
3.10.7 Longitud del peciolo (LP) (cm) 24
3.10.9 Rendimiento de grano por planta (RTO) (g) 26
3.10.10 Peso de 1000 semillas (P1000)(g) 26

3.11. Manejo específico del experimento....28
3.11.1 Análisis del suelo....28
3.11.2 Preparación del suelo....28
3.11.3 Trazado de parcelas....28
3.11.4 Siembra....28
3.11.5 Densidad de siembra....28
3.11.6 Riego....29
3.11.7 Fertilización....29
3.11.8 Controles Fitosanitarios....29
3.11.9 Toma de datos....29
3.11.10 Cosecha....29
CAPÍTULO IV....30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN....30
4.1. Análisis poblacional....30
4.1.1 Arquitectura de la planta....30
4.1.2 Variables foliares....30
4.1.3 Inflorescencia y reproducción....31
4.1.4 Rendimiento y calidad del grano....31
4.2. Análisis de Componentes Principales (ACP) en la colección de amaranto....32
4.3. Análisis de conglomerados en 90 accesiones de amaranto....34
4.4. Variabilidad morfológica de la colección de Amaranto a nivel grupal....38
4.5. Incidencia de plagas y enfermedades....43
4.6. Selección de materiales promisorios....47
4.6.1 Grupo 1....47
4.6.2 Grupo 2....48
4.6.3 Grupo 3....50
4.6.4 Grupo 4....53
CAPÍTULO V....56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES....56
5.1. Conclusiones....56
5.2. Recomendaciones....57
CAPITULO VI....58

REFERENCIAS 58
ANEXOS 63

ÍNIDICE DE FIGURAS

Figura 1 Formas y actitud de la inflorescencia de amaranto..... 9
Figura 2 Pixidio unilocular de amaranto..... 10
Figura 3 Diagrama de sección trasversal (a) y longitudinal (b) de la semilla..... 11
Figura 4 Ubicación geográfica del área de estudio de las accesiones de amaranto evaluadas...18
Figura 5 Unidad experimental..... 20
Figura 6 Medición del largo de la panoja con cinta métrica ……..22
Figura 7 Medición de la distancia entre nudo con cinta métrica ……..……22
Figura 8 Medición del diámetro del tallo con un vernier ……23
Figura 9 Medición de altura de la planta con cinta métrica ……..…23
Figura 10 Medición de la longitud de la hoja con cinta métrica……....24
Figura 11 Medición del ancho de la hoja con cinta métrica ……....24
Figura 12 Medición de la longitud del peciolo con cinta métrica ……....25
Figura 13 Medición del diámetro de la panoja con cinta métrica ……....26
Figura 14 Medición del tamaño de la inflorescencia terminal con cinta métrica ……....26
Figura 15 Rendimientos de cada repetición por accesión para su respectivo pesaje en balanza digital……....27
Figura 16 Incidencia de enfermedades en una accesion de amaranto ……..…...……....28
Figura 17 Incidencia de plagas en accesiones de amaranto ……..…...……....28
Figura 18 Distribución de las variables originales de accesiones sobre el primero y segundo componente principal en la caracterización de una colección de amaranto ……..……....35
Figura 19 Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward que muestra las relaciones cuantitativas entre 90 accesiones de *Amaranthus* spp.....……....37
Figura 20 Incidencia de minador del tallo y masticadores en el conglomerado 1 ……....44
Figura 21 Incidencia de minador del tallo y masticadores en el conglomerado 2 ……....44
Figura 22 Incidencia de minador del tallo y masticadores en el conglomerado 3 ……....45
Figura 23 Incidencia de minador del tallo y masticadores en el conglomerado 4 ……....45

ÍNIDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del amaranto 8
Tabla 2 Caracterización agroclimática del área de estudio de la evaluación agronómica 19
Tabla 3 Materiales, equipos, insumos y herramientas..... 19
Tabla 4 Medias de la unidad experimental y parcela neta 21
Tabla 5 Arquitectura de la planta……..……...31
Tabla 6 Variables foliares……..…….32
Tabla 7 Inflorescencia y reproducción…….32
Tabla 8 Análisis poblacional de las variables evaluadas…...……..33
Tabla 9 Valores propios y proporción de la varianza explicada en análisis de componentes principales en la colecta de amaranto……34
Tabla 10 Vectores propios de los primeros dos componentes principales en la caracterización de la colección de amaranto……..……....34
Tabla 11 ADEVA para variables agronómicas según los conglomerados formados de Amaranthus spp…….38
Tabla 12 Porcentajes de incidencia de Plagas y Enfermedades identificados en la colección de amarantos ……..……..….43
Tabla 13 Accesiones del grupo 1 como posibles opciones para mejoramiento genético ….….47
Tabla 14 Accesiones del grupo 2 como posibles opciones para mejoramiento genético ..…..49
Tabla 15 Accesiones del grupo 3 como posibles opciones para mejoramiento genético ….….51
Tabla 16 Accesiones del grupo 3 como posibles opciones para mejoramiento genético..…….54

ÍNIDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Diseño de bloques completos al azar del estudio – distribución de las accesiones en el área de estudio..…….63

Anexo 2 Análisis de suelo del área de estudio……..64

Anexo 3 Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward del conglomerado 1……...…65

Anexo 4 Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward del conglomerado 2……...…65

Anexo 5 Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward del conglomerado 3……...…66

Anexo 6 Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward del conglomerado 4……...…67

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LA COLECCIÓN NACIONAL DE AMARANTO (*Amaranthus* spp.) EN SAN JOSÉ DE CHALTURA-IMBABURA

Luzon Posligua Jeremy Joel
Universidad Técnica del Norte
Correo: jjluzonp@utn.edu.ec

RESUMEN

El amaranto (*Amaranthus* spp.) es un cultivo de relevancia estratégica para la diversificación agrícola y la seguridad alimentaria. Su alta adaptabilidad y valor nutricional lo posicionan como una alternativa sostenible frente a los desafíos del cambio climático. Con el propósito de identificar material promisorio para programas de fitomejoramiento, a través de la presente investigación se evaluó 90 accesiones de amaranto, las cuales se adaptaron exitosamente a las condiciones agroclimáticas de San José de Chaltura-Imbabura. Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar, y se evaluaron 11 descriptores cuantitativos. Se conformaron 4 grupos, de los cuales destaca el conglomerado 3 (44 accesiones) al presentar accesiones con el mayor rendimiento de grano (28 g/planta aproximadamente), sin embargo, en el conglomerado 4 (11 accesiones) se agrupan accesiones que presentan mayor peso de 1000 semillas, con una media de 0.91 g, y por últimos el conglomerado 1 (13 accesiones) y 2 (22 accesiones) sin tener valores resaltantes. En cuanto a la evaluación de plagas, los masticadores (Lepidópteros) y el minador del tallo (*Hydrellia* spp.) registraron mayores incidencias en los conglomerados C1 y C2 (80% aproximadamente), mientras que enfermedades como la roya (*Puccinia amaranthi* H.) y el mal negro (*Choanephora cucurbitarum* B.) se presentaron en dos accesiones, que resultaron ser las más susceptibles (ECU-033 y ECU-3828). Se identificaron tres accesiones como material promisorio (ECU-142, ECU-205 y ECU-3826) por su adaptabilidad y características productivas, materiales que requieren nuevos ciclos de evaluación para determinar su potencial y aceptación en el mercado.

Palabras clave: ataco, caracterización agronómica, conservación ex situ, variabilidad genética, materiales promisorios.

EVALUATION OF THE AGRONOMIC BEHAVIOR OF THE NATIONAL COLLECTION OF AMARANTH (*Amaranthus* spp.) IN SAN JOSÉ DE CHALTURA-IMBABURA

Luzon Posligua Jeremy Joel

Universidad Técnica del Norte

Correo: jjluzonp@utn.edu.ec

ABSTRACT

Amaranth (*Amaranthus* spp.) is a crop of strategic importance for agricultural diversification and food security. Its high adaptability and nutritional value position it as a sustainable alternative to the challenges of climate change. With the aim of identifying promising material for plant breeding programs, this research evaluated 90 amaranth accessions, which successfully adapted to the agroclimatic conditions of San José de Chaltura, Imbabura. A randomized complete block experimental design was used, and 11 quantitative descriptors were evaluated. Four groups were formed, of which cluster 3 (44 accessions) stands out for presenting accessions with the highest grain yield (approximately 28 g/plant); however, cluster 4 (11 accessions) includes accessions that have a higher weight of 1000 seeds, with an average of 0.91 g, and finally cluster 1 (13 accessions) and 2 (22 accessions) without having outstanding values. Regarding pest assessment, chewing insects (Lepidoptera) and stem miners (Hydrellia spp.) were most prevalent in clusters C1 and C2 (approximately 80%), while diseases such as rust (Puccinia amaranthi H.) and black mold (Choanephora cucurbitarum B.) occurred in two accessions, which turned out to be the most susceptible (ECU-033 and ECU-3828). Three accessions were identified as promising material (ECU-142, ECU-205 and ECU-3826) due to their adaptability and productive characteristics. These materials require further evaluation to determine their potential and market acceptance.

Keywords: ataco, agronomic characterization, ex situ conservation, genetic variability, promising materials.

CAPITULO I
INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El interés creciente en la alimentación saludable ha puesto de relieve la importancia de los pseudocereales, como el amaranto (*Amaranthus* spp.) y la quinua (*Chenopodium quinoa* W.) (Kumari et al., 2023). Estos cultivos se destacan como alternativas nutritivas y libres de gluten frente a los cereales tradicionales, su resistencia y eficiencia en el uso de recursos los convierten en opciones valiosas para países en desarrollo con limitaciones agrícolas (González et al., 2022). Según Tavitas et al. (2021) la importancia de incrementar la productividad y la adaptabilidad del amaranto a diversas condiciones agroclimáticas mediante la implementación de cruzamientos de material genético que exhiban características agronómicas superiores permite obtener variedades de alto rendimiento, resistentes a factores bióticos y abióticos, y adaptadas a diversas regiones. Esta estrategia no solo responde a la necesidad de optimizar el rendimiento del cultivo en contextos de variabilidad climática, sino que también está alineada con la imperiosa necesidad de diversificar la producción agrícola frente a los efectos adversos del cambio climático.

El género *Amaranthus* tiene alrededor de 70 especies, con aproximadamente 40 originarias de América y el resto distribuidas en Australia, África, Asia y Europa, específicamente, *A. caudatus* L**.**, *A. hypochondriacus* L**.** y *A. cruentus* L**.** se destacan por su alto valor nutricional y uso versátil en la producción de alimentos, forraje, aceites y productos cosméticos, entre otros (Carmona y Orsini, 2010). Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2010), *Amaranthus caudatus* L. se cultiva principalmente por sus granos y como planta ornamental, caracterizándose por inflorescencias colgantes y semillas pequeñas de color claro, además de ser resistente a condiciones adversas. *Amaranthus hypochondriacus* L. es conocida por sus granos comestibles, inflorescencias erguidas y semillas más grandes de color crema a oscuro, destacándose por su adaptabilidad a diversos climas. *Amaranthus cruentus* L., por su parte, es versátil, cultivada por sus granos, hojas comestibles y como planta ornamental, con inflorescencias densas y erguidas de color rojizo a púrpura.

La diversidad fenotípica de las variedades locales de amaranto negro en la Sierra ecuatoriana es de gran relevancia cultural y social, dado que este cultivo tradicional desempeña un papel fundamental en la región (Peralta, 2012). Entre los rasgos cuantitativos, se destacó una alta

variabilidad en el rendimiento de grano por planta (21 gramos). Asimismo, los rasgos cualitativos relacionados con la pigmentación de la planta y la forma de la inflorescencia mostraron diferencias notables entre las diferentes provincias. Sin embargo, se observaron pocas diversidades significativas entre las dos colectas de germoplasma, la colecta A (1978 y 1988) con un total de 61 acciones y la colecta B (2014 y 2015) con un total de 207 accesiones ambas pertenecientes a las provincias de Chimborazo, Cotopaxi e Imbabura. Lo que sugiere una adecuada conservación del germoplasma en las fincas por parte de los agricultores. Este hecho beneficia tanto a los programas de mejora genética como a la gestión del Banco de Germoplasma de INIAP en Ecuador (Delgado et al., 2022).

La investigación de Jahan et al. (2020) reveló una amplia diversidad fenotípica en 42 accesiones de amaranto estudiadas en Gazipur ubicado en la división de Daca, en Bangladés (India). El análisis identificó variaciones cualitativas significativas en características clave, como la ramificación, la pubescencia, la forma y el margen de las hojas, así como en la forma de inclinación de las inflorescencias. Además, se registraron diferencias notables en la densidad de las inflorescencias y el color en el tallo, las hojas, los pecíolos y las semillas de las plantas. Entre todas las características evaluadas, destaca el hecho de que el coeficiente de variación más alto se obtuvo en la longitud de las ramas laterales superiores (40.45 centímetros), lo que resalta la amplitud de la variabilidad fenotípica en esta población de amaranto. Por otro lado, el peso de 1000 semillas mostró oscilaciones significativas, variando entre 2.45 y 4.5 gramos, resaltando así la riqueza y amplitud de la diversidad fenotípica presente en esta especie.

La investigación de Tavitas et al. (2021) se centró en la mejora genética del amaranto (*Amaranthus* spp.) mediante cruzamientos intervarietales para desarrollar líneas avanzadas F4 con características deseables para la mecanización de la cosecha. Utilizando la técnica de mini plantas, se realizaron cruzamientos dirigidos, obteniendo 6404 semillas F2. Durante el periodo primavera-verano del año 2017, se implementó un proceso de selección de material genético en fase F3 utilizando una metodología de selección masiva con ajustes técnicos. Como resultado de este trabajo, en el año 2018 se establecieron ocho nuevas líneas F4. Estas mejoras genéticas contribuyen a la obtención de variedades modernas con mayor rendimiento y adaptabilidad, permitiendo la mecanización del cultivo y aumentando su sustentabilidad.

1.2. Problema de investigación

El cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp.) en Ecuador se concentra en las provincias de Imbabura, Tungurahua y Cañar, en altitudes entre 2 000 y 3 500 m s.n.m., sin embargo, existe una carencia significativa de información detallada sobre el desempeño agronómico de la colección nacional de esta especie en las diversas condiciones agroclimáticas del país (Delgado et al., 2022). Esta falta de evaluación comprehensiva limita la comprensión de cómo las distintas variedades se adaptan a los microclimas y sistemas de cultivo ecuatorianos, obstaculizando así el aprovechamiento óptimo de este cultivo en los sistemas alimentarios nacionales.

Paralelamente, Ecuador enfrenta una creciente inseguridad alimentaria con un aumento moderada de 20.7 a 32.7% en los últimos períodos, caracterizada por una distribución inadecuada de alimentos entre la población (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura [FAO], 2022). Un factor clave en esta problemática es la falta de diversificación agrícola, con una dependencia excesiva en monocultivos convencionales como el maíz (*Zea mays* L.) y el trigo (*Triticum aestivum* L.) (Ebel et al., 2016). Esta práctica no solo restringe la variedad de alimentos disponibles, sino que también expone a la población a riesgos asociados con la producción, precios y disponibilidad de estos cultivos dominantes.

Los monocultivos, además, provocan un desgaste progresivo de los suelos agrícolas entre 50 y 200 Mg ha^{-1} $año^{-1}$, causando erosión y empobrecimiento de las capas superiores, lo que reduce su fertilidad a largo plazo (Estrada et al., 2017). Este enfoque agrícola también impacta negativamente en los ecosistemas circundantes, provocando pérdida de biodiversidad del 51.2% en Latinoamérica, degradación de hábitats naturales y desaparición de microflora y fauna benéficas del suelo (Morán, 2021). Consecuentemente, los cultivos se vuelven más susceptibles a plagas y enfermedades, aumentando la dependencia de pesticidas y fertilizantes químicos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (IFAD), el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), el Programa Mundial de Alimentos (WFP) y la Organización Mundial de la Salud (WHO) reportaron en el 2024 que, en respuesta a estos desafíos, los sistemas alimentarios actuales demandan una mayor diversificación de productos para satisfacer de manera sostenible las necesidades de una población global en crecimiento, esta diversificación implica aumentar la producción de una amplia gama de especies locales, como el amaranto. Los mismos autores

mencionan que la diversidad de productos alimenticios no solo enriquece la oferta gastronómica, sino que también contribuye a la resiliencia de los sistemas alimentarios al promover la conservación de variedades autóctonas, impulsar la economía local y reducir la dependencia de unas pocas especies agrícolas dominantes.

Para abordar estos desafíos interconectados, es crucial promover prácticas agrícolas más diversas y sostenibles, implementar políticas que garanticen un acceso equitativo a alimentos seguros y nutritivos, y fomentar la investigación y desarrollo de cultivos alternativos como el amaranto. Estas acciones no solo podrían mejorar la seguridad alimentaria en Ecuador, sino también contribuir a la sostenibilidad agrícola y la conservación de la biodiversidad a largo plazo.

1.3. Justificación

La falta de conocimiento agrícola representa un obstáculo significativo para los agricultores, ya que les impide tomar decisiones informadas sobre sus cultivos. Esto se traduce en una limitación en las oportunidades de diversificación de sus producciones (Peralta, 2012). En última instancia, esta carencia de información podría tener consecuencias adversas, afectando negativamente tanto la seguridad alimentaria en la comunidad como la economía local.

Expandiendo esta idea, Hernández et al. (2018) argumentan que la carencia de conocimiento en la agricultura no solo obstaculiza la toma de decisiones de los agricultores, sino que también restringe su capacidad de diversificar sus cultivos y prácticas. Esto, a su vez, plantea una amenaza potencial para la seguridad alimentaria de la región y puede tener un impacto perjudicial en la economía local. Por lo tanto, abordar esta falta de conocimiento se convierte en una prioridad para fortalecer tanto la estabilidad alimentaria como la prosperidad económica en la comunidad agrícola.

Además, al comprender cómo las diversas variedades de amaranto responden a las variaciones en las condiciones agroclimáticas, los agricultores, investigadores y responsables de políticas agrícolas podrán tomar decisiones fundamentadas para impulsar el cultivo de amaranto de manera más efectiva, mejorando así la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de la agricultura en el país. La evaluación de la diversidad genética y el potencial productivo del amaranto es fundamental para su aprovechamiento en la seguridad alimentaria y el desarrollo de usos alternativos en la agroecología. El amaranto, reconocido por su alto valor nutricional debido a

su contenido de proteínas de alta calidad y aminoácidos esenciales, constituye una alternativa viable para mejorar la alimentación humana y animal (Algara et al., 2013).

Además de su importancia alimentaria, diversas investigaciones han destacado su potencial en sistemas agrícolas sostenibles, ya que ciertas especies de amaranto pueden actuar como hospedadoras de enemigos naturales, favoreciendo el control biológico de plagas y reduciendo la dependencia de agroquímicos (Espitia et al., 2021). El estudio de la diversidad genética de este cultivo permite identificar accesiones con mayor adaptabilidad a distintas condiciones agroclimáticas, lo que contribuye a su mejoramiento y conservación para futuros programas de cultivo y manejo agronómico (González y García, 2022).

Finalmente, los conocimientos obtenidos en esta investigación permiten optimizar las prácticas agronómicas, mejorar la adaptabilidad del cultivo, aumentar la productividad, fortalecer la seguridad alimentaria, diversificar los cultivos locales y contribuir al desarrollo sostenible de la región. En donde, la identificación de variedades y técnicas de cultivo adecuadas impulsa la producción de un cultivo altamente nutritivo, generando beneficios tanto para la población como para la economía local.

El Centro de Bioconocimiento La Pradera ha sido fortalecido mediante un proyecto orientado a consolidar redes locales de conservación de semillas en la provincia de Imbabura. Se busca conocer la diversidad de *Amaranthus* spp. con potencial productivo para ser reintroducido en las chacras de los productores, además de potencializar el valor cultural, económico y social del *Amaranthus* spp. poco utilizado dentro de los sistemas de producción actual. Es así que a través del trabajo colaborativo con el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos se evaluaron 90 accesiones de amaranto que corresponde a una parte de la colección nacional y se enmarca dentro de las actividades del proyecto "Fortalecimiento del Centro de Bioconocimiento La Pradera como eje integrador de bancos comunitarios de semillas de Imbabura y la generación de sistemas alimentarios más sostenibles y resilientes" financiado por el Fondo de Investigación para la Agrobiodiversidad, Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA).

1.4. Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el comportamiento agronómico de la colección nacional de amaranto (*Amaranthus* spp.) en San José de Chaltura – Imbabura.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar el potencial productivo de las accesiones en la colección nacional de amaranto bajo las condiciones de Chaltura, Imbabura.
- Analizar la incidencia de plagas y enfermedades en la colección nacional de amaranto.
- Identificar material promisorio como posible alternativa para procesos de fitomejoramiento.

1.5. Hipótesis

1.5.1 Hipótesis nula (Ho):

Las accesiones de amaranto evaluadas y caracterizadas no presentan variabilidad agronómica ni adaptación a las condiciones agroclimátias en San José de Chaltura – Imbabura.

1.5.2 Hipótesis alternativa (Ha):

Las accesiones de amaranto evaluadas y caracterizadas presentan variabilidad agronómica y adaptación a las condiciones agroclimáticas en San Jose de Chaltura – Imbura.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Amaranto

2.1.1 Origen y distribución

El amaranto es una planta originaria de América, que ha sido cultivada y utilizada por las culturas prehispánicas desde hace miles de años. Se cree que su origen se encuentra en la región andina de América del Sur, aunque también se han identificado evidencias arqueológicas de su cultivo en México y América Central.

Actualmente, el amaranto se cultiva en diversas partes del mundo, pero su mayor diversidad genética se encuentra en América Latina, especialmente en México, en donde se ha identificado más de 60 especies. Además, se cultiva en otros países de América Latina, como Guatemala, Ecuador, Perú y Bolivia, así como en otras partes del mundo, como Asia, África y Europa.

El cultivo de amaranto ha ocupado un lugar relevante en la historia agrícola de México desde tiempos ancestrales. Este grano ha sido valorado tanto por su utilidad alimentaria como por su capacidad para generar insumos industriales, como fibras y colorantes (Aguilera et al., 2021).

En Ecuador específicamente en la provincia de Imbabura, es en donde se encuentran la mayoría de los productores de amaranto en los cantones de Cotacachi, Otavalo y Antonio Ante, con aproximadamente 15 hectáreas cultivadas y una producción anual de granos cercana a 50 000 kg. Además, se menciona que las variedades nativas de cultivos tradicionales, como el ataco (*Amaranthus* spp.), parecen estar sufriendo un proceso de erosión genética en las últimas décadas debido a varios factores, incluyendo la reducción de la producción agrícola a pocos cultivos, cambios en los hábitos alimenticios, bajos precios de los productos, acceso inadecuado a los mercados, entre otros (Delgado et al., 2022).

2.2. Descripción taxonómica y botánica

2.2.1 Taxonomía

La taxonomía del amaranto descrita por Aguilera et al. (2021) se presenta a continuación (Tabla 1.)

Tabla 1

Taxonomía del amaranto

Categoría taxonómica	Nombre
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophillidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Subfamilia	Amaranthoideae
Tribu	Amarantheae
Género	*Amaranthus*

2.2.2 Morfología

2.2.2.1. Tallo. Forma cilíndrica y con ángulos pronunciados, el tallo del amaranto se caracteriza por una altura que oscila entre 0.4 y 3 metros (Velástegui et al., 2018).

2.2.2.2. Raíz. La raíz del amaranto se caracteriza por su estructura pivotante, con una profusa ramificación y numerosas raicillas delgadas. Esta configuración favorece la eficiente absorción de reservas esenciales como agua y nutrientes. La raíz principal cumple una función crucial al proporcionar soporte a la planta, siendo la base que sostiene el peso de la inflorescencia (Chagaray, 2005).

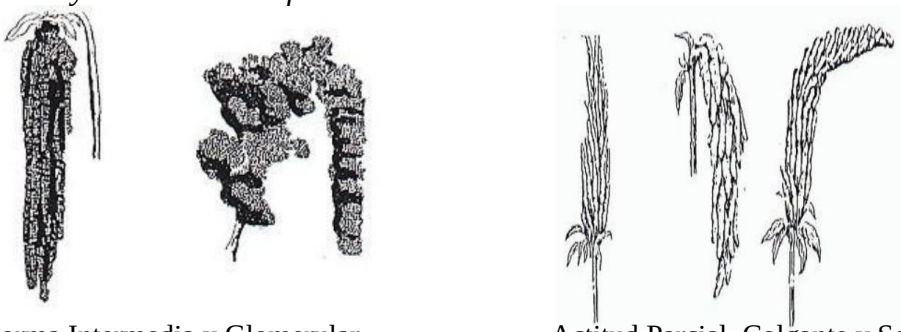
2.2.2.3. Hoja. La tonalidad de su color exhibe una notable variabilidad, manifestándose de diversas maneras: desde una lámina completamente impregnada de tonalidades púrpuras, con una pigmentación basal, con una mancha central, o incluso con una o dos franjas en forma de V. Además, se pueden observar con márgenes y venas que presentan pigmentación en tonos que van desde el verde pálido hasta el verde oscuro. En cuanto a la morfología de las hojas de amaranto, esta revela una marcada diversidad, expresándose en formas que pueden clasificarse como lanceoladas, elípticas, cuneadas, obovadas, ovatinadas, romboides u ovaladas (Ruiz et al., 2013)

2.2.2.4. Inflorescencia. Desarrolla una estructura floral que alcanza dimensiones de 0.50 a 0.90 metros, exhibiendo diversas formas y tonalidades. Su panícula se presenta de manera erguida, con agrupaciones glomeruladas que añaden variabilidad estética (Fries y Tapia, 2007). Las formas y actitudes de las inflorescencias del amaranto se pueden subdividir en diferentes categorías según su estructura y disposición. Las formas pueden ser piramidal, caracterizada por su estructura en forma de cono; glomerular, con racimos densos de flores en glomérulos; o intermedia, que combina características de las dos anteriores. En cuanto a la

actitud, las inflorescencias pueden ser erectas, manteniéndose completamente verticales; semi-colgantes, con una inclinación parcial; o colgantes, donde cuelgan completamente hacia abajo. Estas clasificaciones realizadas por Wood et al. (1981) se presentan en la Figura 1.

Figura 1

Formas y actitud de la inflorescencia de amaranto



Forma Intermedia y Glomerular Actitud Parcial, Colgante y Semi-colgante

Fuente: Wood et al. (1981)

2.2.2.5. Flores. Cada conjunto floral de amaranto exhibe una flor masculina en la posición terminal de cada glomérulo, caracterizada por cinco estambres que poseen filamentos delgados y alargados que culminan en anteras. Por otro lado, las flores femeninas presentan pistilos con ovarios esféricos, cada uno conteniendo un solo óvulo (Fries y Tapia, 2007).

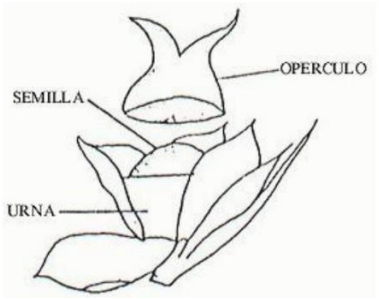
2.2.2.6. Fruto. El fruto del amaranto se presenta en forma de una pequeña cápsula, que, desde el punto de vista botánico, se clasifica como un pixidio unilocular (Figura 2). Al llegar a la madurez, esta cápsula se abre de manera transversal, liberando su parte superior conocida como opérculo. Este proceso revela la porción inferior denominada urna, que alberga la semilla. Es importante destacar que este tipo de cápsula es dehiscente, lo que significa que se abre fácilmente, permitiendo la liberación sencilla de las semillas (Rangel et al., 2021). Cabe mencionar que hay algunas variedades que presentan pixidios indehiscentes, una característica que podría transferirse a las variedades comerciales de amaranto.

La semilla del amaranto, con un diámetro de 1-1.5 mm, se distingue por su pequeñez, superficie lisa y brillo, exhibiendo colores que van desde el blanco hasta tonalidades amarillentas, doradas, rojas, rosadas, púrpuras y negras. Su cantidad varía entre 1 000 y 3 000 por gramo, según INIAP (1989), y en especies silvestres, las semillas presentan un tono negro con una episperma robusta. Al analizar su estructura interna, se identifican cuatro partes esenciales: el epispermo como cubierta seminal, el endospermo como segunda capa, el embrión con cotiledones ricos en proteínas y una capa interna llamada perisperma, abundante en almidones (Betschart et al.,

1981). Estas características hacen del fruto del amaranto un objeto de interés tanto nutricional como botánico.

Figura 2

Fruto tipo pixidio unilocular de amaranto



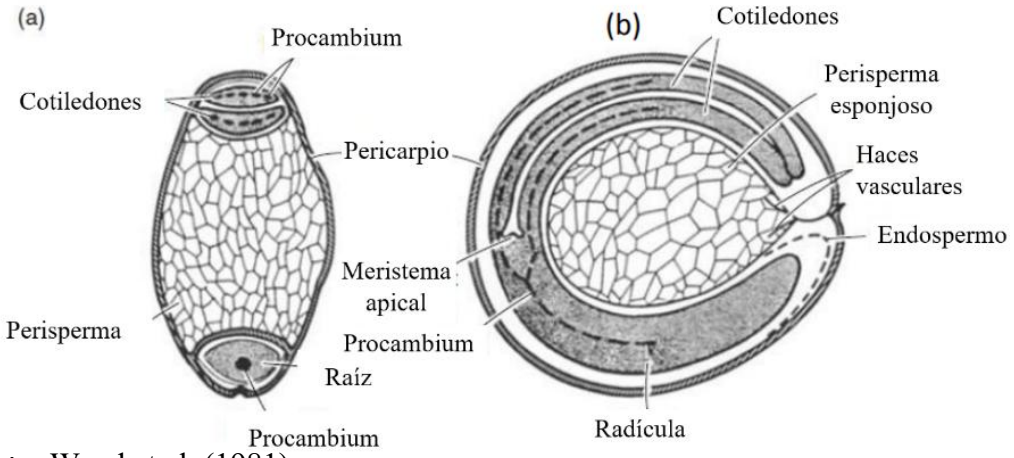
Fuente: Wood et al. (1981)

2.2.2.7. Semilla. La semilla del amaranto se caracteriza por ser pequeña, lisa y brillante, con un diámetro de 1-1.5 mm. Presenta una forma ligeramente aplanada y puede exhibir diversos colores, como blanco, amarillento, dorado, rojo, rosado, púrpura y negro. Según INIAP (1989), la cantidad de semillas varía entre 1 000 y 3 000 por gramo. Las especies silvestres de amaranto, en particular, tienen granos de color negro con una episperma muy resistente.

La estructura de la semilla se compone de cuatro partes distintivas. En primer lugar, está el epispermo, que actúa como la cubierta seminal y está formado por una fina capa celular. A continuación, se encuentra el endospermo, que constituye la segunda capa. El embrión, compuesto por cotiledones, destaca por ser la parte más rica en proteínas. Además, hay una interna perisperma que contiene altos niveles de almidones (Betschart et al., 1981) (Figura 3).

Figura 3

Diagrama de sección trasversal (a) y longitudinal (b) de la semilla de amaranto



Fuente: Wood et al. (1981)

2.3. Requerimientos edafoclimáticos

Según Suquilanda (2011) y Rangel (2016), los requerimientos edafológicos del cultivo son:

a) Altitud: 2 700 a 3 200 m s.n.m.

b) Temperatura: 18 a 24 ºC.

c) Precipitación: 300 a 600 mm durante el ciclo.

d) Suelo: Francos.

f) pH: 6.2 a 7.8

2.3.1 Zonas de producción en el país

Este cultivo actualmente se cultiva en la sierra ecuatoriana, estando presente en las provincias de Pichincha, Azuay, Loja e Imbabura con la mayoría de los productores ubicados específicamente en los cantones de Cotacachi, Otavalo y Antonio Ante (Delgado et al., 2022).

2.4. Fases fenológicas del amaranto

La presentación de los estados fenológicos del amaranto se ha detallado a continuación:

2.4.1 Emergencia

En la fase inicial del desarrollo del amaranto, las plantas jóvenes emergen del suelo mostrando sus primeras hojas, que corresponden a los cotiledones. La emergencia se confirma cuando la mitad o más de las plántulas visibles presentan estas estructuras en el surco (Zhu, 2023).

2.4.2 Fase vegetativa

El avance en la etapa vegetativa del amaranto se identifica observando los nudos formados en el tallo principal. Cada nudo corresponde a un nuevo estado de crecimiento, el cual se reconoce cuando la hoja asociada supera los 2 centímetros de longitud. El primer nudo visible representa el estado V1, el siguiente V2, y así sucesivamente (antesis).

2.4.3 Fase reproductiva

2.4.3.1. Inicio de panoja. La parte superior de la estructura floral se hace evidente en el extremo del tallo, manifestándose aproximadamente de 50 a 70 días después de haber sembrado las semillas. Este período marca el inicio de la panoja en el amaranto.

2.4.3.2. Panoja. La panoja, como estructura reproductiva principal del amaranto, es un indicador clave del desarrollo fenológico y del potencial productivo de la planta. Su longitud puede variar considerablemente dependiendo de factores intrínsecos (como la genética de la accesión) y extrínsecos (como las condiciones agroclimáticas y las prácticas de manejo). En este contexto, la longitud mínima reportada para la panoja en el amaranto es de 2 cm, mientras que la máxima puede alcanzar hasta 30 cm.

2.4.3.3. Término de panoja. La longitud mínima de la panoja es de 5 cm. En caso de que la antesis haya iniciado antes de alcanzar esta fase, la planta debería ser categorizada en la siguiente etapa de desarrollo.

2.4.3.4. Antesis (V4). La floración se identifica cuando al menos una flor abre completamente, permitiendo observar los estambres separados y el estigma expuesto. Las flores que presentan ambos órganos reproductores, conocidas como hermafroditas, son las primeras en abrirse (Zhu, 2023).

Durante este período, la planta muestra una notable sensibilidad a las heladas y al estrés hídrico. Esta fase puede ser subdividida en varios sub-estados según el porcentaje de flores en el eje central de la panoja que ha completado su floración. Cuando un determinado porcentaje de flores ubicadas en el eje central de la inflorescencia se encuentra en plena apertura, se asigna un valor decimal dentro del estado R4. Por ejemplo, si el 20% de estas flores ha completado la antesis, se identifica como R4.2; si la mitad ha florecido, el estado se clasifica como R4.5.

2.4.3.5. Llenado de granos. La antesis ha alcanzado su plenitud en prácticamente el 95% del núcleo central de la espiga. Este período, de acuerdo con Moreno (2014), puede ser segmentado en:

a) **Grano lechoso**

Al ejercer presión entre los dedos sobre las semillas, se libera un fluido lechoso característico.

b) **Grano pastoso**

Cuando se ejerce presión entre los dedos sobre las semillas de amaranto, se percibe una textura pastosa de tonalidad blanquecina

2.4.4 Madurez fisiológica

La determinación de la madurez fisiológica en el amaranto no cuenta aún con un criterio definitivo; sin embargo, el cambio de color de la panoja se presenta como el indicador más empleado para este propósito. En el caso de las panojas verdes, se observa la transición de un

tono verde a un color dorado, mientras que, en las panojas rojas, el cambio se manifiesta de rojo a un tono café-rojizo (INIAP, 2008). Adicionalmente, las semillas en este estado adquieren una dureza que impide hundirles la uña. Un método práctico para verificar la madurez es agitar la panoja, permitiendo que las semillas maduras caigan naturalmente.

2.4.5 Madurez de cosecha

Durante el proceso de senescencia, las hojas del amaranto experimentan un cambio en su coloración hacia tonalidades café, culminando en su caída. Este fenómeno otorga a la planta una apariencia seca (Cumbal, 2016). En términos de cosecha, se suele aguardar la llegada de las heladas otoñales, las cuales desempeñan un papel crucial al reducir la humedad de las semillas y, por ende, contribuyen al proceso de maduración del amaranto.

2.5. Requerimientos del cultivo

2.5.1 Suelo

El cultivo de amaranto se desarrolla con mayor eficiencia en suelos de textura franco, que permiten un adecuado drenaje y poseen un alto nivel de materia orgánica. Las pendientes suaves y una disponibilidad media de nutrientes favorecen su rendimiento. Esta planta necesita una cantidad considerable de nitrógeno y calcio para alcanzar un desarrollo óptimo (Rangel, 2016).

2.5.2 Temperatura

La temperatura óptima para el cultivo de amaranto se sitúa entre 15-20 ºC. No obstante, se ha constatado que el amaranto se desarrolla de manera excelente incluso a temperaturas medias de 10 ºC. Además, demuestra una adaptabilidad destacada, ya que prospera adecuadamente en condiciones tanto de temperaturas medias como altas, llegando hasta los 25 ºC (INIAP, 2008).

Cabe destacar que el amaranto exhibe mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, siendo capaz de resistir incluso temperaturas inferiores a 8 ºC durante ciertas etapas fenológicas. Entre estas etapas, se destaca la ramificación como la más tolerante, mientras que la floración y el llenado de granos son las fases más susceptibles a temperaturas extremadamente bajas (Rangel, 2016).

2.5.3 Necesidad de agua

La producción de amaranto se lleva a cabo en regiones de temporal o secano. En aquellas zonas con acceso a sistemas de riego, se recomienda aplicar riego por gravedad o surco. Es esencial

que la cantidad de agua introducida no sea excesiva, distribuyéndola de manera simultánea en varios surcos y manteniendo una velocidad moderada a lo largo de los mismos.

La frecuencia y cantidad de riegos pueden variar dependiendo del tipo de suelo, las condiciones climáticas y, en particular, en situaciones de escasa lluvia. En ausencia de precipitaciones, puede ser necesario programar riegos cada 30 días, destacando la importancia de enfocarse especialmente durante las etapas de floración y llenado de grano para optimizar el rendimiento del cultivo (Peralta, 2012).

2.5.4 Fertilización

Con base en los resultados del análisis del suelo para el cultivo de amaranto, se sugiere una estrategia de fertilización equilibrada. Durante la siembra, se recomienda aplicar 100-60-20 kg por hectárea, equivalente a 200 kg de un fertilizante 10-30-10. Además, se aconseja complementar con 200 kg de urea o nitrato de amonio durante la deshierba (Moreno, 2014). Esta combinación busca no solo proporcionar los nutrientes esenciales para el crecimiento inicial sino también abordar eficazmente la gestión de malezas, contribuyendo al desarrollo saludable del cultivo de amaranto. Ajustar las cantidades según las condiciones específicas de cada terreno es crucial para optimizar el rendimiento del cultivo (Peralta, 2012).

2.6. Control de malezas

Instrucciones para el control de maleza en amaranto:

2.6.1 Método manual

Realice una primera eliminación de hierbas no deseadas o rascadillos aproximadamente de 30 a 45 días después de sembrar el amaranto. Luego, proceda con una segunda deshierba y aporque alrededor de los 60 días después de la siembra (Delgado et al., 2022).

2.6.2 Método químico

En el periodo post emergencia, emplee un deshierbe adecuada y considere el uso del herbicida Paraquat (Gramoxone) como una medida efectiva. Se sugiere aplicar el herbicida en una dosis de 2 litros por hectárea para lograr un control eficiente de la maleza (Peralta, 2012).

2.7. Cosecha y almacenamiento

La cosecha del amaranto se lleva a cabo de forma manual, seleccionando cuidadosamente las cabezas que presentan una apertura específica o caída de granos en la base, característica de su

madurez. Los granos, al acercarse a este punto, adquieren una firmeza notoria (Howard et al., 2022). Para la trilla, se puede optar por el método manual o el uso de máquinas diseñadas para cereales de grano pequeño, siendo preferible la trilla con vara o máquina, especialmente al considerar la alta calidad de la semilla y una gestión adecuada de los lotes.

Posteriormente, el proceso de secado se realiza a la sombra, asegurando la selección de granos por tamaño, forma y uniformidad. La limpieza y clasificación del grano se llevan a cabo mediante zarandas manuales o máquinas clasificadoras como el Clipper. Finalmente, para garantizar la calidad y preservación del amaranto, es crucial almacenar el grano con una humedad inferior al 13% en cuartos secos y frescos, sin haber observado daños causados por plagas de almacén (Peralta, 2012).

2.8. Plagas y enfermedades del cultivo del amaranto

Para el control efectivo de plagas, se sugiere la aplicación de pesticidas únicamente cuando la población de plagas alcance niveles que puedan amenazar la salud del cultivo. En el caso específico de trozadores (*Agrotys* sp.), se recomienda la utilización de Decis (*Deltametrina, piretroide* R.) a una dosis de 400 cc por hectárea.

En cuanto al manejo de enfermedades, se identifican diversas amenazas para el cultivo, como el mal de semillero provocado por especies de los géneros *Pythium*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia*, para los cuales se recomienda evitar suelos con historial de estos problemas. En cuanto a las enfermedades foliares, el oídium (*Erysiphe* spp.) se caracteriza por el desarrollo de un polvo blanco en las hojas; esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorium* Lib.) se manifiesta con la formación de manchas acuosas y esporas negras en las partes afectadas; curvularia (*Curvularia* spp.) genera manchas necróticas en las hojas y tallos, mientras que alternaria (*Alternaria* spp.) provoca lesiones necróticas de color marrón en las hojas. Aunque estas enfermedades no representan un problema significativo en el país, no se recomienda el uso de controles químicos debido a su baja prevalencia (Peralta, 2012).

2.9. Marco legal

La investigación se llevó a cabo en base de los parámetros de las leyes y artículos que rigen en el Ecuador, como lo declara la Constitución reafirmada en el 2021, la cual manifiesta en el Art. 281, “La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente”, en el

cual a su vez resalta que el Estado ecuatoriano debe impulsar la producción, pesca, y transformar la agroalimentaria de pequeñas y medianas unidades productivas.

Por otro lado, en el Plan de Desarrollo del 2021-2025 "Creación de Oportunidades", menciona en el objetivo 3: "Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícolas, industrial acuícola y pesquero, bajo el enfoque de economía circular", en la que implica mejorar la producción y competitividad en los sectores agropecuarios. De esta manera, también se incentiva el acceso a infraestructura, insumos y tecnologías modernas que a su vez impulsan la seguridad y soberanía alimentaria para satisfacer la demanda.

Por otro lado, la Asamblea Nacional del Ecuador en la Ley Orgánica del Régimen Alimentario del 2006 regula los derechos del Buen Vivir, en el cual se establecen políticas para fortalecer la agrobiodiversidad a través de bancos de semillas, protección de cultivos respetando los conocimientos tradicionales y ancestrales como la asociación de cultivos, la investigación y la conservación de especies. En la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable en el 2017, en el Art. 1 menciona que la ley busca "proteger, revitalizar, multiplicar y dinamizar la agrobiodiversidad en lo relativo a los recursos fitogenéticos para la alimentación y agricultura, de esta manera asegura la producción y acceso libre y permanente a semillas de calidad y variedad, mediante el fomento e investigación científica y la regulación de modelos de agricultura sustentable".

El presente estudio se enmarca en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, contribuyendo a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos para su cumplimiento hasta el año 2030.

El ODS 2: Hambre Cero se relaciona directamente con la investigación, dado que el amaranto es un cultivo de alto valor nutricional con potencial para fortalecer la seguridad alimentaria. Evaluar su comportamiento agronómico bajo las condiciones de San José de Chaltura, Imbabura, permite generar información clave para su producción y aprovechamiento en la alimentación humana. Por su parte, el ODS 12: Producción y Consumo Responsables se ve reflejado en la identificación de accesiones con mejores características productivas y resistencia a factores bióticos y abióticos. La selección de materiales promisorios puede contribuir a la adopción de prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles, reduciendo la dependencia de insumos externos y optimizando el uso de los recursos naturales.

El ODS 13: Acción por el Clima cobra relevancia en este estudio, ya que el amaranto es una especie resiliente a condiciones adversas, como la sequía y la variabilidad climática. Identificar

accesiones con mejor adaptación contribuirá a la generación de alternativas para sistemas agrícolas más resistentes al cambio climático. Finalmente, el ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres se vincula con la conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad agrícola. La evaluación de la colección nacional de amaranto permite conocer el comportamiento agronómico de distintas accesiones, favoreciendo su conservación y el uso estratégico de la diversidad genética disponible en el país.

CAPITULO III

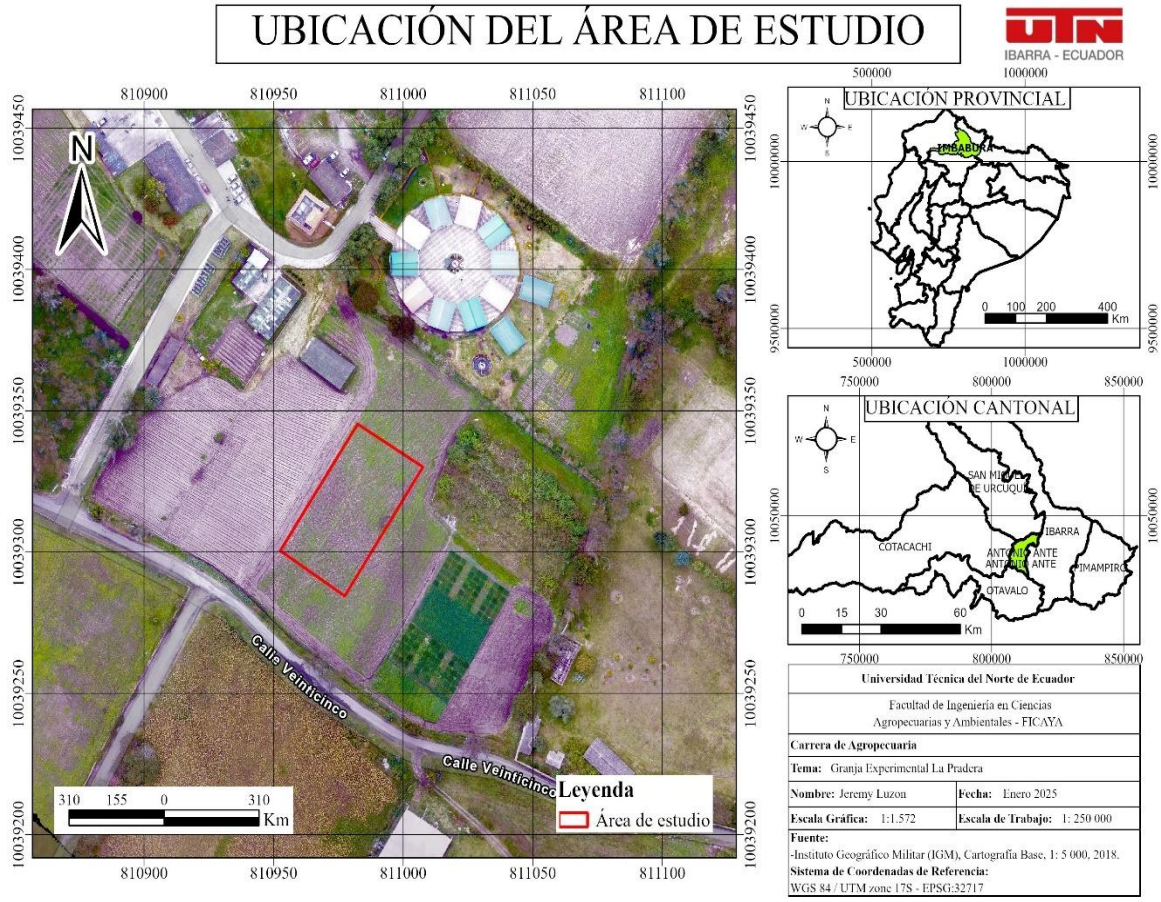
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Caracterización del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Granja Experimental La Pradera, situada en la parroquia San José de Chaltura, perteneciente al cantón Antonio Ante, en la provincia de Imbabura. Esta unidad agrícola se encuentra a una distancia aproximada de 3.8 kilómetros de la ciudad de Atuntaqui (Figura 4).

Figura 4

Ubicación geográfica del área de estudio de las accesiones de amaranto evaluadas



3.2. Características climáticas

San José de Chaltura, parroquia donde se localiza el área experimental, posee un clima ecuatorial mesotérmico con condiciones de semihumedad. La altitud en esta zona alcanza los 2 336.66 metros sobre el nivel del mar (Tabla 2).

Tabla 2

Caracterización agroclimática del área de estudio de la evaluación agronómica

Características agroclimáticas	Valores
Temperatura baja	9.5 °C
Temperatura media	16 °C
Temperatura máxima	24 °C
Precipitación media anual	750 mm/año
Humedad relativa	72 %
Tipo de suelo	Franco arcilloso

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) (2023)

3.3. Materiales, equipos, insumos y herramientas

Para llevar a cabo la presente investigación se utilizaron los materiales y equipos descritos en la Tabla 3.

Tabla 3

Materiales, equipos, insumos y herramientas

Materiales de campo	Equipos	Material vegetal	Materiales de oficina	Herramientas
Lote de terreno Cinta métrica Estacas de madera Piola y cal para trazado de parcelas Pluviómetro Termómetro Equipo de protección Balanza Celular GPS Tractor con arado y rastra Ventilador para la limpieza de granos	Computadora Calculadora Impresora Bibliografía Internet Balanza electrónica Contadora eléctrica de granos Medidor de humedad de granos	Accesiones de amaranto	Cuaderno de apuntes Hojas de papel bond Lápiz Esfero	Herramientas de labranza Bomba de fumigación

3.4. Métodos

La investigación fue un estudio de tipo experimental en el cual se evaluaron 90 de accesiones de amaranto procedentes del Banco Nacional de Germoplasma del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos (DENAREF) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP) y auspiciado por el Fondo de Investigación para la Agrobiodiversidad,

Semillas y Agricultura Sustentable (FIASA) Proyecto CA-2023-18, Fortalecimiento del Centro de Bioconocimiento La Pradera como eje integrador de bancos comunitarios de semillas de Imbabura y la generación de sistemas alimentarios más sostenibles y resilientes, investigación ubicada en la Granja Experimental La Pradera.

3.5. Factor en estudio

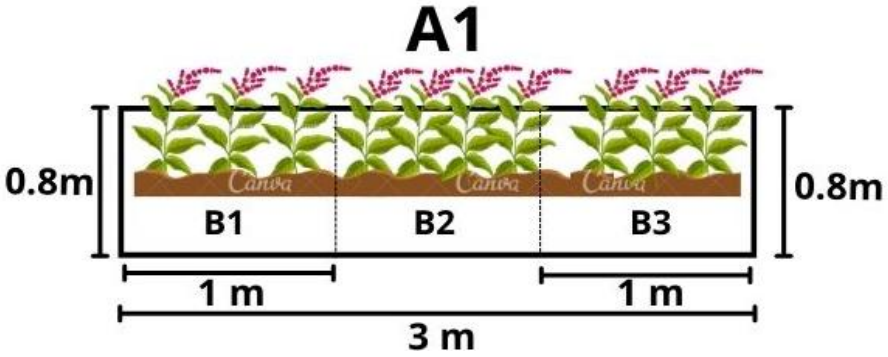
- **Factor:** Accesiones de germoplasma de amaranto.
- **Niveles:** 90 accesiones de amaranto.

En la investigación, se abordó un conjunto de 90 accesiones de amaranto. Además, se analizó meticulosamente las características agronómicas de cada accesión, con el objetivo de comprender la variabilidad dentro de esta colección.

3.6. Diseño experimental

La superficie de unidad experimental fue de 2.4 m², 3 m de largo espaciados a 0.8 m entre categorías y 2 m entre accesiones. Se establecieron 180 surcos para las accesiones, separando cada una de ellas con centeno. En cada surco se sembraron 3 g de semillas, para la evaluación se tomaron 10 plantas al azar (Figura 5). Todo el experimento ocupó una superficie de 930 m². Para el ensayo se desarrolló un diseño de Bloques Completos al Azar representado en el Anexo 1.

Figura 5
Esquema de la unidad experimental por accesión



3.7. Características del experimento

El presente experimento se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de diferentes accesiones de amaranto (*Amaranthus* spp.). Para ello, se estableció un diseño experimental estructurado en bloques completos al azar, permitiendo controlar la variabilidad del terreno. A continuación, se detallan las principales características del ensayo:

- Bloques: 3
- Accesiones: 90
- Número de unidades experimentales: 270
- Área total del ensayo: 930 m^2

3.8. Características de la unidad experimental

Las características de la unidad experimental que se establecieron para la evaluación del germoplasma de amaranto se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4

Medidas de la unidad experimental y parcela neta

Datos	Medidas
Área de la parcela neta	1.44 m²
Área de la unidad experimental	1.6 m²
Largo de la parcela	6 m
Ancho de la parcela	0.8 m
Distancia entre unidad experimental	20 cm
Densidad de siembra	3 g de semilla/m²

3.9. Análisis estadístico

El trabajo de caracterización de la población se describió agronómicamente usando el programa Infostat vr 2022, en donde se realizó pruebas de estadísticas descriptivas a través de medidas de resumen a nivel poblacional, análisis de componentes principales, análisis de conglomerados, análisis de la varianza con la prueba de LS de Fisher al 5 % entre conglomerados

3.10. Variables en estudio

Las siguientes variables fueron tomadas del manual de investigaciones previamente realizadas por otros colaboradores de INIAP (Delgado et al., 2022).

3.10.1 Largo de panoja (LPT) (cm)

La medición del largo de panoja (LPT) se llevó a cabo en una etapa fisiológica específica, cuando las plantas estuvieron en plena floración (antes de la formación de semillas), garantizando así la consistencia en el desarrollo de las panojas. Para esto, se seleccionó aleatoriamente 10 plantas por accesión y, utilizando una cinta métrica flexible, se midió con precisión la longitud total de la panoja desde su base hasta la punta, registrando los datos en centímetros. Esta meticulosa medición fue esencial para evaluar la productividad y

adaptabilidad de las accesiones, misma que se complementó con el cálculo del promedio por accesión, proporcionando un análisis comparativo detallado y una comprensión profunda del comportamiento de las diferentes variedades (Figura 6).

Figura 6

Medición del largo de la panoja con cinta métrica en dos accesiones diferentes de amaranto



3.10.2 Distancia entrenudos (DN) (cm)

La medición de la distancia entre nudos (DN) fue un aspecto clave para entender el crecimiento y desarrollo de las plantas. Para realizar esta medición, se seleccionaron aleatoriamente 10 plantas de cada accesión y utilizando una cinta métrica, se midió la distancia en centímetros entre los sucesivos nudos del tallo principal de cada planta. Esta medición se llevó a cabo en la etapa fisiológica de floración, exactamente en el tercio medio de la planta, lo cual permitió observar el patrón de crecimiento y establecer comparaciones entre las diferentes accesiones (Figura 7).

Figura 7

Medición de la distancia entre nudo con cinta métrica



3.10.3 Diámetro del tallo (DT) (cm)

La medición del diámetro del tallo (DT) se realizó después de la floración, momento en que el tallo ha alcanzado un desarrollo significativo. Esta medición se llevó a cabo utilizando un

calibrador Vernier. Se midió el diámetro del tallo a una altura estandarizada de 20 cm desde la base, a un total de 10 plantas seleccionadas aleatoriamente de cada colecta. Esta metodología garantizó la evaluación fiable del grosor del tallo, un indicador importante de la robustez y potencial de crecimiento de la planta bajo las condiciones específicas (Figura 8).

Figura 8

Medición del diámetro del tallo con un vernier



3.10.4 Altura de la planta (AP) (cm)

Esta medición se realizó cuando las plantas alcanzaron su desarrollo máximo, previo a iniciar los procesos de senescencia (cuarto y quinto mes). Para ello, se seleccionó 10 plantas de forma aleatoria en cada accesión. La altura se midió desde la base de la planta hasta el ápice de la parte aérea más alta, empleando una cinta métrica; valor registrado en centímetros (Figura 9).

Figura 9

Medición de altura de la planta con cinta métrica



3.10.5 Longitud de la hoja (LH) (cm)

La longitud de la hoja (LH) se midió como un indicador clave del desarrollo vegetativo. Esta se realizó una vez que las hojas completaron su crecimiento (post-floración). En donde se seleccionaron hojas intermedias (hojas 6, 7 y 8) y se midió su longitud en centímetros, tomando 1 dato por planta, proceso que se repitió en las 10 plantas seleccionadas aleatoriamente por cada colecta. Finalmente, para su evaluación estadística se trabajó con los promedios obtenidos por

colecta. Este enfoque sistemático proporcionó datos confiables para entender mejor las variaciones en el crecimiento foliar entre las diferentes accesiones de amaranto (Figura 10).

Figura 10

Medición de la longitud de la hoja con cinta métrica en dos accesiones de amaranto



3.10.6 Ancho de la hoja (AH) (cm)

La medición del ancho (AH) de la hoja se efectuó cuando las plantas alcanzaron el estado de pre-floración. Esto se lo realizó por planta tomando hojas de tamaño intermedio (hoja 6, 7 y 8), repitiéndose el proceso en 10 plantas seleccionadas aleatoriamente por cada colecta. Para asegurar la precisión y representatividad, se midió el ancho más amplio de cada hoja utilizando regla en centímetros. Posteriormente, se calculó el promedio del ancho de estas hojas para cada planta, y finalmente, se obtuvo un promedio general por colecta (Figura 11).

Figura 11

Medición del ancho de la hoja con cinta métrica en dos accesiones de amaranto



3.10.7 Longitud del peciolo (LP) (cm)

La medición de la longitud del peciolo (LP) se midió en la fase fenológica de plena floración, donde se seleccionó al azar 10 plantas maduras de cada accesión. La medición se realizó desde la base del pecíolo hasta el inicio de la lámina foliar, utilizando una regla en centímetros para

asegurar precisión. Cada planta fue medida tres veces para garantizar consistencia, y el promedio de estas mediciones representó la longitud del peciolo de cada planta (Figura 12).

Figura 12

Medición de la longitud del peciolo con cinta métrica



3.10.8 Diámetro de la panoja (DP) (cm)

La medición del diámetro de la panoja (DP) se llevó a cabo en una etapa fisiológica específica, cuando las plantas estuvieron en plena floración (antes de la formación de semillas), garantizando así la consistencia en el desarrollo de las panojas. Para esto, se seleccionó aleatoriamente 10 plantas por accesión y, utilizando una cinta métrica flexible, se midió con precisión la latitud total de la panoja en el tercio medio, registrando los datos en centímetros. Esta meticulosa medición fue esencial para evaluar la productividad y adaptabilidad de las accesiones, misma que se complementó con el cálculo del promedio por accesión, proporcionando un análisis comparativo detallado y una comprensión profunda del comportamiento de las diferentes variedades (Figura 13).

Figura 13

Medición del diámetro de la panoja con cinta métrica



3.10.9 Tamaño de la inflorescencia terminal (TIT) (cm)

El tamaño de la inflorescencia terminal se midió de la misma forma que el largo de la panoja, con la única diferencia que esta medida se tomó al final del ciclo productivo, en el día de la cosecha que varía según las accesiones (Figura 14).

Figura 14

Medición del tamaño de la inflorescencia terminal con cinta métrica



3.10.9 Rendimiento de grano por planta (RTO) (g)

Para la medición del rendimiento de grano (RTO), se procedió a seleccionar aleatoriamente 10 plantas de cada accesión de amaranto; posteriormente, procedió la recolección de todas las semillas maduras de cada una de las plantas. Las semillas fueron cuidadosamente separadas de cualquier material vegetal adicional para garantizar que el peso registrado corresponda únicamente al grano. Por consiguiente, se utilizó una balanza de precisión para determinar el peso total de las semillas recolectadas de cada planta, registrando los datos en gramos. Finalmente, los pesos obtenidos de cada una de las 10 plantas seleccionadas por accesión fueron registrados individualmente y luego analizados estadísticamente para obtener el rendimiento promedio de planta en cada accesión (Figura 15).

Figura 15

Rendimientos de cada repetición por accesión para su respectivo pesaje en balanza digital



3.10.10 Peso de 1000 semillas (P1000)(g)

Se contabilizaron cuidadosamente 1000 semillas por accesión, las cuales estuvieron libres de impurezas y material extraño que pudo alterar el peso. Posteriormente, estas semillas fueron

pesadas utilizando una balanza de precisión. El peso fue registrado en gramos, y se tomó varias medidas para minimizar el error. Este peso fue utilizado posteriormente como un indicador clave en el análisis comparativo del comportamiento agronómico de las distintas accesiones de amaranto.

3.10.11 Incidencia a enfermedades

Para esta variable, se realizó un monitoreo exhaustivo de las plantas de amaranto en busca de signos y síntomas de enfermedades prevalentes en la región de San José de Chaltura-Imbabura, Ecuador. Entre las enfermedades comúnmente observadas en el amaranto en esta área se incluyen el mildiú velloso (*Peronospora* sp.), la antracnosis (*Colletotrichum* spp.), mancha foliar (*Alternaria* sp. y *Cercospora* sp.) y de manera especial, la roya del amaranto, una enfermedad causada por varias especies del género *Puccinia.* Por lo cual se llevaron a cabo inspecciones visuales detalladas en intervalos regulares durante el ciclo de crecimiento del cultivo. En cada inspección, se documentaron cuidadosamente los síntomas observados.

Figura 16
Incidencia de mildiú velloso en una accesión de amaranto



3.10.12 Incidencia a plagas

Esta variable fue evaluada mediante el monitoreo aleatorio de plantas durante su ciclo de crecimiento, la cual se enfocó en identificar síntomas de infestación como daño foliar, presencia de insectos o larvas, deformidades y patrones de túneles en las hojas causados por los minadores. Para ello, se realizaron inspecciones visuales regulares y se instalaron trampas pegajosas amarillas para capturar insectos voladores. Además, se establecieron cuadros de muestreo para realizar conteos sistemáticos y valorar la intensidad del daño.

Por otro lado, el uso de lupas y microscopios de campo facilitó la identificación, en donde la recolección de muestras de tejido afectado permitió realizar análisis en laboratorio. Así mismo,

los registros fotográficos complementaron este monitoreo, proporcionando un archivo visual de los daños observados.

Figura 17
Incidencias de plagas en accesiones de amaranto



3.11. Manejo específico del experimento

El manejo del experimento se lo realizó con base en el manual de Generalidades y variedades mejoradas para la Sierra ecuatoriana. No. 116. (INIAP, 2020).

3.11.1 Análisis del suelo

Una vez seleccionada el área para el ensayo, se tomaron muestras del suelo y se enviaron para su análisis en laboratorio, el cual determinó la cantidad de nutrientes disponibles para el cultivo (Anexo 2).

3.11.2 Preparación del suelo

Se realizó el arado de disco para que el suelo esté suelto, nivelado y permita una correcta aireación y desarrollo de las raíces de las plantas de trigo harinero; después se señalaron los bloques según el diseño seleccionado.

3.11.3 Trazado de parcelas

Posterior a la preparación del suelo, se delimitaron las parcelas con piolas y estacas, siguiendo el croquis del diseño establecido.

3.11.4 Siembra

Se realizó la siembra de forma manual en chorro continuo, y para el tapado de la siembra se emplearon rastrillos.

3.11.5 Densidad de siembra

La densidad de siembra para cada línea promisoria y variedad se calculó según las recomendaciones técnicas del INIAP, utilizando 3 gramos de semilla por parcela de 10 m^2, lo que equivale a una densidad aproximada de 3 kg/ha.

3.11.6 Riego

Los riegos de los realizó de manera progresiva cada semana, siendo una vez por semana el riego necesario en las etapas iniciales de desarrollo del cultivo, hasta llegar a la etapa fenológica de floración posterior a esta etapa los riegos bajaron a solamente un riego cada dos semanas, terminando en la etapa fenológica de llenado de panoja en donde empieza a secarse la planta para su posterior cosecha.

3.11.7 Fertilización

La fertilización se realizó con urea únicamente durante la etapa fenológica de desarrollo del amaranto, con el objetivo de optimizar la disponibilidad de nitrógeno en un momento clave para el crecimiento vegetativo del cultivo. Para ello, se aplicaron 20 gramos de urea por surco de manera fraccionada, garantizando una adecuada absorción del nutriente y minimizando posibles pérdidas por volatilización o lixiviación. Esta estrategia buscó favorecer el desarrollo foliar y la acumulación de biomasa, aspectos fundamentales para el rendimiento final del cultivo.

3.11.8 Controles Fitosanitarios

En el manejo fitosanitario del experimento, se realizó la aplicación de Dimethomorph (500 g/kg) y excipientes c.s.p. (1 kg) durante la etapa fenológica de floración del amaranto. Esta intervención se llevó a cabo debido a la alta incidencia de plagas que amenazaban el desarrollo óptimo del cultivo en esta fase crítica. El Dimethomorph, reconocido por su acción sistémica y protectora contra enfermedades fúngicas, se aplicó con el objetivo de prevenir y controlar posibles infecciones, asegurando así la sanidad de las plantas y favoreciendo un adecuado proceso de floración y formación de semilla.

3.11.9 Toma de datos

Con la ayuda de instrumentos de medición (vernier, cinta métrica, balanza digital, etc.) se tomaron datos en el libro de campo para determinar el rendimiento del cultivo.

3.11.10 Cosecha

La cosecha fue realizada de forma manual y se colocó en sacos etiquetados según la unidad experimental correspondiente.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Factores ambientales y de adaptación influyeron en su supervivencia, definiendo la muestra final del estudio. El análisis del comportamiento agronómico de *Amaranthus* spp. en San José de Chaltura-Imbabura permitió evaluar el desempeño de 90 accesiones seleccionadas de 149 sembradas inicialmente. A partir de estas accesiones, se caracterizó su variabilidad agronómica y potencial productivo en condiciones locales, proporcionando los datos que sustentan los resultados presentados a continuación.

4.1. Análisis poblacional

A través del análisis de medidas de resumen, se analizó las características poblacionales de las 90 accesiones evaluadas, donde se identificó rangos mínimos y máximos, así como la variabilidad poblacional. Estos resultados facilitan la selección de fenotipos con atributos superiores para su uso en procesos de mejoramiento genético.

4.1.1 Arquitectura de la planta

La altura de la planta presentó una media de 171 cm aproximadamente, con un coeficiente de variación (CV) de 21.84%, lo que indica una variabilidad moderada en esta característica dentro de la población evaluada. Por otro lado, variables estructurales como el diámetro del tallo presentan valores de CV de 20% aproximadamente, destacando el ECU-3828 (6.62 mm) y la accesión ECU-036 con un diámetro de 23.79 mm, CV: 20.70%. La distancia entre nudos con rangos desde 3.71 cm (ECU-036) y 9.60 cm (ECU-111), y un coeficiente de variación del 17.08% presentó menor coeficiente de variación, lo que sugiere que estas características están más conservadas dentro de la población evaluada (Tabla 5).

Tabla 5

Arquitectura de la planta encontrada en la colección de amaranto del INIAP

Variable	Código	n	Media	CV	Mín	Máx
Altura de la planta (cm)	AP	90	171.53	21.84	67.20	272.60
Distancia entre nudos (cm)	DN	90	5.92	17.08	3.71	9.60
Diámetro del tallo (mm)	DT	90	15.59	20.70	6.62	23.79

Nota. n: número de accesiones, CV: Coeficiente de Variación, Mín: Valor mínimo, Máx: Valor máximo.

4.1.2 Variables foliares

En cuanto a las estructuras foliares, la longitud de la hoja varió entre 9.30 cm (ECU-3828) y 22.50 cm (ECU-205), con una media de 16.59 cm y un CV del 16.74%. El ancho de la hoja presentó una media de 8.93 cm y un CV del 17.59%, con valores que oscilaron entre 4.45 cm

(ECU-3828) y 12.57 cm (ECU-036). Por su parte, la longitud del peciolo tuvo una media de 9.26 cm, con valores entre 3.45 cm (ECU-3828) y 13.30 cm (ECU-124) y un CV del 22.45% (Tabla 6).

Tabla 6

Variables foliares encontrada en la colección de amaranto del INIAP

Variable	Código	n	Media	CV	Mín	Máx
Longitud de la hoja (cm)	LH	90	16.59	16.74	9.30	22.50
Ancho de la hoja (cm)	AH	90	8.93	17.59	4.45	12.57
Longitud del pecíolo (cm)	LP	90	9.26	22.45	3.45	13.30

Nota. n: número de accesiones, CV: Coeficiente de Variación, Mín: Valor mínimo, Máx: Valor máximo.

4.1.3 Inflorescencia y reproducción

El largo de la panoja, otro factor clave en la productividad del amaranto, mostró valores comprendidos entre 12.20 cm (ECU-028) y 90.00 cm (ECU-205), con una media de 46.56 cm y un CV del 40.42%, evidenciando una considerable variabilidad en la conformación de la estructura reproductiva. De manera similar, el tamaño de la inflorescencia terminal presentó una media de 50.71 cm, con valores que oscilaron entre 12.40 cm (ECU-028) y 90.30 cm (ECU-205) y un CV del 36.56%, lo que indica diferencias importantes en la arquitectura floral entre accesiones. En contraste, el diámetro de la panoja con un rango desde 4.00 cm (ECU-025) hasta los 31.30 cm (ECU-3826), y un CV de 34.22% mostró una dispersión considerable, reflejando diferencias en la capacidad de las accesiones para desarrollar estructuras reproductivas más robustas (Tabla 7).

Tabla 7

Inflorescencia y reproducción encontrada en la colección de amaranto del INIAP

Variable	Código	n	Media	CV	Mín	Máx
Largo de la panoja (cm)	LPT	90	46.56	40.42	12.20	90.00
Diámetro de la panoja (cm)	DP	90	10.79	34.22	4.00	31.30
Tamaño de la inflorescencia terminal (cm)	TIT	90	50.71	36.56	12.40	90.30

Nota. n: número de accesiones, CV: Coeficiente de Variación, Mín: Valor mínimo, Máx: Valor máximo.

4.1.4 Rendimiento y calidad del grano

El rendimiento de grano por planta exhibió una alta variabilidad, con valores que oscilaron entre 0.22 g (ECU-173) y 64.91 g (ECU-142), alcanzando un CV del 80.29%, lo que sugiere la existencia de accesiones con un notable potencial productivo frente a otras con rendimiento significativamente inferior. Este comportamiento es esperable en poblaciones con alto grado de segregación genética. El peso de 1000 semillas presentó una media de 0.62 g, con valores entre 0.33 g (ECU-110) y 1.14 g (ECU-3826) y un CV del 22.56%, lo que también resalta la variabilidad en la calidad del grano (Tabla 8).

Tabla 8

Rendimientos y calidad de semilla encontrada en la colección de amaranto del INIAP

Variable	Código	n	Media	CV	Mín	Máx
Rendimiento de grano por planta (g)	RTO	90	17.95	80.29	0.22	64.91
Peso de 1000 semillas (g)	P1000	90	0.62	22.56	0.33	1.14

Nota. n: número de accesiones, CV: Coeficiente de Variación, Mín: Valor mínimo, Máx: Valor máximo.

En términos generales según Franco e Hidalgo (2003), el coeficiente de variación (CV) permite evaluar la dispersión de los datos en relación con la media. En este estudio, la mayoría de las variables presentan CV inferiores al 50%, indicando estabilidad en características como altura de la planta (21.84%), diámetro del tallo (20.70%) y distancia entre nudos (17.08%). En contraste, el largo de la panoja (40.42%), el tamaño de la inflorescencia terminal (36.56%) y el diámetro de la panoja (34.22%) muestran mayor variabilidad. Destaca el rendimiento de grano por planta con el CV más alto (80.29%), evidenciando una marcada heterogeneidad genética. Estos resultados indican que mientras algunas características morfológicas son más uniformes, otras ofrecen mayor potencial para la selección en mejora genética.

El análisis poblacional de las variables resalta la importancia de la selección de accesiones con características superiores, especialmente en términos de rendimiento de grano y morfología de la panoja, ya que estas variables presentan la mayor variabilidad y, por ende, ofrecen un amplio margen para la mejora genética del cultivo. La alta dispersión en algunas variables sugiere que factores como la adaptación al ambiente y la variabilidad genética juegan un papel determinante en el desempeño de cada accesión.

4.2. Análisis de Componentes Principales (ACP) en la colección de amaranto

El análisis estadístico mediante componentes principales facilitó la identificación de los factores que explican gran parte de la variación observada en los rasgos morfológicos y productivos de las accesiones analizadas. En particular, el CP1 explica el 49% de la variabilidad, seguido del CP2 con 14%. A partir del criterio de Kaiser (1960) que recomienda conservar los componentes con autovalores mayores a 1, sin embargo, para la presente investigación los dos primeros componentes son los más representativos para comprender la conglomeración, análisis que será descrito en los siguientes apartados.

Tabla 9

Valores propios y proporción de la varianza explicada en análisis de componentes principales en la colecta de amaranto.

Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	5.90	0.49	0.49
2	1.64	0.14	0.63

El análisis de los autos vectores (Tabla 10) permitió identificar las variables con mayor peso en cada componente. Así, en el Eje 1, todas las variables evaluadas, excepto la distancia entre nudos (-0.08), el diámetro de la panoja (0.25) y el peso de 1000 semillas (-0.07), presentan coeficientes superiores a 0.30 en el eje 1. En contraste, las tres variables mencionadas muestran una mayor contribución en el eje 2, lo que indica su diferenciación dentro del análisis de componentes principales, lo que indica que este componente refleja diferencias estructurales y de distribución de biomasa en la planta.

Tabla 10

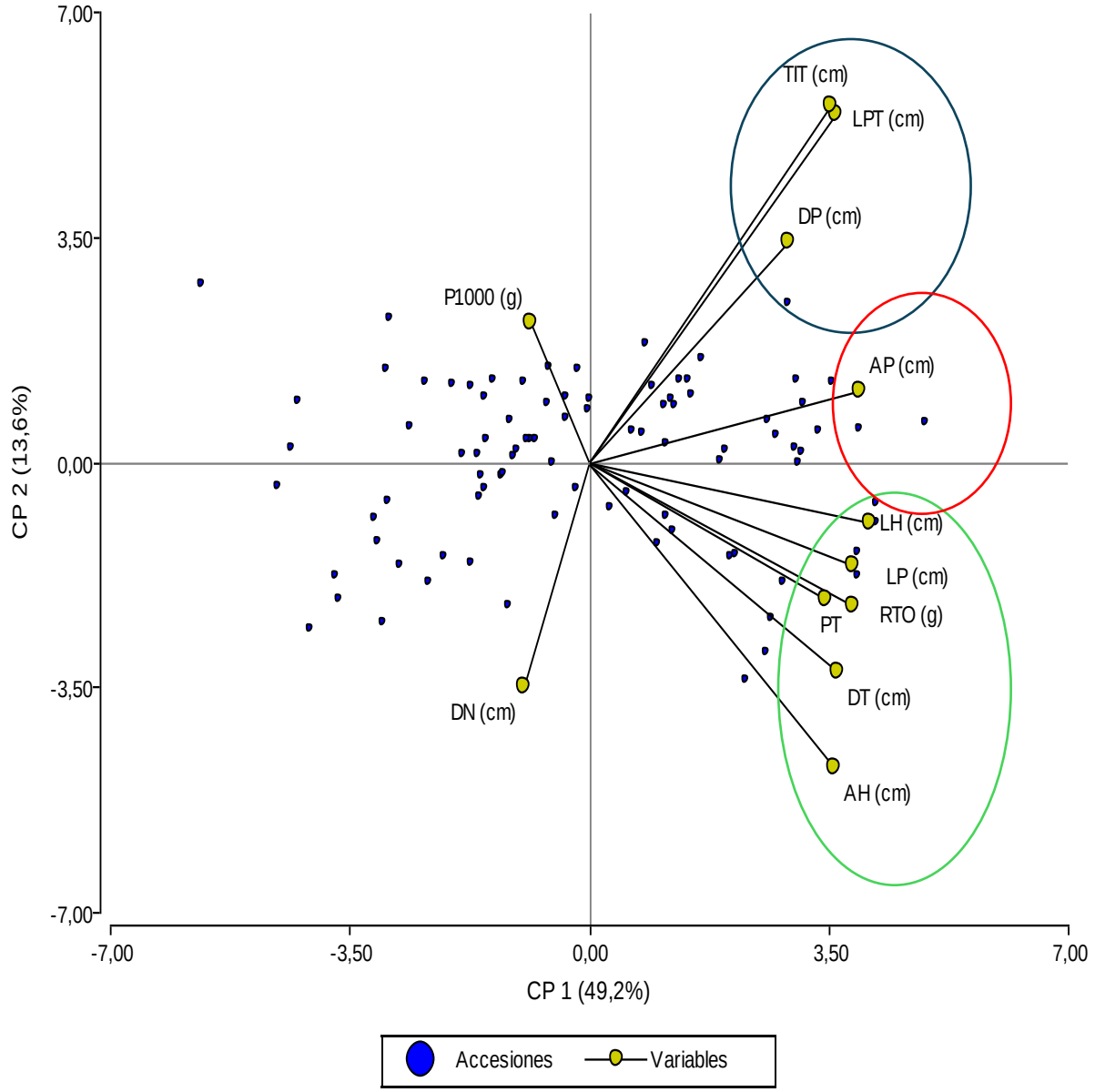
Vectores propios de los primeros dos componentes principales en la caracterización de la colección de amaranto.

Variables	e1	e2
LPT (cm)	0.31	0.47
DN (cm)	-0.08	-0.30
DT (cm)	0.31	-0.28
AP (cm)	0.34	0.09
LH (cm)	0.35	-0.08
LP (cm)	0.33	-0.14
AH (cm)	0.31	-0.41
RTO (g)	0.33	-0.19
TIT (cm)	0.30	0.47
DP (cm)	0.25	0.29
P1000 (g)	-0.07	0.19
PT	0.30	-0.18

La Figura 17, correspondiente del ACP, permitió visualizar la relación entre las variables y los componentes principales. Se observó que las características relacionadas con el crecimiento general de la planta (AP, LH, LP, RTO) se agruparon en torno al CP1. En cambio, variables como LPT y TIT mostraron una mayor asociación con el CP2, evidenciando su relación con la arquitectura de la inflorescencia. Asimismo, variables como peso de 1000 semillas (P1000) y distancia de entre nudo (DN) se encontraron separadas del resto, indicando una menor contribución a la variabilidad explicada por los primeros componentes.

Figura 18

Distribución de las variables originales de accesiones sobre el primero y segundo componente principal en la caracterización de una colección de amaranto



4.3. Análisis de conglomerados en 90 accesiones de amaranto

Basado en el análisis de agrupamiento jerárquico mediante el método de agrupamiento de Ward (1963) permitió conglomerar las accesiones de *Amaranthus* spp. en función de sus características agronómicas. El coeficiente de correlación cofenética obtenido fue de 0.47, lo que indica una correspondencia moderada entre la matriz de distancias originales y la estructura del Dendrograma (Sneath y Sokal, 1973), reflejando cierta heterogeneidad en la agrupación de

los materiales (Crisci y López Armengol, 1983), identificando la conformación de cuatro grupos con una distancia máxima de conglomeración de 73 aproximadamente (Figura 18).

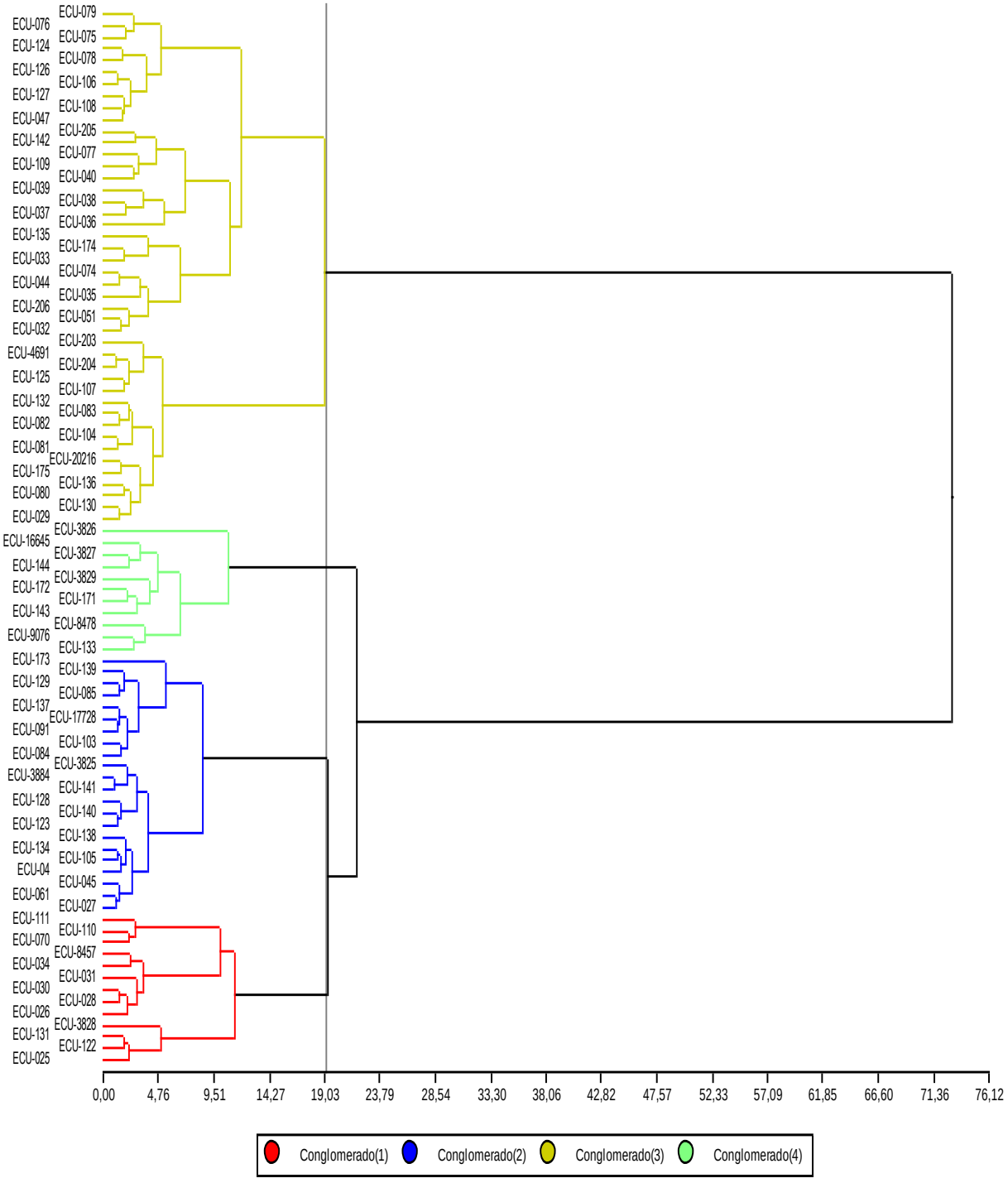
Los grupos 1 y 2 comparten mayores características al estar relacionados y vinculados a una distancia de 19, mientras que el grupo 4 se relaciona al grupo 1 y 2 a una distancia cercana a 21 aproximadamente, siendo el grupo 3 el que comparte menos características a los anteriores grupos por estar relacionado a la distancia máxima de 13.

En orden ascendente, el grupo 4 presentó la menor cantidad de accesiones (Anexo 6), con solo 11, seguido del grupo 1 con 13 accesiones (Anexo 3), el grupo 2 con 22 accesiones (Anexo 4) y, finalmente, el grupo 3, que registró el mayor número de accesiones, con un total de 44 (Anexo 5). Es importante destacar que no se observaron accesiones duplicadas, ya que ninguna se agrupó en más de un conglomerado.

Estos resultados evidencian la existencia de variabilidad dentro de la colección nacional de amaranto, lo que resulta relevante para la selección de materiales con potencial productivo. La diferenciación observada puede ser clave en estrategias de mejoramiento genético, facilitando la identificación de accesiones con atributos agronómicos óptimos para condiciones agroecológicas específicas.

Figura 19

Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward que muestra las relaciones cuantitativas entre 90 accesiones de Amaranthus spp.



4.4. Variabilidad morfológica de la colección de Amaranto a nivel grupal

A través del análisis de varianza se identificó que todas las variables cuantitativas (11) resultaron ser significativas (P-valor <0.0001) para la diferenciación de grupos (Tabla 11).

Tabla 11

Análisis de varianza para variables cuantitativas según conglomerados formados en la colección de amaranto de INIAP.

Variables	C 1 (13 accesiones)	C 2 (22 accesiones)	C 3 (44 accesiones)	C 4 (11 accesiones)	p
Arquitectura de la planta					
AP	118.23 ± 6.11 C	169.17 ± 4.70 B	197.86 ± 3.32 A	133.91 ± 6.64 C	<0.0001
DN	6.07 ± 0.25 B	5.66 ± 0.19 B	5.71 ± 0.14 B	7.11 ± 0.28 A	0.0001
DT	12.37 ± 0.69 B	13.41 ± 0.53 B	17.45 ± 0.37 A	16.32 ± 0.75 A	<0.0001
Variables foliares					
LH	13.64 ± 0.55 C	15.28 ± 0.42 B	18.55 ± 0.30 A	14.88 ± 0.60 BC	<0.0001
AH	7.99 ± 0.35 B	7.78 ± 0.27 B	9.87 ± 0.19 A	8.54 ± 0.38 B	<0.0001
LP	6.85 ± 0.43 C	8.14 ± 0.33 B	10.53 ± 0.24 A	9.26 ± 0.47 B	<0.0001
Inflorescencia y reproducción					
LPT	19.77 ± 3.54 C	42.71 ± 2.72 B	58.95 ± 1.92 A	36.41 ± 3.85 B	<0.0001
DP	6.21 ± 0.86 C	10.12 ± 0.66 B	12.05 ± 0.47 A	12.48 ± 0.94 A	<0.0001
TIT	22.90 ± 3.57 C	46.20 ± 2.74 B	62.11 ± 1.94 A	47.03 ± 3.88 B	<0.0001
Rendimiento y calidad de grano					
RTO	6.22 ± 2.94 B	7.72 ± 2.26 B	27.91 ± 1.60 A	12.38 ± 3.20 B	<0.0001
P1000	0.58 ± 0.03 B	0.59 ± 0.02 B	0.58 ± 0.01 B	0.91 ± 0.03 A	<0.0001

Nota. C: Conglomerados.

El análisis de conglomerados (Tabla 11) indicó que el conglomerado 3 (C3) destaca como el más productivo debido a la combinación de características favorables en su arquitectura y producción de semillas. Este grupo presenta las plantas de mayor altura (197.86 cm), con tallos más gruesos (17.45 mm) y panojas más largas (58.95 cm), características que favorecen una mayor producción de semillas. Aunque el peso de 1000 semillas en este grupo es relativamente bajo (0.58 g), la gran cantidad de semillas generada por las inflorescencias compensa este factor, resultando en el mayor rendimiento de grano por planta (27.91 g). Esto sugiere que la productividad en C3 está más influenciada por el tamaño de la panoja y la densidad de semillas que por el peso individual de cada una.

Por otro lado, el conglomerado 4 (C4) presenta un comportamiento intermedio en términos de arquitectura, con una altura de planta de 133.91 cm y panojas de tamaño moderado (36.41 cm). Sin embargo, se distingue por el mayor peso de 1000 semillas (0.91 g), lo que indica la producción de semillas más pesadas, aunque en menor cantidad en comparación con C3. Este

aspecto es relevante en la selección genética si se busca mejorar el peso del grano sin aumentar excesivamente el tamaño de la planta.

En contraste, los conglomerados 1 (C1) y el conglomerado 2 (C2) presentan limitaciones en términos de rendimiento y arquitectura de la planta. C1 tiene las plantas más pequeñas (118.23 cm), con panojas reducidas (19.77 cm) y el menor rendimiento de grano por planta (6.22 g), lo que lo hace poco atractivo para programas de mejoramiento. De manera similar, C2, aunque muestra una altura de planta mayor que C1 (169.17 cm) y panojas más largas (42.71 cm), mantiene un bajo rendimiento (7.72 g), indicando que estos dos grupos no son de interés para la selección de líneas productivas.

Desde el punto de vista de mejora genética, la selección debe enfocarse en los conglomerados C3 y C4. C3 representa la mejor opción si el objetivo es maximizar la producción de grano mediante la selección de plantas con inflorescencias grandes y alta capacidad de producción de semillas. Sin embargo, si la prioridad es mejorar el peso individual de las semillas sin incrementar excesivamente el tamaño de la planta, C4 ofrece una alternativa viable. La integración de ambos perfiles en un programa de mejoramiento permitiría optimizar el balance entre producción y calidad del grano, favoreciendo el desarrollo de cultivares más eficientes y adaptados a las necesidades productivas.

Los conglomerados C1 y C2, aunque no destacan por su productividad en grano, presentan características que permiten su aprovechamiento en otros ámbitos. Su menor porte y menor inversión en producción de semillas los hacen ideales para la producción de hojas comestibles, ricas en nutrientes como proteínas, hierro y calcio, con un alto valor nutricional (Zou et al., 2020). Además, su atractivo visual favorece su uso ornamental en paisajismo y arreglos florales, ya que las inflorescencias de Amaranthus son populares en jardines debido a su color vibrante (Aguilera et al., 2021).

Finalmente, sus inflorescencias pueden aprovecharse para la extracción de betalaínas, pigmentos naturales utilizados en la industria alimentaria y cosmética, que se extraen por su potencial como colorantes naturales (Galarza Medina, 2013). Estas alternativas diversifican el uso del amaranto y refuerzan su valor en sistemas agrícolas sostenibles.

A nivel de accesiones dentro de cada conglomerado, en el C3 destacó la ECU-142, con el mayor rendimiento de grano por planta (64.91 g); la ECU-205, con el mayor largo de panoja (90 cm) y longitud de hoja (22.50 cm); la ECU-036, con el mayor diámetro del tallo (23.79 cm); y la

ECU-124, con el mayor largo de pecíolo (13.3 cm). En el C4, la accesión ECU-3826 registró el mayor peso de 1000 semillas (1.14 g) y el mayor diámetro de panoja (31.30 cm). En el C1, la accesión ECU-111 mostró la mayor distancia entre nudos (9.60 cm), mientras que, en el C2, si bien no se identificaron accesiones sobresalientes, se evidenciaron valores intermedios en la mayoría de las variables.

Los resultados obtenidos por Delgado et al. (2022), quienes evaluaron accesiones de amaranto en Imbabura, Tungurahua y Cañar, indican que la altura de las plantas varió entre 107 cm y 208 cm. Estos valores máximos son similares a los registrados para el conglomerado C3 en este estudio, con una altura promedio de 197.86 cm, posicionándolo como el grupo con mayor vigor vegetativo. En cuanto a la longitud del pecíolo, los datos reportaron un rango de 9.34 cm a 16.07 cm, siendo el C3 superior con un promedio de 10.53 cm, lo que sugiere una óptima disposición foliar para la captación de luz en estas accesiones.

Por otro lado, la longitud de la hoja observada osciló entre 11.85 cm y 19.66 cm, valores comparables al promedio de 18.55 cm registrado en el C3, destacándolo por su mayor capacidad fotosintética. Además, el ancho de la hoja informado varió entre 6.69 cm y 13.09 cm; en este caso, el C3 presentó un promedio de 9.87 cm, reforzando su eficiencia en la captación de luz, todas estas similitudes coincidentes con los autores corresponden a las accesiones evaluadas en Imbabura, reforzando así su adaptación bajo las presentes condiciones agroclimáticas.

Como lo establece Rahman (2020) que evaluó variedades no especificadas de amaranto en Asia del Sur, centrándose en parámetros morfológicos como la altura promedio de planta, que alcanzó los 137.68 cm. Este valor fue superado significativamente por el conglomerado C3 en este estudio, con una altura promedio de 197.86 cm, lo que resalta el vigor y la adaptabilidad de las accesiones evaluadas en Chaltura.

En cuanto a la longitud de la hoja, Rahman registró un promedio de 18.59 cm, valor similar al observado en el C3 (18.55 cm), que mostró un destacado desempeño en este parámetro. Respecto al ancho de la hoja, el promedio registrado por Rahman fue de 9.64 cm, comparable al promedio de 9.87 cm del C3, indicando una eficiencia fotosintética consistente. Por otro lado, la longitud lateral de las hojas en el estudio osciló entre 0.78 cm y 3.10 cm. En contraste, este trabajo registró un mayor desarrollo del pecíolo en el C3, con un promedio de 10.53 cm, evidenciando diferencias atribuibles al manejo agronómico y a las características genéticas de las accesiones.

De acuerdo con los hallazgos de Jiménez (2017), al evaluar cuatro variedades de amaranto en Tungurahua, obtuvo una altura promedio de planta de 89.17 cm, valor significativamente menor al promedio de 197.86 cm alcanzado por el C3 en este estudio, que mostró el mayor vigor y adaptabilidad, mientras que el conglomerado 1 obtuvo la menor altura con 118.23 cm. En cuanto al diámetro del tallo, el promedio registrado fue de 1.31 cm, muy por debajo de los valores observados en este trabajo, donde el C3 alcanzó 17.45 cm, reflejando mayor robustez, seguido del C4 con 15.67 cm, igual destacando en la distancia entre nudo con un promedio de 7.11 cm, un 18 % superior al promedio general de 6.14 cm.

Este valor sugiere un mayor vigor vegetativo, superando los resultados obtenidos por Jiménez, quien reportó distancias entre nudos menores (máximo de 4.8 cm). Respecto a la longitud de la hoja, los promedios reportados variaron entre 8.43 cm y 12.43 cm, siendo inferiores a los valores obtenidos en esta investigación, donde el C3 destacó con 18.55 cm, seguido por el C4 con 16.87 cm. De manera similar, en términos de ancho de la hoja, los valores más altos no superaron los 5.80 cm, mientras que aquí el C3 registró 9.87 cm, evidenciando mayor potencial fotosintético.

Chávez (2018) reportó que el diámetro del tallo en accesiones de *Amaranthus cruentus* y *A. hybridus* originarias de China y Bélgica varió entre 2.5 y 5.0 cm, mientras que en este estudio el conglomerado C3 presentó un promedio significativamente superior de 17.45 cm, un 33 % por encima de la media general, reflejando una mayor robustez estructural y capacidad para soportar mayores cargas de grano bajo las condiciones de Chaltura. Además, la altura del tallo, que en el estudio mencionado alcanzó un máximo de 130 cm, fue ampliamente superada por el C3 con un promedio de 197.86 cm, destacando su vigor vegetativo.

En términos de inflorescencias el autor presento que las panojas de *A. caudatus* provenientes de Bélgica alcanzaron hasta 70 cm, siendo comparables a las longitudes intermedias del C3, aunque menores a las del C1, que mostró las panojas más largas. Por otro lado, las especies de *A. cruentus* exhibieron panojas más pequeñas (10-17 cm), similares a los valores mínimos observados en el C2, lo que evidencia cómo las diferencias genéticas y las condiciones agroecológicas impactan la morfología de las plantas. En cuanto a la longitud de la inflorescencia terminal, las accesiones de *A. hybridus* de Estados Unidos y Mongolia promediaron 55 cm, valores superados por el C3 en este estudio, reafirmando el potencial de las accesiones locales para mejorar la producción en la región.

Según los resultados obtenidos por Arellano y Galicia (2007), que estudiaron variedades de *Amaranthus* spp. en condiciones tropicales de México, reportaron diámetros de panoja en el rango de 10.9 cm a 12.5 cm bajo diferentes aplicaciones de nitrógeno (0.80 y 160 kg N ha^{-1}), con un promedio de 11.1 cm. Estos valores son menores que los encontrados en este estudio, donde el C4 alcanzó un diámetro promedio de 31.30 cm, lo que sugiere que las accesiones evaluadas en este trabajo presentan un mayor potencial para producir panículas de mayor tamaño.

De manera similar, Gómez-Pérez et al. (2021) que investigaron accesiones no especificadas de amaranto en un ambiente tropical, reportaron diámetros de panoja entre 8.5 cm y 14.3 cm en condiciones tropicales, lo que se asemeja a los valores encontrados en los C1 y C2 de este estudio. Estas diferencias reflejan cómo las condiciones agroclimáticas y genéticas influyen en este parámetro, destacando el potencial superior del C4.

De acuerdo con lo reportado por Yeshitila et al. (2023) que evaluaron 120 genotipos de amaranto en Etiopía, reportando un rendimiento promedio de grano de 1.39 t/ha, con genotipos que superaron la media en un 71.22% a 138.85%, destacando por su mayor área foliar y eficiencia en el llenado de grano. Estos resultados son consistentes con los encontrados en el conglomerado 3 de esta investigación, que mostró un rendimiento destacado, sugiriendo que dicho grupo tiene un alto potencial productivo y una adaptación favorable a las condiciones locales.

En cuanto a la inflorescencia terminal, Yeshitila et al. (2023) reportaron longitudes que variaron entre 2.73 cm y 25.33 cm, lo cual, aunque más bajo que los valores obtenidos en este estudio, refleja una variabilidad genética y ambiental similar. Esto sugiere que el rango observado en el conglomerado 3 puede tener un potencial comparable al de los genotipos más productivos en su estudio.

El crecimiento de las plantas está determinado por una interacción compleja entre factores genéticos y ambientales, los cuales influyen de manera simultánea en su desarrollo. Según Moreno (2022), el ambiente en el que las plantas crecen, que incluye elementos como el tipo de suelo, la disponibilidad de agua, la intensidad y calidad de la luz, entre otros, desempeña un papel fundamental en la expresión genética, permitiendo que los genes alcancen su máximo potencial en el fenotipo observado. Así, las diferencias en el largo de la panoja observadas entre las distintas regiones no son únicamente el resultado de la variabilidad genética de las

accesiones evaluadas, sino también de las condiciones ambientales particulares de cada zona. Cada región ofrece un conjunto único de factores que, al interactuar con los componentes genéticos de las plantas, moldean sus características fenotípicas, como el tamaño y desarrollo de la inflorescencia, reflejando la importancia de considerar tanto los aspectos genéticos como ambientales para comprender el comportamiento agronómico de los cultivos.

4.5. Incidencia de plagas y enfermedades

El análisis evidenció que las plagas tuvieron una distribución uniforme entre los conglomerados, mientras que las enfermedades presentaron una incidencia más variable. El minador del tallo registró incidencias cercanas al 20% en todos los conglomerados, sin diferencias significativas. Los masticadores fueron las plagas más predominantes, con valores superiores al 23%, alcanzando su máximo en C2 (26.67%), lo que sugiere variabilidad en la susceptibilidad de las accesiones.

En cuanto a enfermedades, la roya se presentó exclusivamente en el conglomerado tres (C3), afectando la accesión ECU-033 con una incidencia de 1.76 %. El mal negro se detectó únicamente en la accesión ECU-3828 del conglomerado uno (C1), con una incidencia de 11.11 %, lo que sugiere una posible predisposición genética o condiciones ambientales favorables en esta accesión. Por su parte, el mildiu velloso se identificó en tres accesiones del conglomerado C1 (ECU-026, ECU-028 y ECU-030), siendo ECU-026 la más afectada, mientras que en el conglomerado C3, la accesión ECU-033 presentó una incidencia de 2.94 %.

La incidencia de Spodoptera fue baja y se limitó a C3 (1,82%) y C4 (0,74%). C4 mostró la menor afectación por plagas y enfermedades, lo que podría indicar una mayor tolerancia de las accesiones dentro de este conglomerado. Estos resultados resaltan la importancia de seleccionar materiales con menor susceptibilidad para mejorar la resistencia del cultivo de amaranto (Tabla 12).

Tabla 12

Porcentajes de incidencia de plagas y enfermedades identificados en la colección de amaranto

Plagas/Enfermedades	C1	C2	C3	C4
Minador del Tallo	19.74 ± 1.81	20.00 ± 1.80	19.75 ± 1.11	20.44 ± 2.08
Masticador	25.69 ± 3.67	26.67 ± 2.64	26.35 ± 1.69	23.68 ± 4.01
Roya	—	—	1.76 ± 1.76	—
Mal Negro	11.11 ± 11.11	—	—	—
Mildiu Velloso	15.00 ± 15.00	—	2.94 ± 2.94	—
Spodoptera	—	—	1.82 ± 1.82	0.74 ± 0.74

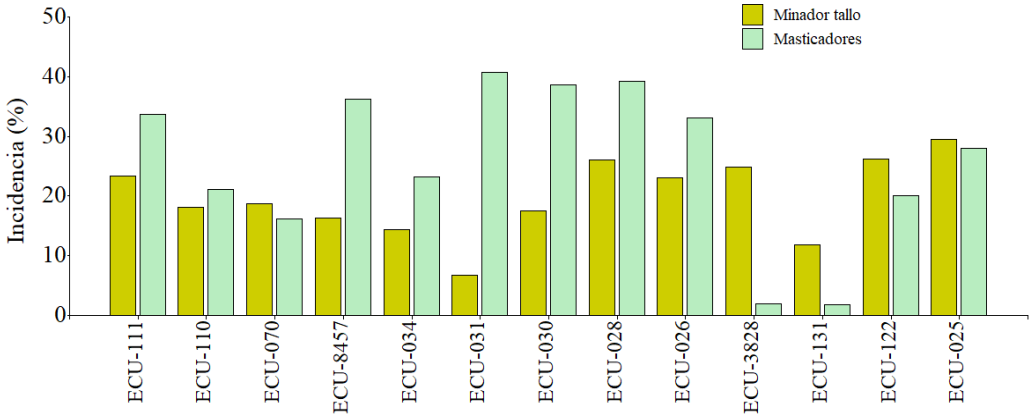
Nota. C: Conglomerados.

Las plagas de masticador y minador del tallo fueron las únicas que estuvieron presentes en todos los conglomerados, con altas incidencias de masticador en C1 (25.69%) y C2 (26.67%), y de minador del tallo en C4 (20.44%).

En la Figura 19 perteneciente al conglomerado uno (C1) en donde se presentan las incidencias pertenecientes a cada accesión, resaltando que, la ECU-031(40.79 %) es la que presenta mayor incidencia en masticador, mientras que en minador de tallo se encuentra en la ECU-025 (29.50 %). Siendo todo lo contrario a la ECU-031(6.71 %) que es la que presenta menos incidencia en minador del tallo y en la ECU-131 (1.82 %) en masticador.

Figura 20

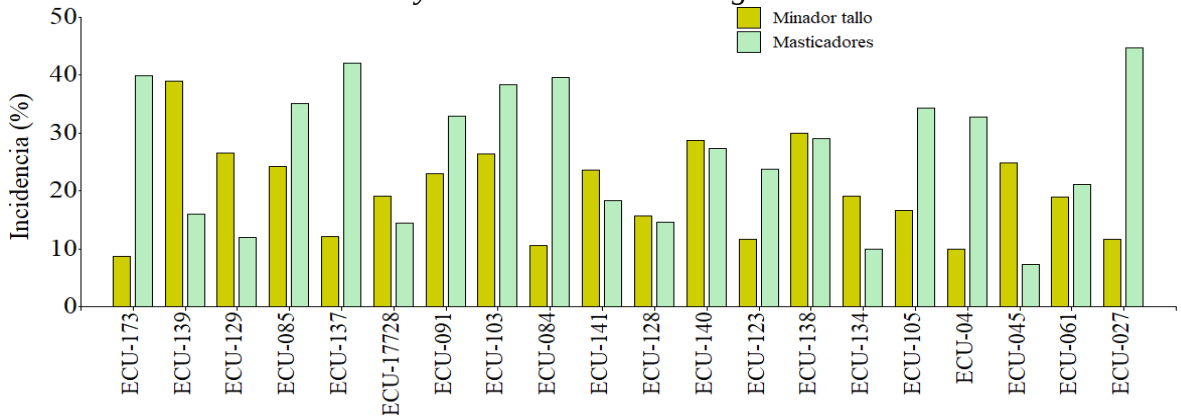
Incidencia de minador del tallo y masticadores en el conglomerado 1



En el conglomera dos (C2) las accesiones que presentaron mayores incidencias fueron: ECU-027 en masticador con una incidencia de 44.67 %, mientras que ECU-139 con una incidencia de 38.91 % en minador del tallo, siendo todo lo contrario con ECU-173 con un 8.67 % igual que la ECU-045 con un 7.27 % en masticador, ver Figura 20.

Figura 21

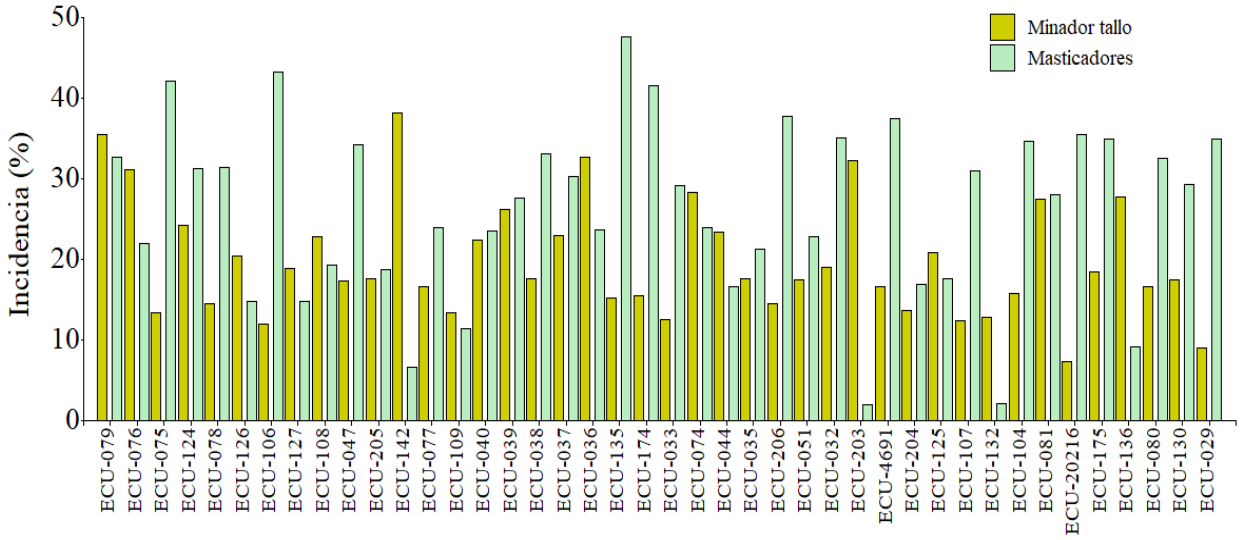
Incidencia de minador del tallo y masticadores en el conglomerado 2



En la Figura 21 se presenta el conglomerado tres (C3) los valores de incidencia máximos y mínimos, con diferentes accesiones en donde tenemos que la ECU-135 presenta la mayor incidencia en masticador con un 47.59 %, mientras que en minador de tallo se posiciona la ECU-142 con un 38.10 %, en cambio la ECU-20216 en minador del tallo presento una incidencia del 7.33 %, al igual que en masticador la ECU-203 presento una incidencia menor con un 2.00 %.

Figura 22

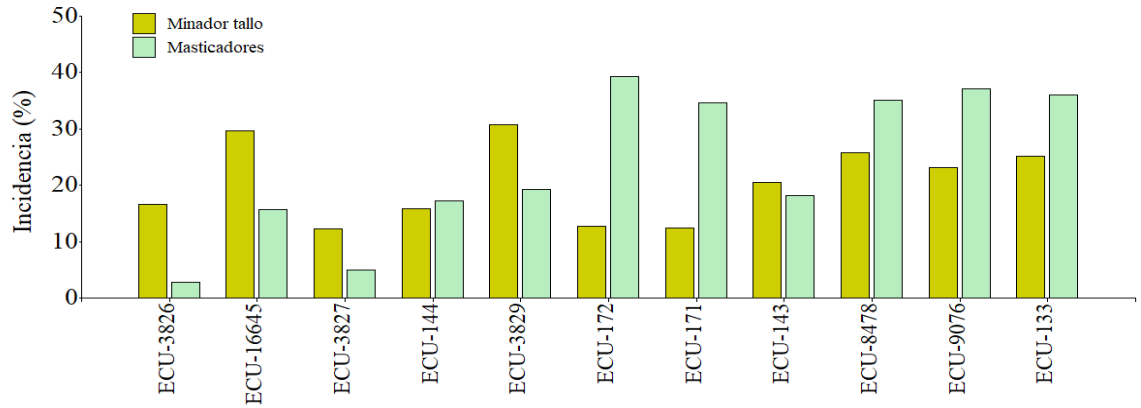
Incidencia de minador del tallo y masticadores en el conglomerado 3



En el conglomerado cuatro (C4) se presentaron variaciones altas y bajas igual en las incidencias dentro del conglomerado por accesiones, en minador de tallo tenemos la ECU-3829 con una incidencia del 30.82 %, mientras que en masticador se presenta en la ECU-172 con un 39.35 %. A diferencia de esto en la ECU-3826 con una incidencia del 2.86 % en masticador, siendo valores bajos iguales a la ECU-172 con una incidencia del 12.75 % en minador del tallo, ver Figura 22.

Figura 23

Incidencia de minador del tallo y masticadores en el conglomerado 4



Los resultados muestran variabilidad entre las accesiones en cuanto a su susceptibilidad al minador del tallo y masticador. La accesión ECU-139 (C2) presentó el valor más alto en minador del tallo (38.91%), seguida de ECU-142 (C3) con 38.10%, lo que indica una mayor vulnerabilidad a esta plaga en esas accesiones. Para masticador, ECU-135 (C3) mostró la mayor afectación con 47.59%, mientras que ECU-027 (C2) tuvo un valor similar de 44.67%. Por otro lado, algunas accesiones presentaron una menor incidencia frente a ambas plagas, como ECU-028 (C1) y ECU-085 (C2), con valores más bajos y equilibrados en ambos parámetros. Estas accesiones son menos susceptibles y podrían ser consideradas como opciones más resistentes para el manejo integrado de plagas.

Los resultados de esta investigación muestran diferencias significativas con respecto al estudio de Pérez et al. (2011), realizado en México bajo un clima semiárido con menor humedad relativa. En dicho estudio, el mildiu velloso presentó una incidencia máxima del 18 %, mientras que en este estudio alcanzó 15 % en la accesión ECU-026 del conglomerado C1, lo que podría atribuirse a las mayores precipitaciones y humedad en Chaltura, condiciones que favorecen su desarrollo. Por otro lado, la roya en México tuvo una incidencia superior al 10 %, mientras que en esta investigación solo se registró en el conglomerado C3, afectando a la accesión ECU-033 con un 1.76 % de incidencia. Esto sugiere que las temperaturas y condiciones agroecológicas de Chaltura podrían ser menos favorables para su establecimiento.

En cuanto a las plagas, los masticadores reportaron incidencias del 70% en México, valores superados en los conglomerados C1 (25.69 %) y C2 (26.67%), lo que sugiere una menor presión de esta plaga en las accesiones evaluadas localmente. Finalmente, *Spodoptera* sp. que no fue significativa en el estudio mexicano, presentó una incidencia del 17.86% en el conglomerado C4, probablemente relacionada con diferencias en la densidad de siembra y prácticas culturales entre ambas regiones. Estas variaciones reflejan cómo los factores agroecológicos y las prácticas de manejo influyen en la incidencia de plagas y enfermedades, destacando la importancia de ajustar las estrategias de manejo integrado y selección de accesiones resistentes según las condiciones locales.

Sin embargo, Jiménez et al. (2018) reportó que la plaga minadora del tallo era común en las variedades de amaranto en la región andina de Ecuador, con una incidencia que superó el 60% en algunas accesiones, similar a lo observado en este estudio en el C1 y C2, donde la incidencia de minador del tallo alcanzó el 19.74% y 20%, respectivamente. Además, mal negro fue identificado en el C1 en la accesión ECU-3828 con una incidencia del 11.11 %, lo que coincide

con la observación del autor mencionado, quien encontró que esta enfermedad es común en condiciones de clima frío y húmedo, lo que puede indicar una mayor vulnerabilidad de las accesiones en áreas similares.

4.6. Selección de materiales promisorios

La selección de material para mejoramiento genético en amaranto se basa en características clave como rendimiento, tamaño de semilla y calidad de la panícula. Como referencia, se utiliza la variedad mejorada INIAP Alegría, destacada por su alto rendimiento y adaptabilidad. A partir de esta base, se seleccionan accesiones con potencial para mejorar los rendimientos y la calidad del cultivo. Este proceso permite identificar accesiones prometedoras para programas de mejoramiento, así como aquellas que requieren ajustes en su manejo para optimizar su desempeño.

4.6.1 Grupo 1

Las accesiones seleccionadas dentro del Grupo 1 presentan características agronómicas diferenciadas que justifican su inclusión en programas de mejoramiento genético en amaranto. La selección se fundamenta en atributos clave como altura de planta, rendimiento por planta, tamaño y estructura de la panoja, diámetro de la panoja y peso de 1000 semillas, los cuales influyen directamente en la productividad y adaptación del cultivo a diferentes condiciones agroclimáticas (Tabla 13).

Tabla 13

Accesiones del grupo 1 como posibles opciones para mejoramiento genético

Accesión	AP (cm)	RTO/planta (g)	TIT (cm)	DP (cm)	P1000 (g)
ECU-025	89.20	1.58	16.00	4.00	0.74
ECU-034	164.70	14.28	19.30	6.80	0.62
ECU-111	99.30	11.47	17.30	6.15	0.57
ECU-122	94.00	2.20	27.33	5.00	0.61
ECU-131	115.40	1.95	31.80	5.90	0.60
ECU-3828	67.20	1.82	45.80	9.40	0.91
ECU-8457	103.60	9.15	23.80	10.05	0.62

Nota. AP: Altura de la planta, RTO/planta: Rendimiento de gramo por planta, TIT: Tamaño de la inflorescencia terminal, DP: Diámetro de la panoja, P1000: Peso de mil semillas.

Dentro de este grupo, ECU-034 destaca por su elevado rendimiento por planta (14.28 g) y su altura considerable (164.7 cm), lo que sugiere un alto potencial de producción de biomasa y grano. Además, su diámetro de panoja de 6.8 cm y su peso de 1000 semillas de 0.62 g indican

una adecuada distribución de semillas, favoreciendo su eficiencia en la producción. De manera similar, ECU-111 presenta un rendimiento significativo (11.47 g) en una planta de porte intermedio (99.3 cm), lo que la convierte en una opción viable para la obtención de materiales productivos en plantas de menor tamaño. Su diámetro de panoja (6.15 cm) y peso de semilla (0.57 g) refuerzan su potencial para generar semillas de buena calidad y tamaño homogéneo.

Por otro lado, ECU-8457 se distingue por su diámetro de panoja más amplio (10.05 cm) y rendimiento de 9.15 g, lo que indica una estructura floral que maximiza la producción de semilla. Además, su peso de 1000 semillas (0.62 g) es favorable para mejorar la calidad del grano, promoviendo una mayor uniformidad y peso en la cosecha. En cuanto a ECU-122 y ECU-131, ambas presentan longitudes de panoja superiores (27.33 cm y 31.80 cm, respectivamente), lo que las hace candidatas para el mejoramiento de la arquitectura de la inflorescencia, favoreciendo la distribución uniforme de semillas. Sus valores de peso de 1000 semillas (0.61 g y 0.60 g, respectivamente) indican un tamaño adecuado para su selección en líneas de mejoramiento.

En particular, ECU-3828 sobresale por su panoja extremadamente larga (45.80 cm) y el mayor peso de 1000 semillas dentro del grupo (0.91 g), lo que la convierte en una accesión con alto potencial para cruzamientos dirigidos a incrementar la producción de semilla de mayor calibre. Finalmente, ECU-025, aunque presenta un rendimiento por planta bajo (1.58 g), posee un peso de 1000 semillas relativamente alto (0.74 g), lo que la hace una accesión interesante para mejorar la masa de semilla sin comprometer la calidad del grano.

En conjunto, estas accesiones ofrecen un equilibrio entre rendimiento, estructura de la panoja y peso de semilla, proporcionando material genético valioso para la obtención de variedades mejoradas que optimicen la producción y adaptabilidad del amaranto en Ecuador.

4.6.2 Grupo 2

Las accesiones pertenecientes al Grupo 2 presentan atributos agronómicos que las hacen potencialmente útiles para diversos enfoques de mejoramiento genético, considerando como referencia la variedad INIAP Alegría, caracterizada por su alto rendimiento, tamaño de semilla adecuado y arquitectura de planta óptima para la cosecha mecanizada. Las accesiones destacadas en este grupo pueden emplearse en programas de selección y cruzamiento dirigidos a mejorar la productividad, calidad del grano y adaptabilidad del amaranto a distintas condiciones agroecológicas (Tabla 14).

Tabla 14

Accesiones del grupo 2 como posibles opciones para mejoramiento genético

Accesión	AP (cm)	RTO/planta (g)	TIT (cm)	DP (cm)	P1000 (g)
ECU-04	167.40	7.12	39.90	12.20	0.67
ECU-045	191.20	10.56	32.80	9.90	0.60
ECU-084	187.20	12.93	59.20	9.60	0.57
ECU-091	180.40	13.88	59.90	9.70	0.62
ECU-103	188.90	9.35	58.50	8.30	0.53
ECU-129	163.30	11.44	52.90	7.90	0.53
ECU-137	169.00	11.25	47.90	9.20	0.68
ECU-138	152.30	3.86	34.80	9.80	0.65
ECU-139	144.00	4.87	44.00	10.67	0.55
ECU-141	176.30	13.50	44.00	12.00	0.60

Nota. AP: Altura de la planta, RTO/planta: Rendimiento de gramo por planta, TIT: Tamaño de la inflorescencia terminal, DP: Diámetro de la panoja, P1000: Peso de mil semillas.

ECU-091 y ECU-084 presentan los mayores rendimientos por planta (13.88 g y 12.93 g, respectivamente), acompañados de panículas largas (59.9 cm y 59.2 cm). Estas características las hacen candidatas para programas de mejoramiento orientados a aumentar la productividad del cultivo. Se recomienda evaluar su estabilidad en diferentes ciclos de producción y su respuesta a variaciones en densidad de siembra, ya que una mayor longitud de panícula podría afectar la uniformidad de maduración y dificultar la cosecha mecanizada.

ECU-141 y ECU-3884 también exhiben altos rendimientos (13.50 g y 12.93 g) y panículas de tamaño considerable. Su incorporación en cruzamientos con accesiones de menor rendimiento, pero con atributos deseables, como mayor peso de semilla, podría generar híbridos más equilibrados. Para confirmar su estabilidad, sería recomendable analizar la distribución del peso de grano dentro de la panícula y su susceptibilidad a desgrane.

ECU-137, ECU-04 y ECU-138 destacan por su elevado peso de 1000 semillas (0.68 g, 0.67 g y 0.65 g). Dado que la variedad INIAP Alegría presenta un valor cercano a 0.70 g, estas accesiones podrían utilizarse para incrementar el tamaño de semilla en nuevos cultivares. Sin embargo, su rendimiento por planta es relativamente bajo en comparación con otras accesiones del grupo, por lo que se recomienda analizar si esta característica se debe a menor eficiencia en la partición de asimilados o a limitaciones en la formación de grano. Un ensayo complementario con manejo nutricional diferenciado podría proporcionar información adicional.

ECU-103 presenta una panícula larga (58.5 cm), lo que sugiere un buen potencial de producción de semilla. No obstante, su rendimiento es inferior al de accesiones como ECU-091 y ECU-

141. Se recomienda analizar la densidad de semillas por panícula y su peso promedio para determinar si la distribución de asimilados es un factor limitante.

ECU-173 y ECU-3825 poseen diámetros de panícula de 15.1 cm y 12.7 cm, respectivamente, lo que podría conferirle resistencia al desgrane y mejorar la cosecha mecanizada. Sin embargo, si estos valores no se traducen en un mayor rendimiento por planta, es necesario verificar si existe competencia interna en la panícula que reduzca la tasa de llenado de grano. Un análisis de la compactación de semillas y su viabilidad podría aportar datos clave.

ECU-045 destaca por su porte alto (191.2 cm), lo que podría favorecer su desempeño en cultivos densos donde la competencia por luz es un factor determinante. Su rendimiento (10.56 g) y peso de semilla (0.60 g) son adecuados, pero sería pertinente evaluar su resistencia al acame y la distribución de biomasa en la planta.

Por otro lado, ECU-139 y ECU-3825, con alturas de 144 cm y 141.6 cm, respectivamente, presentan un porte más compacto, lo que las hace adecuadas para sistemas mecanizados. Sin embargo, si su rendimiento es menor que el de accesiones más altas, se recomienda una reevaluación en condiciones de mayor densidad de siembra para determinar si su menor porte afecta su eficiencia en la competencia por recursos.

En general, las accesiones analizadas presentan atributos valiosos para programas de mejoramiento, pero algunas requieren estudios complementarios para confirmar su estabilidad y eficiencia en distintos sistemas de producción. Ensayos adicionales con variaciones en manejo agronómico, densidad de siembra y nutrición permitirían determinar su verdadero potencial en condiciones comerciales.

4.6.3 Grupo 3

El grupo 3 ha mostrado un rendimiento destacado en varias de las accesiones evaluadas, presentando valores sobresalientes en características como el rendimiento por planta, la longitud de panícula y el peso de semilla. Aunque no todas las accesiones del grupo alcanzaron los mejores valores en todos los aspectos, se seleccionaron aquellas que demostraron un desempeño notable y que podrían contribuir significativamente a los programas de mejoramiento genético. Las accesiones mencionadas a continuación fueron destacadas debido a sus características favorables, aunque algunas requieren evaluaciones adicionales para confirmar su estabilidad bajo diferentes condiciones de cultivo (Tabla 15).

Tabla 15

Accesiones del grupo 3 como posibles opciones para mejoramiento genético

Accesión	AP (cm)	RTO/planta (g)	TIT (cm)	DP (cm)	P1000 (g)
ECU-032	213.50	29.49	47.90	11.70	0.61
ECU-037	191.30	47.62	35.20	9.40	0.69
ECU-039	221.60	55.44	52.20	15.00	0.58
ECU-040	186.50	53.85	54.90	15.70	0.49
ECU-075	259.40	30.42	72.30	12.40	0.64
ECU-081	177.90	11.16	62.80	10.30	0.75
ECU-107	202.40	11.84	66.70	11.10	0.76
ECU-109	183.90	43.84	76.80	11.20	0.49
ECU-142	207.75	64.91	74.50	13.00	0.56
ECU-204	176.80	18.10	71.00	15.40	0.68
ECU-205	197.40	48.71	90.30	15.70	0.51
ECU-4691	175.00	23.63	67.30	14.60	0.69

Nota. AP: Altura de la planta, RTO/planta: Rendimiento de gramo por planta, TIT: Tamaño de la inflorescencia terminal, DP: Diámetro de la panoja, P1000: Peso de mil semillas.

ECU-032: Con un rendimiento sobresaliente de 29.49 g por planta y una longitud de panícula de 47.90 cm, esta accesión se distingue por su potencial para el mejoramiento genético en términos de productividad. Sin embargo, el peso de 1000 semillas de 0.61 g sugiere que la calidad de la semilla podría limitar su desempeño. Es fundamental evaluar su estabilidad en diferentes ciclos de cultivo y condiciones climáticas para determinar si el tamaño de la panícula podría influir en la caída prematura de semillas.

Destacándose por un rendimiento notable de 55.44 g por planta, la accesión ECU-039 también exhibe una panícula de gran tamaño (52.20 cm). Aunque su peso de 1000 semillas (0.58 g) es adecuado, la gran longitud y diámetro de la panícula (15.00 cm) podrían representar un desafío durante la cosecha, especialmente en sistemas mecanizados. Es recomendable realizar pruebas adicionales para confirmar su desempeño bajo condiciones de cosecha intensiva.

Con un rendimiento de 47.62 g por planta y un peso de semilla de 0.69 g, ECU-037 sobresale por su alta productividad. La longitud de la panícula (35.20 cm) es adecuada, aunque podría verse afectada por condiciones de estrés hídrico, lo que limitaría su rendimiento en suelos con menor capacidad de retención de agua. Se sugiere realizar nuevas evaluaciones para analizar su comportamiento en situaciones de sequía y estrés ambiental.

La accesión ECU-075, con un rendimiento de 30.42 g por planta y panículas de 72.30 cm, presenta características que la hacen valiosa para programas de mejoramiento de productividad. Sin embargo, su tamaño de panícula, combinado con un diámetro de 12.40 cm, podría resultar

en dificultades durante la cosecha. Se recomienda realizar estudios adicionales sobre su eficiencia en sistemas de cosecha mecanizada y su respuesta a diferentes densidades de siembra.

Se destaca por su rendimiento la accesión ECU-142 (64.91 g), acompañado de un peso de semilla de 0.56 g. Aunque la accesión es prometedora en términos de productividad, el tamaño de la panícula (74.50 cm) y su diámetro (13.00 cm) podrían generar inconvenientes en la cosecha, especialmente en sistemas de recolección mecanizada. Para confirmar su viabilidad, se debe realizar un análisis sobre la estabilidad de esta accesión bajo condiciones controladas y su resistencia a la caída de semillas.

Con un rendimiento de 43.84 g por planta, ECU-109 se presenta como una accesión con alto potencial, aunque su peso de semilla relativamente bajo (0.49 g) podría limitar su uso en programas de mejoramiento de calidad. Se recomienda una evaluación más profunda para determinar si el rendimiento es consistente en diferentes condiciones de cultivo y bajo distintos tipos de manejo, con el fin de mejorar el peso de la semilla sin comprometer el rendimiento global.

El rendimiento moderado de 18.10 g por planta de ECU-204, combinado con un peso de semilla de 0.68 g, hace que esta accesión sea relevante para el mejoramiento de la calidad de la semilla. Sin embargo, el tamaño de la panícula (71.00 cm) y su diámetro (15.40 cm) podrían dificultar su cosecha. Es necesario llevar a cabo pruebas adicionales para evaluar la estabilidad de esta accesión en diferentes condiciones de manejo y su capacidad para mantener un buen rendimiento bajo presión de cosecha.

Con un rendimiento de 23.63 g por planta y un peso de semilla alto (0.69 g), la accesión ECU-4691 se posiciona como una opción interesante para el mejoramiento genético enfocado en la calidad de semilla. A pesar de su tamaño moderado de panícula (67.30 cm), el diámetro (14.60 cm) puede afectar su viabilidad en sistemas de cosecha mecanizada. Se recomienda una evaluación de su desempeño bajo diversas condiciones climáticas para confirmar su estabilidad y resistencia a condiciones de estrés.

La accesión ECU-107, con un rendimiento de 11.84 g por planta y un peso de semilla de 0.76 g, muestra un comportamiento prometedor en términos de calidad de semilla, destacándose por su alto peso de 1000 semillas. Sin embargo, su rendimiento por planta es relativamente bajo, lo que podría limitar su uso en programas de mejoramiento enfocados en productividad. Para evaluar su potencial real, se recomienda realizar una nueva evaluación de su rendimiento en

diferentes condiciones de manejo y en suelos de distintas características. Esto permitirá determinar si es posible mejorar su productividad sin afectar la calidad de la semilla.

Con un rendimiento de 11.16 g por planta y un peso de semilla de 0.75 g, ECU-081 sobresale por su capacidad para generar semillas de mayor tamaño. Esta característica podría ser útil en programas de mejoramiento orientados a aumentar el peso de la semilla. Sin embargo, el rendimiento por planta es relativamente bajo, lo que podría limitar su efectividad en cultivares destinados a una mayor productividad. Es recomendable realizar una evaluación adicional para determinar si esta limitación se debe a factores como la eficiencia en la partición de asimilados o a problemas en la formación de grano, considerando prácticas de manejo agronómico y nutricional que optimicen su rendimiento sin afectar la calidad de la semilla.

Con un notable rendimiento de 48.71 g por planta, ECU-205 es una opción prometedora para el mejoramiento de la productividad en el cultivo de amaranto. Sin embargo, su peso de semilla de 0.51 g es relativamente bajo en comparación con otras accesiones, lo que restringe su uso en programas destinados a mejorar el tamaño de la semilla. Para comprender mejor su potencial, sería útil realizar estudios adicionales sobre la distribución de asimilados en la panícula y la influencia de la densidad de siembra en su rendimiento. Además, sería fundamental evaluar su resistencia al desgrane para determinar su idoneidad en sistemas mecanizados y condiciones de cosecha más eficientes.

Con un rendimiento de 53.85 g por planta y un peso de semilla de 0.49 g, ECU-040 muestra un buen potencial en términos de productividad. Su panícula larga (54.90 cm) también es un atributo relevante, lo que sugiere un buen potencial para la producción de semilla. Sin embargo, el peso de la semilla es relativamente bajo en comparación con otras accesiones, lo que limita su uso en programas enfocados en mejorar el tamaño de la semilla. Se recomienda realizar un análisis más detallado de la distribución de asimilados en la panícula y su comportamiento en diferentes densidades de siembra para optimizar su rendimiento sin comprometer la calidad de la semilla.

4.6.4 Grupo 4

El mejoramiento genético del amaranto requiere identificar accesiones con características agronómicas sobresalientes, como alto rendimiento y tamaño adecuado de semilla. En este sentido, se han seleccionado accesiones del grupo 4 que destacan por sus atributos clave, las

cuales podrían contribuir significativamente a la mejora de la productividad y calidad del cultivo en Ecuador. A continuación, se presentan las accesiones más prometedoras (Tabla 16).

Tabla 16

Accesiones del grupo 4 como posibles opciones para mejoramiento genético

Accesión	AP (cm)	RTO/planta (g)	TIT (cm)	DP (cm)	P1000 (g)
ECU-143	103.30	4.77	43.50	11.70	1.05
ECU-16645	146.33	36.02	48.33	13.00	0.71
ECU-172	135.90	3.59	59.90	8.70	0.91
ECU-3826	152.00	14.62	70.70	31.30	1.14
ECU-3827	146.20	18.39	43.30	15.00	1.02
ECU-3829	114.25	7.89	52.50	9.38	1.05

Nota. AP: Altura de la planta, RTO/planta: Rendimiento de gramo por planta, TIT: Tamaño de la inflorescencia terminal, DP: Diámetro de la panoja, P1000: Peso de mil semillas.

Con un rendimiento por planta de 4.77 g y un peso de semilla de 1.05 g, la accesión ECU-143 muestra un tamaño de semilla notable. No obstante, su bajo rendimiento podría estar vinculado a una limitación en la biomasa total producida. La panícula de 43.50 cm indica un potencial para una mayor producción de semilla, aunque este no se ve reflejado en el rendimiento por planta. Para confirmar este comportamiento, se recomienda evaluar su rendimiento bajo condiciones de manejo optimizado, considerando posibles factores como la competencia entre plantas o deficiencias nutricionales.

Con un rendimiento de 14.62 g por planta y un peso de semilla de 1.14 g, ECU-3826 es una accesión que destaca por su tamaño de semilla y un buen rendimiento por planta. Su panícula de 70.70 cm y diámetro de 31.30 cm sugieren un alto potencial para la producción de semilla. Este alto rendimiento y tamaño de semilla convierten a esta accesión en una opción prometedora para programas de mejoramiento, especialmente si se busca aumentar la producción de semillas con un buen tamaño. No obstante, se recomienda realizar una evaluación de la relación entre el rendimiento por planta y el tamaño de la panícula para optimizar aún más su potencial.

La accesión ECU-16645 tiene un buen rendimiento por planta de 36.02 g y un peso de semilla de 0.71 g. Sin embargo, su panícula de 48.33 cm y su diámetro de panícula de 13 cm indican que, aunque tiene un buen rendimiento, la producción de semillas podría no ser óptima en términos de calidad. Para mejorar su rendimiento y calidad de semilla, se recomienda realizar una evaluación en distintos sistemas de manejo, evaluando factores como la densidad de siembra y la fertilización para asegurar una mejor formación de semillas por panícula.

Con un rendimiento de 18.39 g por planta y un peso de semilla de 1.02 g, ECU-3827 es atractiva tanto por su productividad como por su tamaño de semilla. Sin embargo, su panícula de 43.30 cm podría limitar la producción total de semilla. Sería recomendable evaluar esta accesión bajo distintas condiciones de manejo, particularmente en relación con la densidad de siembra y la fertilización, para mejorar la cantidad de semilla sin afectar su calidad.

Por su parte la accesión ECU-3829 presenta un rendimiento de 7.89 g por planta y un peso de semilla de 1.05 g, lo que refleja una accesión con un buen tamaño de semilla, pero un rendimiento relativamente bajo. La panícula de 52.50 cm sugiere que podría tener un buen potencial de producción de semilla si se optimizan las condiciones de cultivo. Se recomienda evaluar esta accesión bajo condiciones controladas de manejo y nutrición para determinar si el bajo rendimiento se debe a factores limitantes como la competencia entre plantas, la nutrición deficiente o las plagas.

Finalmente, el ECU-172 muestra un rendimiento de 3.59 g por planta y un peso de semilla de 0.91 g. Aunque el tamaño de la semilla es adecuado, el rendimiento por planta es bajo en comparación con otras accesiones. La panícula de 59.90 cm indica un buen potencial de producción, pero este podría estar limitado por factores como deficiencias nutricionales o competencia entre plantas. Se recomienda reevaluar esta accesión bajo condiciones de manejo optimizado, con énfasis en la fertilización y el control de plagas, para evaluar su potencial de mejora.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El análisis del potencial productivo de las 90 accesiones de amaranto evaluadas en San José de Chaltura permitió identificar materiales con un alto rendimiento de grano por planta, destacando accesiones como ECU-142 (64.91 g/planta), ECU-205 (48.71 g/planta) y ECU-039 (55.44 g/planta). Sin embargo, la alta variabilidad observada en el rendimiento (CV: 80.29%) indica la existencia de diferencias genéticas significativas dentro de la colección, lo que resalta la importancia de continuar con estudios de estabilidad productiva en distintos ambientes.

La incidencia de plagas y enfermedades varió entre accesiones y conglomerados. El minador del tallo y el masticador fueron las plagas más prevalentes, afectando principalmente a C2 (20%) y C4 (20.44%). Enfermedades como mildiu velloso y roya presentaron menor incidencia, con impactos en accesiones específicas (ECU-026 y ECU-033). Esto resalta la importancia de seleccionar materiales con tolerancia genética para mejorar la sanidad del cultivo.

Los materiales promisorios se encuentran en el conglomerado C3, se destacó la accesión ECU-205 por su productividad, presentando panojas largas (90 cm aproximadamente) y alto rendimiento de grano (64.91g/planta). En el conglomerado C4, la accesión ECU-3826 presentó semillas de mayor peso (1.14g/1000 semillas). Algunas accesiones, como ECU-028 y ECU-085, mostraron tolerancia a plagas y enfermedades, mientras que ECU-3828 y ECU-033 fueron más susceptibles, enfatizando la importancia de priorizar materiales con resistencia natural.

Finalmente, aunque se identificaron accesiones con alto potencial productivo y atributos agronómicos deseables, es necesario realizar una nueva evaluación en diferentes ciclos de producción y en distintas localidades para confirmar su estabilidad y adaptación a diversas condiciones agroecológicas.

5.2. Recomendaciones

Para validar el potencial productivo de las accesiones identificadas, se recomienda establecer ensayos en nuevos ciclos de producción y en distintos ambientes agroecológicos. Esto permitirá evaluar su estabilidad en rendimiento, adaptabilidad a variaciones climáticas y respuesta a distintos sistemas de manejo.

Asimismo, es fundamental potenciar los usos alternativos del amaranto, no solo como alimento, sino también como planta ornamental y como hospedero potencial de enemigos naturales. Esta diversificación de usos puede contribuir al desarrollo de sistemas agroecológicos integrados, promoviendo la sostenibilidad y el aprovechamiento integral del cultivo.

Se considera fundamental implementar medidas que promuevan la conservación in situ de la diversidad genética del amaranto dentro de los sistemas agrícolas locales. Estas iniciativas ayudan a mantener los recursos fitogenéticos en su entorno original, favorecen la estabilidad de los cultivos frente a condiciones cambiantes y fortalecen tanto la autosuficiencia alimentaria como el control comunitario sobre sus prácticas agrícolas.

Finalmente, se sugiere realizar análisis a los conglomerados C1 y C2 para evaluar su viabilidad en la extracción de betalaínas, con fines de aplicación en las industrias alimentaria y cosmética. Esta alternativa representa una oportunidad para ampliar el valor agregado del cultivo de amaranto dentro de esquemas de producción sostenible y con potencial de industrialización.

CAPITULO VI

REFERENCIAS

Aguilera, E., Solís, K., Ibarra, A., Cifuentes, R. & Sánchez, I. (2021). Amaranto: distribución y diversidad morfológica del recurso genético en partes de la región Maya (sureste de México, Guatemala y Honduras). *Acta Botánica Mexicana*, *128*, 1–14. https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1738

Algara, P., Gallegos, J., y Reyes Hernández, J. (2013). Amaranto: Efectos en la nutrición y la salud. Tlatemoani: Revista Académica de Investigación, (12). http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/12/nutricion-salud.html

Arellano, J. y Galicia, J. (2007). Rendimiento y características de planta y panoja de amaranto en respuesta a nitrógeno y cantidad de semilla. *Agricultura Técnica en México*, *33*(3), 251-258. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172007000300004&script=sci_abstract

Betschart, A., Irving, D., Shepherd, A. & Saunders, R. (1981). *Amaranthus cruentus*: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *Journal of Food Science*, *46*(4), 1181–1187. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb03019.x

Carmona, W. & Orsini, G. (2010). Sinopsis del subgénero Amaranthus (*Amaranthus*, Amaranthaceae) en Venezuela. Acta Botánica Venezuelica, 33(2), 329-356. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86219465009

Chagaray, A. (2005). Estudio de factibilidad del cultivo del amaranto. *Dirección Provincial de Programación Del Desarrollo Ministerio de Producción y Desarrollo Gobierno de La Provincia de Catamarca*, 11. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34150416/13

Chávez, A. F. (2018). *Caracterización morfológica de ocho especies de Amaranto (Amaranthus* spp.*) originarias de: USA, México, Bélgica, Argentina, Francia, Mongolia y China. En condiciones controladas en la localidad de Salcedo, Cotopaxi, Ecuador 2017-2018* [Tesis de ingeniero agrónomo, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional. https://repositorio.utc.edu.ec/items/f4fda83b-f2fa-46e0-b9b9-9efabda65fab

Crisci, J. V., & López Armengol, M. F. (1983). *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. Washington, D.C.: Organización de los Estados Americanos.

Cumbal, V. L. (2016). Validación del protocolo de control interno de calidad para la producción de semilla de amaranto variedad INIAP-Alegría, bajo dos tipos de fertilización [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador].

Delgado, H., Tapia, C., Borja, E., Naranjo, E. & Martín, J. P. (2022). Phenotypic diversity of *Amaranthus quitensis* Kunth landraces: A millenary crop of Ecuadorian Andean region. *Scientia Agropecuaria*, *13*(4), 381–393. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.035

Ebel, R., Espinosa, P., & Zambrano, R. (2016). *La agricultura familiar campesina y los monocultivos en Ecuador: Retos y perspectivas.* Instituto de Estudios Ecuatorianos (IEE).

Espitia, E., Sesma, L. F., Valverde, M. G., González, L., Escobedo, D., & Aguilar Delgado, M. J. (2021). ¿Tiene el amaranto el potencial agronómico para ser un fenómeno mundial como la quinua? *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1459-1471. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2897

Estrada-Herrera, J. J. & Uvalle, J. X. (2017). Soil quality indicators to assess soil fertility. Agrociencia, 51(8), 813-831. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000800813

FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO. (2024). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 – Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ttps://doi.org/10.4060/cd1254en

Fries, A., & Tapia, M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos (1.ª ed.). PROINPA.

Galarza Medina, C. H. (2013). *Obtención de un colorante a partir de las flores de ataco o sangorache (Amaranthus* sp.*)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA.

González, R. & García, M. (2022). Nutritional properties and health benefits of ancient grains: Amaranth, quinoa, and millets. Foods, 11(24), 2442. https://doi.org/10.3390/foods11242442

Gómez-Pérez, L., Hernández-Castro, J., & Ramírez-López, M. (2021). *Evaluación de características morfológicas en accesiones de amaranto (Amaranthus spp.) en condiciones tropicales*. *Revista Agroecológica Tropical*, 15(2), 45–58. https://doi.org/10.1234/rat.v15i2.2021

Hernández, L., Hernández, B., Caballero, V., Torres, N., Espinoza, V. & Ramírez, L. (2018). Usos actuales y potenciales del Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Journal of Negative and No Positive Results: JONNPR*, *3*(6), 423–436. https://doi.org/10.19230/jonnpr.2410

Howard, J., Villamil, M. & Riggins, C. (2022). Amaranth as a natural food colorant source: Survey of germplasm and optimization of extraction methods for betalain pigments. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 932440. https://doi.org/10.3389/FPLS.2022.932440/BIBTEX

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (1989). *El cultivo de amaranto una alternativa agronomica para el Ecuador*. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2688

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2008). *Guía técnica de cultivos*. http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/851

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2020). *Radiosensibilidad de Amaranthus spp a la irradiación gamma.* http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5491

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2023). *Red de estaciones automáticas. Condiciones Actuales Del Tiempo Para Las Últimas 24 Horas.*

Jahan, T., Rahman, S. & Rahman, M. (2020). Morphological characterization of Amaranth germplasm. *North American Academic Research*, *3*, 230–244. https://doi.org/10.5281/zenodo.3708534

Jimenez, E. (2017). *Caracterización morfológica, física y fenológica de cuatro variedades deamaranto* (*amaranthus* sp.) *para las condiciones meteorológicas del cantón Cevallos*. [Tesis de ingeniero agrónoma, Universidad Técnica De Ambato]. Repositorio institucional. http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25899

Jiménez, L., González, M., Bastidas, M., y Decker, F. (2018). Evaluación del rendimiento de tres sistemas de siembra y dos variedades de amaranto (*Amaranthus quitensis* y *Amaranthus hypochondriacus*). Journal of the Selva Andina Biosphere, 6(2). https://doi.org/10.36610/j.jsab.2018.060200065**:contentReference[oaicite:2]{index=2}

Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 141–151. https://doi.org/10.1177/001316446002000116

Kumari, M., Zinta, G., Chauhan, R., Kumar, A., Singh, S. & Singh, S. (2023). Genetic resources and breeding approaches for improvement of amaranth (*Amaranthus* spp.) and quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Frontiers in Nutrition*, *10*, 1129723. https://doi.org/10.3389/FNUT.2023.1129723/BIBTEX

Legaria, P. (2010). Diversidad genética en algunas especies de amaranto (*Amaranthus* spp.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, *33*(2), 89–95. https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v33n2/v33n2a1.pdf

Morán, R. P. (2021). *Análisis de las causas de pérdida de biodiversidad terrestre y sus consecuencias para el ambiente en el Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador.] Repositorio institucional. https://cia.uagraria.edu.ec/index.php

Moreno, A. (2014). *Estudio comparativo de radiosensibilidad entre razas locales de pseudocereales nativos de México*. [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio institucional. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/116/46116537.pdf

Moreno, E. (2022) Extracción nutrimental del amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) variedad nutrisol. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *45*(3), 313-322. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802022000300313&lng=es&nrm=iso

Peralta, E. (2012). *El amaranto en Ecuador: Estado del Arte.* INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, 2012. https://www.sidalc.net/search/Record/dig-iniap-41000-3259/Description

Pérez, B. C., Aragón, A., Pérez, R., Hernández, L. R., & López, J. F. (2011). Incidencia de plagas y enfermedades en el cultivo de amaranto en condiciones semiáridas de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *2*(3), 341–355. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342011000300005

Rahman, M. (2020). Morphological characterization of Amaranth germplasm. *North American Academic Research*, *3*(03), 230-244. https://doi.org/10.5281/zenodo.3708534

Rangel, E. (2016). Etnología del amaranto. *Arqueología Mexicana*, *23*(138), 64–70.

Rangel, E., Hernández, L., Ramos, M., Molina, L., Escobedo, D. & Aguilar, M. (2021). Does amaranth have the agronomic potential to be a global phenomenon like quinoa. *Revista*

Mexicana de Ciencias Agrícolas, *12*(8), 1459–1471. https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2897

Ruiz, V., Olan, M., Espitia, E., Sangerman, D., Hernández, J. & Schwentesius, R. (2013). Variabilidad cualitativa y cuantitativa de accesiones de amaranto determinada mediante caracterización morfológica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *4*(5), 789–801.

Silva Sánchez, C. (2008). *Caracterización fisicoquímica y nutracéutica de amaranto (Amaranthus hypochondriacus) cultivado en San Luis Potosí* [Tesis de doctorado, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.] Repositorio institucional. http://hdl.handle.net/11627/3052

Sneath, P. H. A., & Sokal, R. R. (1973). *Numerical taxonomy: The principles and practice of numerical classification*. San Francisco: W. H. Freeman

Suquilanda, M. (2011). *Producción orgánica de cultivos andinos* (Manual Técnico). UNOCANC, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

Tapia, M. E. y Fries, A. M. (2007). *Guía de campo de los cultivos andinos*. FAO y ANPE.

Tavitas, F. J., Espitia, R. & De la O, A. (2021). Obtención de líneas F4 de amaranto (*Amaranthus* spp.) a través de cruzamientos intervarietales. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 44(4), 491-502. https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.491

Velástegui, G., Núñez, O., Pazmiño, N., Villacrés, M. y Cruz, S. (2018). Comparación de dos variedades de amaranto: blanco (*Amaranthus hypocondriacus* L.) y sangoracha (*Amaranthus quitensis* L.) utilizando azolla (*Azolla filiculoides*) como sustrato en la propagación sexual. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, *6*(1), 11–21. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v6n1/v6n1_a02.pdf

Wood, I., Betschart, A. & Saunders, R. (1981). Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. *Journal of Food Science*, *46*(4), 1170–1174. https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1981.TB03017.X

Yeshitila, M., Gedebo, A., Olango, T. M. & Tesfaye, B. (2023). Morphological characterization, variability, and diversity among amaranth genotypes from Ethiopia. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *70*(9), 2607–2636. https://doi.org/10.1007/s10722-023-01591-y

Zhu, F. (2023). Amaranth proteins and peptides: Biological properties and food uses. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, *164*. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2022.112405

Zou, L., Li, Y., & Liu, H. (2020). Nutritional composition and health benefits of Amaranthus leaves. *Food Research International*, *137*, 109671. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109671

ANEXOS

Anexo 1

Diseño de bloques completos al azar del estudio – distribución de las accesiones en el área de estudio

VACIO	ECU-16647	ECU-16646	ECU-081	ECU-080
ECU-20216	ECU-16648	ECU-16645	ECU-082	ECU-079
ECU-17728	ECU-16649	ECU-16644	ECU-083	ECU-078
ECU-16703	ECU-16650	ECU-9076	ECU-084	ECU-077
ECU-16702	ECU-16651	ECU-8478	ECU-085	ECU-076
ECU-16701	ECU-16652	ECU-8457	ECU-091	ECU-075
ECU-16700	ECU-16653	ECU-4691	ECU-103	ECU-074
ECU-16699	ECU-16654	ECU-3884	ECU-104	ECU-070
ECU-16698	ECU-16655	ECU-3829	ECU-105	ECU-061
ECU-16697	ECU-16656	ECU-3828	ECU-106	ECU-051
ECU-16696	ECU-16657	ECU-3827	ECU-107	ECU-047
ECU-16695	ECU-16658	ECU-3826	ECU-108	ECU-045
ECU-16694	ECU-16659	ECU-3825	ECU-109	ECU-044
ECU-16693	ECU-16660	ECU-206	ECU-110	ECU-040
ECU-16692	ECU-16661	ECU-205	ECU-111	ECU-039
ECU-16691	ECU-16662	ECU-204	ECU-122	ECU-038
ECU-16690	ECU-16663	ECU-203	ECU-123	ECU-037
ECU-16689	ECU-16664	ECU-175	ECU-124	ECU-036
ECU-16688	ECU-16665	ECU-174	ECU-125	ECU-035
ECU-16687	ECU-16666	ECU-173	ECU-126	ECU-034
ECU-16686	ECU-16667	ECU-172	ECU-127	ECU-033
ECU-16685	ECU-16668	ECU-171	ECU-128	ECU-032
ECU-16684	ECU-16669	ECU-144	ECU-129	ECU-031
ECU-16683	ECU-16670	ECU-143	ECU-130	ECU-030
ECU-16682	ECU-16671	ECU-142	ECU-131	ECU-029
ECU-16681	ECU-16672	ECU-141	ECU-132	ECU-028
ECU-16680	ECU-16673	ECU-140	ECU-133	ECU-027
ECU-16679	ECU-16674	ECU-139	ECU-134	ECU-026
ECU-16678	ECU-16675	ECU-138	ECU-135	ECU-025
ECU-16677	ECU-16676	ECU-137	ECU-136	ECU-04

Inicio

Anexo 2

Análisis de suelo del área de estudio

MC-LASPA-2201-01

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS PLANTAS Y AGUAS
Panamericana Sur Km. 1. S/N Cutuglagua.
Tlfs. (02) 3007284 / (02)2504240
Mail: laboratorio.dsa@iniap.gob.ec

INFORME DE ENSAYO No: 23-0544

NOMBRE DEL CLIENTE: Embajada de la República de Corea
PETICIONARIO: Embajada de la República de Corea
EMPRESA/INSTITUCIÓN: Embajada de la República de Corea
DIRECCIÓN: Av. Amazonas y Unión de Periodistas

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 27/10/2023
HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 11:00
FECHA DE ANÁLISIS: 30/10/2023
FECHA DE EMISIÓN: 08/11/2023
ANALISIS SOLICITADO: S4

Análisis	pH		N		P		S		B		K		Ca		Mg		Zn		Cu		Fe		Mn		Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Σ Bases	MO		CO.*	Textura (%)*				IDENTIFICACIÓN
Unidad			ppm		ppm		ppm		ppm		meq/ 100g		meq/ 100g		meq/ 100g		ppm		ppm		ppm		ppm					meq/ 100g	%		%	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	
23-2526	6,81	P N	29,08	B	51,29	A	10,20	B	0,65	B	1,12	A	10,48	A	3,40	A	4,8	M	7,2	A	45	A	14,5	M	3,08	3,05	12,45	15,00	1,93	M		39	43	18	FRANCO	Muestra Tesis Maíz Canguil
23-2527	7,18	P N	38,09	M	15,46	M	16,26	M	0,85	B	0,24	M	14,32	A	5,10	A	1,7	B	8,0	A	45	A	12,2	M	2,81	21,48	81,79	19,66	2,05	A		43	39	18	FRANCO	Muestra Acolchado Plastico

Análisis	Al+H*		Al*		Na*		C.E.*		N. Total*	N-NO3*	K H2O*	P H2O *	Cl*	pH KCl*		IDENTIFICACION
	ppm		ppm		meq/ 100g				%	ppm	meq/ 100g	ppm	ppm			

OBSERVACIONES:

*** Ensayos no solicitados por el cliente**

METODOLOGIA USADA			
pH =	Suelo: Agua (1:2,5)	P K Ca Mg =	Olsen Modificado
S,B =	Fosfato de Calcio	Ca Fe Mn Zn =	Olsen Modificado
		B =	Curcumina

INTERPRETACION					
pH				Elemento	
Ac =	Acido	N =	Neutro	B =	Bajo
LAc =	Liger. Acido	LAl =	Liga. Alcalino	M =	Medio
PN =	Prac. Neutro	Al =	Alcalino	A =	Alto
RC =	Requieren Cal			T =	Tóxico (Boro)

ABREVIATURAS	
C.E =	Conductividad Eléctrica
M.O. =	Materia Orgánica

METODOLOGIA USADA	
C.E. =	Pasta Saturada
M.O. =	Dicromato de Potasio
Al+H =	Titulación NaOH

INTERPRETACION							
Al+H,Al y Na		C.E.				M.O y Cl	
B =	Bajo	NS =	No Salino	S =	Salino	B =	Bajo
M =	Medio	LS =	Lig. Salino	MS =	Muy Salino	M. =	Medio
T =	Tóxico					A =	Alto

JOSE ALONSO LUCERO MALATAY

LABORATORISTA

IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

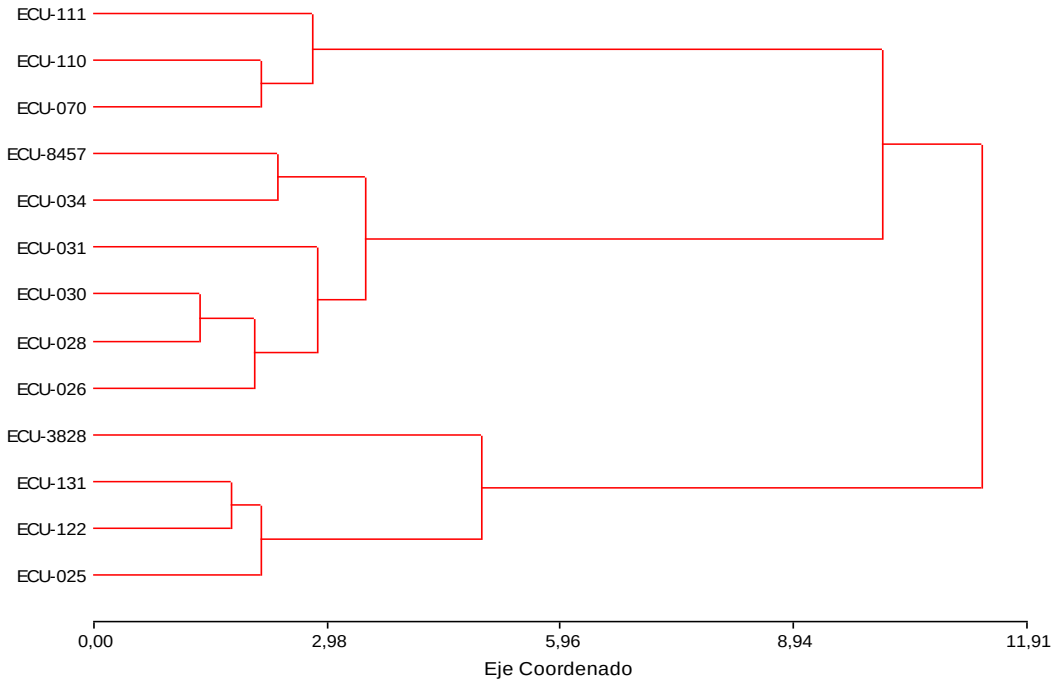
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo
NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electronico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

* Opiniones de interpretación ,etc,que se indican en este informe constituye una guía para el cliente.

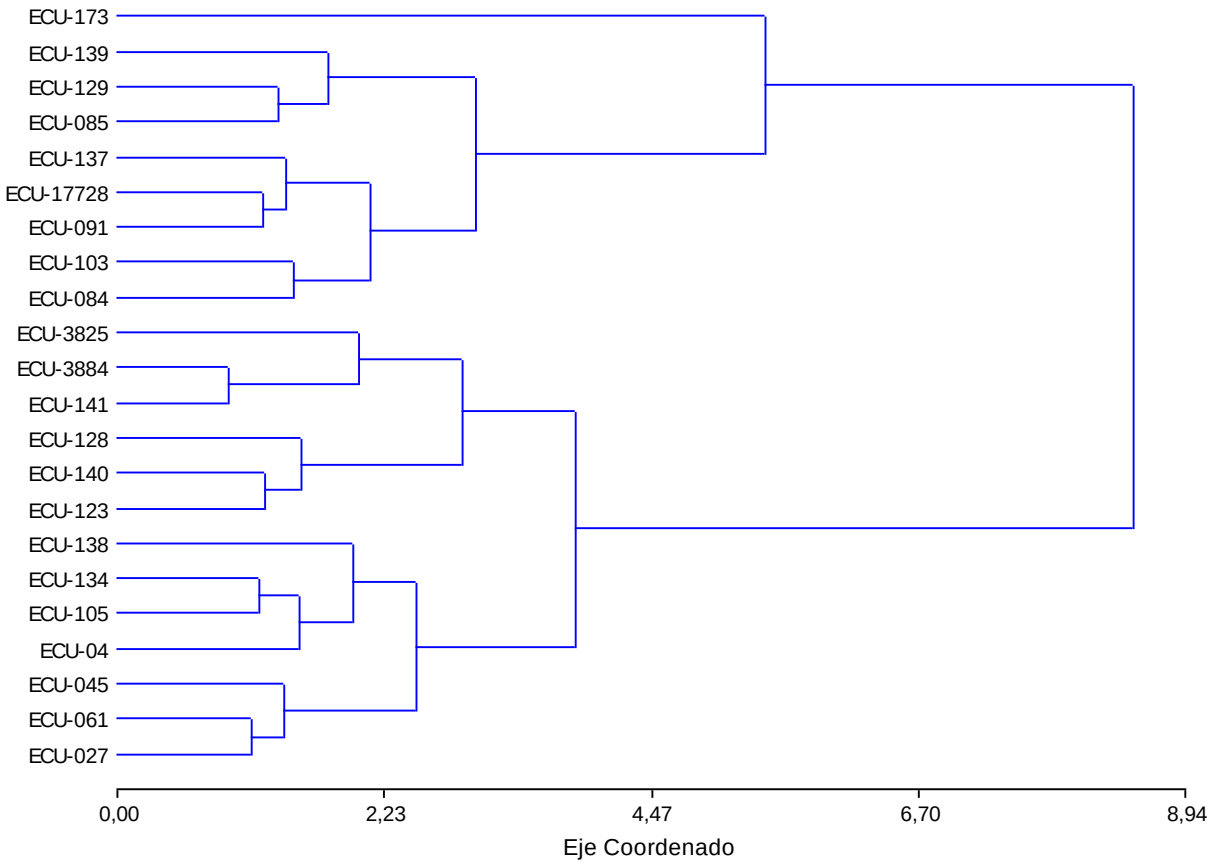
Anexo 3

Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward del conglomerado 1



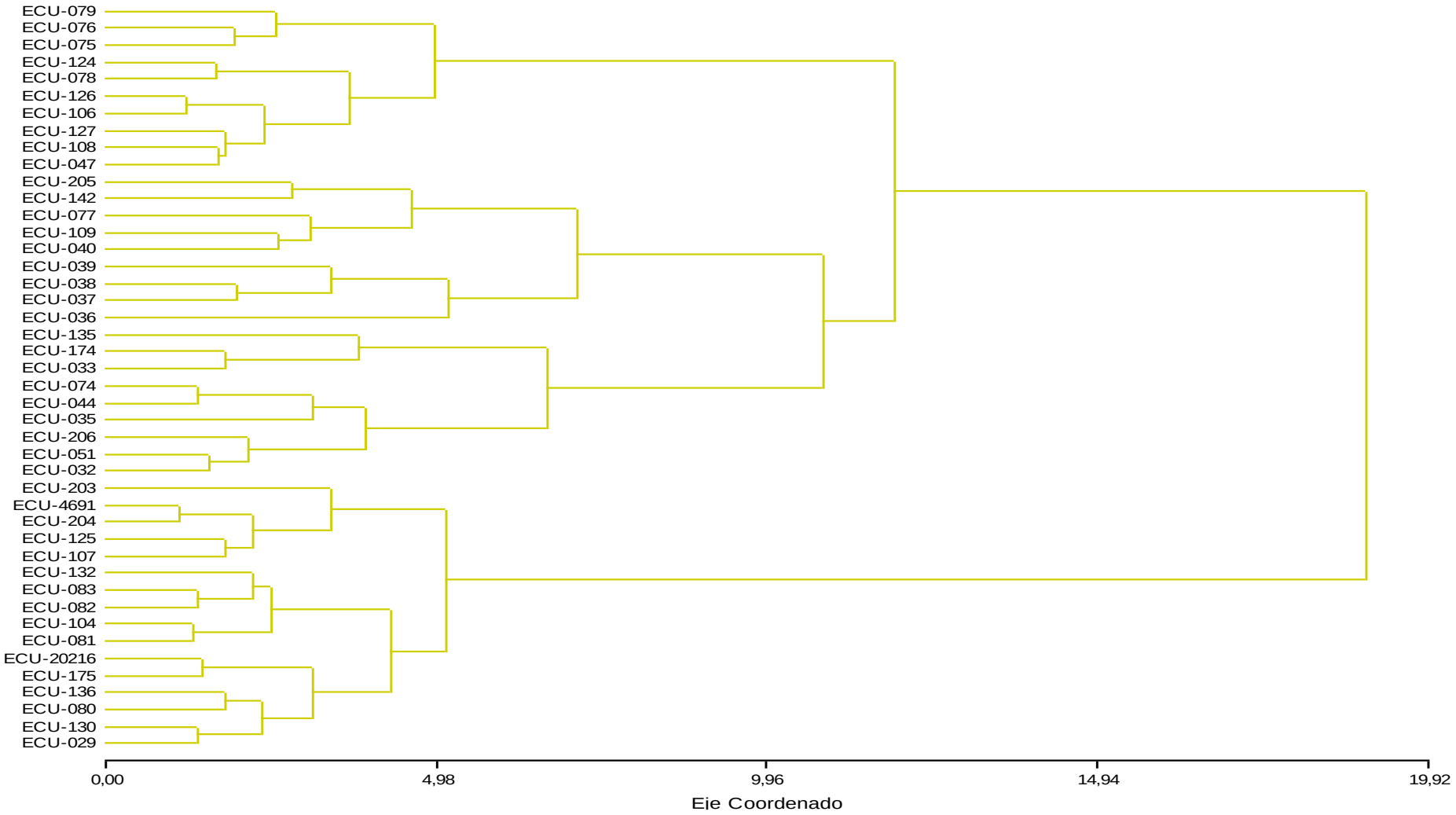
Anexo 4

Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward del conglomerado 2



Anexo 5

Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward del conglomerado 3



Anexo 6

Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward del conglomerado 4

