UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

TEMA: CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FENOLÓGICA DE LA COLECCIÓN NACIONAL DE AMARANTO *(Amaranthus* spp.) EN CHALTURA-IMBABURA

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

AUTOR/A:

Geraldine Elizabeth Escobar Cevallos

DIRECTOR/A:

Ing. Doris Salome Chalampuente Flores, PhD.

Ibarra, 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE AGROPECUARIA

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

INGENIERO/A AGROPECUARIO/A

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:

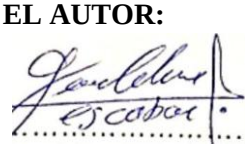
DATOS DE CONTACTO			
CEDULA DE IDENTIDAD:	100460427-6		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Escobar Cevallos Geraldine Elizabeth		
DIRECCION:	Ibarra.		
EMAIL:	geescobarc@utn edu.ec		
TELEFONO FIJO:	0959854828	TELEFONO MÓVIL:	0959854828
DATOS DE LA OBRA			
TITULO:	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FENOLÓGICA DE LA COLECCIÓN NACIONAL DE AMARANTO *(Amaranthus* spp.) EN CHALTURA- IMBABURA		
AUTOR (ES) :	Geraldine Elizabeth Escobar Cevallos,		
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	14/07/2025		
PROGRAMA:	[redacted] PREGRADO POSGRADO		
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero/a Agropecuario		
ASESOR DIRECTOR:	Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD.		

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta 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 el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 14 días del mes de julio de 2025

EL AUTOR:



Geraldine Elizabeth Escobar Cevallos.

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Geraldine Elizabeth Escobar Cevallos. Bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 14 días del mes de julio de 2025



Ing. Dons Salomé Chalampuente Flores, PhD.

DIRECTORA DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 14 días del mes de julio del 2025.

Geraldine Elizabeth Escobar Cevallos: CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FENOLÓGICA DE LA COLECCIÓN NACIONAL DE AMARANTO (*Amaranthus* spp.) EN CHALTURA- IMBABURA

Trabajo de titulación. Ingeniera Agropecuaria.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 14 días del mes de julio del 2025, con 115 páginas.

DIRECTOR (A): Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD.

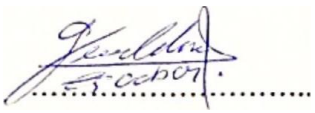
El objetivo principal de la presente investigación fue:Caracterizar morfológica y fenológicamente la colección de amaranto (*Amaranthus* spp.) del Banco de Germoplasma del INIAP bajo condiciones agroclimáticas Chaltura-lmbabura. Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Determinar las etapas fenológicas en las accesiones de la colección de amaranto.
- Evaluar la colección de amaranto mediante el uso de descriptores morfológicos



Ing. Doris Salomé Chalampuente Flores, PhD.

Directora de Trabajo de Grado



Geraldine Elizabeth Escobar Cevallos

Autor

AGRADECIMIENTO

Durante este tiempo he atravesado una serie de adversidades por los cuales han estado personas realmente importantes en mi vida primeramente debo agradecer a mi linda Universidad Técnica del Norte donde me vio crecer como profesional, me ha visto reír y también llorar, de igual manera ha visto mis fracasos y los triunfos que me reto hacer.

Así como también a mi directora de tesis la ***Doctora Doris Chalampuente****, por estar presente en mi formación que me guío con ética, paciencia, y valiosas sugerencias para el cumplimiento de mis objetivos. Por su apoyo y confianza su paciencia y dedicación fueron cruciales para el desarrollo de este gran trabajo.*

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y al Banco Nacional de Germoplasma del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos (DENAREF) por proporcionar material genético promisorio que de ello fue evaluado en la Granja la Pradera. A Fondos de Investigación para la Agrobiodiversidad, semillas y agricultura sostenible (FIASA) a través 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.

A la ***granja experimental La Pradera*** *por ser parte de mi pequeño hogar, siendo ella la participe de mis experiencias académicas, conocí el compromiso por los animales y las plantas, ya que ellas no esperan, conocí el valor de uno mismo y lo arriesgado y aventurero que es afrontar el campo.*

A mi asesora la magister ***Ima Sánchez*** *por su dedicación y lo admirable que es cuando se trata de corregir a un estudiante, tratando de sacar lo mejor de uno mismo, siendo una docente destacada en su área, y también, así como a su cuerpo docente en su totalidad, a quienes recordaré siempre con gratitud y cariño.*

Agradezco al cuerpo de área administrativa de la granja La Pradera a los Sres. Wilson, Jorge, Juan, Ancizar y al Ing. Néstor Vélez por ser parte de todo el trabajo en campo y sin ningún interés me ayudaron a llevar a cabo con éxito mi ensayo.

También quiero abrir un espacio para mis amigos quienes siempre estuvieron en mi camino y especialmente a ***Juan y Jeremy*** *por hacer que la universidad sea menos complicada, por siempre brindarme su cariño y apoyo, nunca me dejaron sola, siempre preguntaron cómo estaba después de tantas caídas en el campo, mi más grande agradecimiento, siempre los llevaré en mi corazón.*

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado a mis abuelos ***Lauro Escobar y Carmen Galarza****, de quienes siempre he recibido apoyo y amor, quienes sembraron fortaleza y resiliencia en una niña pequeña. Siempre vi que luchaban por mi bienestar y nunca recibí un no por respuesta de parte suya. Todo su trabajo está dedicado aquí y hoy quiero dedicarles esto papitos, gracias demostrándome que en esta vida todo se puede, pero con trabajo duro.*

A mi hermana mayor ***Juliana*** *por ser gran parte de mi vida una ayuda infinita, un calor, una compañera, mi mejor amiga, mi cómplice. La vida contigo es menos dura, siento que tienes un manual para todo, pero créete sin ti no hubiera logrado nada de lo que soy ahora y que más allá del sol hay muchas cosas más por descubrir, así que te dedicare todo con amor, así como nuestras vidas. Y gracias por darme lo más valioso* ***Valery Valladares*** *sé que en algún momento leerá esto mi sobrina y vera que ella estuvo desde el día uno de este trabajo ayudándome en la fase de campo, a tomar datos, a cosechar, a trillar, diciéndome tía hay muchos colores, ¿tía por qué haces esto? ¿Tía me puedo comer la semilla? Siendo una niña de tres años sabía lo que es estar en el campo y lo mucho que le gusto estar, mi niña tú vas a llegar muy lejos.*

A mi hermano ***Bladimir*** *por dichosas desveladas y retos de nuestras vidas, a pesar de tu pequeña discapacidad me demostraste que todo tiene un porque y que nada ni nadie me quitara el hecho de poder ser mejor, así como tú.*

A mi padre ***Hugo Escobar*** *por indicarme el mundo o tal vez algo parecido, dedicando su tiempo en lecturas de la culpa de la vaca, dándome clases de valores y respeto. Desde que tengo memoria cada día que me levantaba para ir a la escuela, al colegio y ahora a la universidad me decía tu naciste para triunfar, Suerte. Tus acciones siempre las llevare en mi corazón y en mi alma, gracias papá.*

A mi madre ***Deysi Cevallos*** *te agradezco por darme la vida, aunque el destino nos dio diferentes caminos, pero Dios te trajo a mí y gracias por aparecer al final de este camino, porque no sé qué hubiera sido esto sin ti, gracias por brindarme apoyo incondicional en mi formación profesional y por velar por mí.*

Y sobre todo para mi querido ***Ismael Rosero****, quien fue el partícipe de todas mis aventuras, acompañándome con amor y paciencia durante este camino. es amigable tener a alguien diferente en la vida, porque a pesar de que yo muchas veces no creía en mí, él lo hizo y sin soltar mi mano, siempre llegando a festejar mis logros y victorias. Se que la vida nos prepara para algo, pero espero que nuestro pequeño infinito sea para siempre, esto también es por ti.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE IX
ÍNDICE DE CONTENIDOS IX
ÍNDICE DE FIGURAS XIII
ÍNDICE DE TABLAS XVI
ÍNDICE DE ANEXOS XVII
RESUMEN XVIII
ABSTRACT XIX
CAPITULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
1.1. ANTECEDENTES 1
1.2 PROBLEMA 4
1.3 JUSTIFICACIÓN 5
1.4. OBJETIVOS 6
1.4.1. Objetivo general 6
1.4.2. Objetivos específicos 6
1.5. Hipótesis 6
CAPITULO II 7
MARCO TEÓRICO 7
2.1 Origen y variabilidad del amaranto (Amaranthus spp.) 7
2.2 Beneficios del amaranto en los agroecosistemas 9
2.3 Caracterización morfológica 10
2.4 Importancia de la caracterización morfológica 10
2.4.1 Conservación genética 10
2.4.2 Mejoramiento de cultivos 10
2.4.3 Control de calidad 11
2.4.4 Selección de características deseables 11

2.5 Descriptores morfológicos 12
2.5.1 Características vegetativas 12
2.6 Características reproductivas 12
2.6.1 Inflorescencia 12
2.6.2 Flor 12
2.6.3 Fruto 13
2.6.4 Coloración de la planta 13
2.6.5 Textura 13
2.6.6 Adaptabilidad a las condiciones de cultivo 13
2.7 Descriptores morfológicos utilizados para Amaranthus spp. 14
2.7.1 Tamaño y forma de hojas 14
2.7.2 Altura de la planta y diámetro del tallo 14
2.7.3 Coloración de estructuras (hojas, inflorescencias) 14
2.8 Métodos de evaluación morfológica 15
2.8.1 Método descriptivo 15
2.8.2 Método cuantitativo 15
2.8.3 Método comparativo 15
2.8.4 Análisis de variabilidad 15
2.9 Aplicaciones de la caracterización morfológica 16
2.9.1 Conservación de germoplasma 16
2.9.2 Selección de cultivares 16
2.9.3 Mejoramiento genético 16
2.10 Fases fenológicas del amaranto 17
2.10.1 Germinación 17
2.10.2 Crecimiento vegetativo 17
2.10.3 Floración y fructificación 18
2.10.4 Madurez fisiológica 18
2.11 Factores que afectan el desarrollo fenológico 19
2.11.1 La temperatura 19
2.11.2 La luz 19
2.11.3 La altitud 19
2.11.4 Relevancia del germoplasma en el mejoramiento genético de cultivos. 20

2.12 Caracterización y conservación del germoplasma 20
2.13 Marco legal 21
CAPITULO III 28
MATERIALES Y MÉTODOS 28
3.1. Descripción del área de estudio 28
3.2. Características climáticas 29
3.3. Materiales 29
3.4. Factores de estudio 30
3.5. Diseño experimental 30
3.6. Características de la unidad experimental 30
3.6.1. Características del experimento 30
3.7. Análisis estadístico 32
3.8. Manejo específico del experimento 32
3.8.1. Manejo del experimento (Fase de campo) 32
3.3.1. Análisis del suelo 32
3.3.2. Preparación del suelo 32
3.3.3. Delimitación de la parcela 32
3.3.4. Siembra 33
3.3.5. Densidad de siembra 33
3.3.7. Toma de datos 34
3.3.8. Labores culturales 35
3.3.9. Controles fitosanitarios 35
3.3.10.Cosecha 36
3.3.11.Secado y trillado 36
3.3.12 Secado de semillas y limpieza preliminar 37
3.3.13 Almacenamiento 37
3.4.Variables fenológicas y morfológicas evaluadas en la colección de amaranto 38
3.4.1. Días a la germinación (DG) 39
3.4.2. Pubescencia de las hojas (PH) 40
3.4.3. Pubescencia del tallo (PT) 40

3.4.4. Hábito de crecimiento de la planta (HCP) 41
3.4.5. Forma del Margen de la hoja (FMH) 41
3.4.6. Forma de la hoja (FM) 42
3.4.7. Color principal del haz de la hoja (CPH) 42
3.4.8. Color secundario (Pigmentación de la hoja) (CS) 43
3.4.9. Color del envés de la hoja (CeH) 44
3.4.10. Color del tallo (CT) 44
3.4.11. Color de las estrías del tallo (CeT) 45
3.3.1. Índice de ramificación (IR) 46
3.3.2. Densidad de la inflorescencia (DI) 46
3.3.3. Compactación de la inflorescencia (CI) 47
3.3.4. Tipo de inflorescencia (TI) 48
3.3.5. Postura de la inflorescencia (PI) 48
3.3.1. Duración de floración (DF) 49
3.3.2. Color de la inflorescencia (CoIn) 49
3.3.3. Días hasta la madures fisiológica (DM) 50
3.3.1. Color de la semilla (CS) 51
CAPÍTULO IV 52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52
CAPITULO V 76
5.1 Conclusiones 76
5.1 Recomendaciones 76
REFERENCIAS 77
ANEXOS 96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Mapa de ubicación del área de estudio*.....**28**
Figura 2 *Unidad experimental del diseño en bloques completos al azar*.....**31**
Figura 3 *Diseño experimental* **33**
Figura 4 *Delimitación del terreno para la siembra de amaranto*.....**33**
Figura 5 *Siembra convencional asistida*.....**33**
Figura 6 *Materiales obtenidos son multiplicados y almacenados en el Banco de Germoplasma* **34**
Figura 7 *Riego por aspersión*.....**34**
Figura 8 *Aplicación de agroquímicos para control fitosanitarios* **35**
Figura 9 *Etapa final del ciclo del cultivo*.....**36**
Figura 10 *Secado tradicional de accesiones de amaranto* **36**
Figura 11 *Proceso del trillado manual*.....**37**
Figura 12 *Procesos tradicionales de seca*do **37**
Figura 13 *Control de humedad durante el almacenamiento* **38**
Figura 14 *Evaluación Morfológica*……**40**
Figura 15 *Semillas de amaranto germinadas* **39**
Figura 16 *Característica de la pubescencia en la hoja identificadas en la colección de amaranto*.....**40**
Figura 17 *Característica de la pubescencia del tallo identificados en la colección de amarant*o **40**
Figura 18 *Tipos de formas de hábito de crecimiento identificado en la colección de amaranto* **41**
Figura 19 *Tipología de la forma del margen de la hoja identificadas en la colección de amaranto*.....**41**
Figura 20 *Topología de la forma de la hoja identificadas en la colección de amaranto*.....**42**
Figura 21 *Colores principales de las diferentes accesiones identificados en la colección de amaranto*.....**43**
Figura 22 Color secundario de las diferentes accesiones identificados en la colección de amaranto.....**43**
***F*igura 23** *Características de color del envés identificados en la colección de amaranto*.....**44**

Figura 24 *Variación de colores en el tallo de las diferentes accesiones identificados en la colección de amaranto* **45**
Figura 25 *Caracterización de color de estrías en el tallo* **46**
Figura 26 *Aspectos de la densidad de la inflorescencia identificados en la colección de amaranto* **47**
Figura 27 *Variedad de compactación de la inflorescencia de amaranto* **47**
Figura 28 *Variedades de tipo de inflorescencia* **48**
Figura 29 *Tipos de posturas de la inflorescencia* **49**
Figura 30 *Antesis* **49**
Figura 31 *Panoja lista para cosecha* **50**
Figura 32 *Variedad de colores de semilla de las diferentes accesiones identificados en la colección de amaranto* **51**
Figura 33 *Categorías de hábitos de crecimiento identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **54**
Figura 34 *Porcentaje de formas de margen de la hoja identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **54**
Figura 35 *Porcentaje de la forma de la hoja identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **55**
Figura 36 *Porcentaje de colores principales identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **56**
Figura 37 *Porcentaje de colores secundarios identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **56**
Figura 38 *Porcentaje de color del envés identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **57**
Figura 39 *Porcentaje de color de tallo identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **58**
Figura 40 *Porcentaje de color de estrías identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **59**
Figura 41 *Porcentaje de índice de ramificaciones identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **59**
Figura 42 *Porcentaje de densidad de la inflorescencia identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **60**
Figura 43 *Porcentaje de la compactación de la inflorescencia identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **61**

Figura 44 *Porcentajes de tipo de inflorescencia identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **61**
Figura 45 *Porcentaje de postura de la inflorescencia identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **62**
Figura 46 *Porcentaje de color de la inflorescencia identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **63**
Figura 47 *Porcentaje de color de la semilla en 445 plantas identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **64**
Figura 48 *Dendrograma obtenido por análisis de conglomerados para 20 variables en las 92 accesiones de amaranto* **65**
Figura 49 *Dendrograma de 21 accesiones que forman el Grupo 1*…… **66**
Figura 50 *Dendrograma de 25 accesiones que forman el Grupo 2*……..... **67**
Figura 51 *Dendrograma de 9 accesiones que forman el Grupo 3*……..... ***67***
Figura 52 *Dendrograma de 34 accesiones que forman el Grupo4*…… **68**

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Características geográficas del área de estudio* **28**
Tabla 2 *Materiales, equipos, insumos y herramientas.* **29**
Tabla 3 *Códigos de los descriptores morfológicos y fenológicos* ¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4 *Insecticidas y fungicidas utilizadas en el cultivo* **35**
Tabla 5 *Escala de colores para las hojas de amaranto* **42**
Tabla 6 *Escala de colores para color secundario de la hoja de amaranto* **43**
Tabla 7 *Escala de colores para envés de la hoja* **44**
Tabla 8 *Escala de colores para tallos de amaranto* **45**
Tabla 9 *Escala de colores para estrías del tall**o*** **46**
Tabla 10 *Escala de colores para inflorescencia* **50**
Tabla 11 *Escala de colores para semilla* **51**
Tabla 12 *Medidas de resumen para variables agronómicas relacionadas con las etapas fenológicas en la colección de amaranto* **53**
Tabla 13 *Valores promedios para caracteres cuantitativos* **69**
Tabla 14 *Valores discriminantes en caracteres cualitativos obtenidos mediante la prueba de Chi-cuadrado para los descriptores cualitativos en la diferenciación morfológica de los grupos de accesiones de amaranto* **70**
Tabla 15 *Características de formas identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **72**
Tabla 16 *Comparación de los valores medios de los descriptores cualitativos con características de escalas de colores obtenidos para los grupos de accesiones de amaranto. identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **73**
Tabla 17 *Características de formas identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP* **74**

ÍNDICE DE ANEXOS

A**nexo 1** *Análisis del suelo del área del predio utilizado para el ensayo* 96

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y FENOLÓGICA DE LA COLECCIÓN NACIONAL DE AMARANTO *(Amaranthus* spp.) EN CHALTURA- IMBABURA

Autor: Geraldine Elizabeth Escobar Cevallos

Universidad Técnica del Norte

Correo: geescobarc@utn.edu.ec

RESUMEN

En el presente trabajo se ha llevado a cabo un análisis de la biodiversidad en variedades locales de amaranto (*Amaranthus* spp.) cultivadas tradicionalmente en Ecuador, con el objetivo caracterizar morfológica y fenológicamente mediante el uso de descriptores. Asimismo, se ha analizado el banco de germoplasma conservada hace treinta años con respecto a las 92 accesiones, para la caracterización se seleccionaron 20 descriptores, 17 de caracteres morfológicos y 3 fenológicos, evaluado por los colores con el libro de Munsell, cartillas de ROYAL y formas. Para la caracterización se analizaron por separado cinco plantas por accesión (445 muestras) en la granja experimental la Pradera y se utilizó la variedad de INIAP en este ensayo. Se detectaron niveles de diversidad elevados, los grupos de accesiones definidos en el dendrograma mostraron características distintivas dando como resultado que el grupo conglomerado 4 es superior a los tres conglomerados con respecto a caracteres: hábito de crecimiento, forma de la hoja, forma del margen de la hoja, color principal de la hoja, color secundario, color del envés de la hoja, color del tallo, color de las estrías, color de la inflorescencia, color de la semilla, días a la germinación, días a la floración y días a la madurez fisiológica, algunas accesiones presentaron desarrollo raudo en la etapa de madurez fisiológica y caracterizado por tener una panoja de gran tamaño y exótica. El germoplasma de amaranto disponible en la actualidad muestra una gran diversidad morfológica y fenológica lo que evidencia en el grupo de materiales evaluados identificando una amplia variabilidad en descriptores cualitativos.

Palabras clave: germinación, morfotipos, conservación, diversidad, variabilidad.

MORPHOLOGICAL AND PHENOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE NATIONAL AMARANTH COLLECTION *(Amaranthus* spp.) IN CHALTURA-IMBABURA

Author: Geraldine Elizabeth Escobar Cevallos

*Technical University of the North

Email: geescobarc@utn.edu.ec

ABSTRACT

In this work, an analysis of the biodiversity of local varieties of amaranth (*Amaranthus* spp.) traditionally cultivated in Ecuador has been carried out, with the aim of characterizing them morphologically and phenologically by using descriptors. Likewise, the germplasm bank conserved thirty years ago has been analyzed with respect to the 92 accessions; for the characterization, 20 descriptors were selected, 17 of morphological characters and 3 phenological ones, evaluated by colors with the Munsell book, ROYAL cards and shapes. For the characterization, five plants per accession (445 samples) were analyzed separately in the experimental farm La Pradera and the INIAP variety was used in this trial. High levels of diversity were detected, the accession groups defined in the dendrogram showed distinctive characteristics resulting in cluster group 4 being superior to the three clusters with respect to characters: growth habit, leaf shape, leaf margin shape, main leaf color, secondary color, leaf underside color, stem color, striation color, inflorescence color, seed color, days to germination, days to flowering and days to physiological maturity, some accessions showed rapid development in the physiological maturity stage and characterized by having a large and exotic panicle. The amaranth germplasm currently available shows a great morphological and phenological diversity, which is evident in the group of materials evaluated, identifying a wide variability in qualitative descriptors.

Keywords: germination, morphotypes, conservation, diversity, variability.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Las especies de Amarantos de género *Amaranthus* domesticados y silvestres son usadas históricamente por pueblos indígenas de Mesoamérica desde hace aproximadamente 5000 años, en otras partes del mundo como África y Asia las semillas de las especies domesticadas americanas fueron llevadas a esas tierras por los viajantes, comerciantes, religiosos, esclavos y campesinos, adicionalmente al uso común de las especies silvestres nativas, las cuales ya eran consumidas como verduras desde tiempos antiguos, en México en las plantas cultivadas para la atención de semillas son llamadas en castellano de “alegría” o amaranto (Meiners, 2018) .

Los mayas lo nombraban “xtes”, apreciaban principalmente su valor alimenticio y probablemente fueron los primeros en utilizarlo como un cultivo de alto rendimiento. Los aztecas lo conocían como “huautli” y lo ligaban con sus ritos religiosos. Por su parte los Incas lo denominaron “kiwicha” (pequeño gigante) y lo respetaban principalmente por sus poderes curativos. A la llegada de los españoles se le denominó amaranto que proviene del latín y significa “flor que nunca muere” (Silva, 2008).

Las características agronómicas de mayor importancia para diferenciar a las poblaciones fueron: días a la floración y a la madurez, altura de planta y tamaño de hoja (Subia, 2012). Delgado (2022) llevó a cabo una investigación sobre la biodiversidad y conservación de variedades locales de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*.) y ataco (*Amaranthus quitensis Kunth)* en la región andina del Ecuador, a través de la caracterización agromorfológica y molecular de accesiones recolectadas en dos periodos distintos (1978–1988 y 2014–2015), la autora evidenció importantes hallazgos para ambos cultivos.

En el caso de la quinua, se detectaron altos niveles de diversidad tanto en caracteres cuantitativos como cualitativos, especialmente en las accesiones más recientes, las cuales presentaron mayores valores de altura de planta, tamaño de hoja y rendimiento, esta variación podría estar asociada a procesos de selección por parte de los agricultores locales, orientados a mejorar características agronómicas, así como a la introgresión de variedades comerciales como la INIAP-Tunkahuan, además, el análisis molecular reveló una gran diversidad genética

(1055 genotipos únicos en 1340 muestras), indicando una riqueza genética ancestral significativa, aunque con estructura conocida entre provincias (Delgado, 2022).

En cuanto al ataco, se observaron niveles de diversidad más bajos, particularmente en la caracterización molecular, donde se identificó un genotipo mayoritario (83.6%) y una drástica reducción en la diversidad genética en las provincias de Tungurahua y Cañar en las colectas más recientes. Sin embargo, en Imbabura se ha mantenido una diversidad apta, lo que sugiere una adecuada conservación *in situ*. También se identificaron dos linajes genéticos diferenciados, posiblemente vinculados a los usos culinarios y ornamentales de los morfotipos. Estos resultados subrayan la importancia de las estrategias de conservación, tanto *in situ* como *ex situ*, para preservar la diversidad genética de cultivos tradicionales en el contexto del cambio climático y el abandono progresivo de variedades nativas (Delgado, 2022).

La caracterización de los cultivos alimenticios subutilizados es una ayuda para incrementar y variar las fuentes de cultivos mundiales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2005). El *Amaranthus* es un cultivo tradicional que tiene algunas variedades que provee tanto semillas y hojas comestibles nutritivas, se han desarrollado diferentes investigaciones enfocadas en conocer la adaptabilidad en distintas condiciones climáticas y se ha realizado la caracterización de los péptidos bioactivos presentes en las proteínas de reserva, además de la caracterización del almidón como el mayor componente de la semilla ya que tiene un alto rendimiento en campo (Silva, 2008).

Permite identificar y documentar la variabilidad genética presente dentro de una población o colección de plantas. Según Jiménez y Arango (2024), al describir las características físicas, como el tamaño de las hojas, la forma de las flores o la altura de la planta se puede distinguir entre diferentes accesiones o variedades, incluso aquellas que pueden parecer similares a simple vista, lo que permite establecer un banco de germoplasma eficaz, que preserve la diversidad genética y facilite la recuperación de variedades específicas en caso de pérdida o deterioro de las especies.

Por otro lado, la conservación de la variabilidad genética, respaldada por la caracterización morfológica, asegura que haya suficientes recursos genéticos disponibles para futuras generaciones, el cual ayuda a mantener la biodiversidad de las especies, además como explican Álvarez y Puerta (2023) esto proporciona un medio para enfrentar desafíos agroclimáticos, como plagas, enfermedades o cambios en el clima, ya que las plantas con variabilidad genética pueden tener características que las hagan más resistentes o adaptables a nuevas condiciones.

Por consiguiente, la caracterización fenológica es el estudio de los eventos cíclicos en el desarrollo de las plantas y animales en relación con las variaciones estacionales y climáticas, Según Gutiérrez et al. (2024), la caracterización fenológica en las plantas se refiere a la observación y registro de las etapas de su ciclo de vida, tales como la germinación, el crecimiento, la floración, la fructificación y la senescencia.

Los eventos fenológicos de las plantas, como la germinación, la floración y la maduración de los frutos, están profundamente influenciados por las condiciones ambientales, ya que factores como la temperatura, la luz, la humedad y la disponibilidad de agua son determinantes clave que afectan el ritmo y la sincronización de estos procesos (Cara et al., 2023). Un aumento o disminución de la temperatura puede adelantar o retrasar eventos fenológicos, como la floración o la maduración de los frutos.

La luz, especialmente la duración del día también juega un papel fundamental, ya que afecta la fotosíntesis y el ciclo de crecimiento de las plantas, determinando momentos cruciales como la germinación y la floración. De igual manera como menciona Cano-Barbasil y Cano (2022). La humedad y la disponibilidad de agua son igualmente importantes, ya que la escasez de agua puede retrasar o inhibir ciertos eventos fenológicos, como la floración y la fructificación.

Dado que estos factores interactúan de manera compleja, la fenología se convierte en una herramienta clave para entender cómo las plantas responden a su entorno y cómo las condiciones climáticas afectan su desarrollo este conocimiento, como indican Iglesia et al. (2021), permite a los agricultores anticipar eventos y tomar decisiones informadas sobre el manejo de los cultivos para optimizar la productividad y reducir los riesgos asociados a condiciones ambientales adversas.

La fenología en los cultivos agrícolas es esencial para determinar el momento adecuado de actividades como siembra, fertilización, riego y cosecha. Conocer las etapas fenológicas permite a los agricultores predecir rendimientos y ajustar prácticas para optimizar la productividad (Cuadras et al., 2021). También ayuda a identificar riesgos climáticos, como heladas o sequías, y a planificar estrategias para mitigar estos riesgos, promoviendo la sostenibilidad y el éxito a largo plazo de los cultivos.

1.2 PROBLEMA

El amaranto tiene mucho potencial productivo que requiere ser investigado, sin embrago la parte morfológica de la planta tal vez no se le pone mayor atención, sino más bien a la parte de rendimiento, por lo que es necesario identificar cual es la variabilidad existente del territorio y los posibles potenciales productivos para generar datos de gran impacto y de potencial morfo-agronómico para que este cultivo sea una opción para cultivar en las chakras de diferentes agricultores generando multiplicación en cuanto material promisorio e ingresos en las poblaciones.

La erosión genética ha dado lugar a un notable desgaste de la variabilidad de amaranto en poder de los agricultores. En Ecuador hay poco estudio acerca de este cultivo, al desconocer sus alcances agronómicos, propiedades nutricionales y medicinales, la producción en el país es escasa, según reportes del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) el área sembrada de este cultivo no sobrepasa las 200 hectáreas en la actualidad. Además, otro problema identificado en la presente investigación es el material de la colección con la que se trabajó (Morena et al., 2005).

Dado que se tiene dos factores que dan lugar a bajos rendimientos y a una cosecha manual, que es ardua y poco rentable, pues presentan bajo índice de cosecha porque sus panojas producen reducida cantidad de grano y alta proporción de materia no utilizada (Zubillaga, 2017). Estas características contribuyen al desinterés de los productores por el cultivo, lo que ha condicionado que la superficie sembrada y el volumen de producción sea insuficiente para cubrir la demanda de este grano, por lo que las nuevas variedades deben tener menores costos de producción (Hernández et al., 2021).

La necesidad de refrescar material conservado en el banco de germoplasma, y la descripción morfológica de los materiales, para aumentar la información ya que en el mundo se conocen cientos de formas de esta especie que varían en tamaño, color de los tallos, color de estrías del tallo, color de las hojas, color de las panojas y las distintas morfologías. Para obtener mayor diversidad genética que sea útil para obtener nuevas variedades y ser producidas en su total potencial considerando, si las condiciones climáticas son aptas para el desarrollo del cultivo (García et al., 2016).

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene la necesidad de evaluar el estado actual de conservación de variedades locales de cultivo de amaranto en Imbabura. En un contexto donde el cambio climático y la modernización agrícola amenazan la biodiversidad, este estudio permitirá generar información relevante sobre la variabilidad genética de cultivos subvalorados pero estratégicos. Particularmente el amaranto (*Amaranthus* spp.), un cultivo con alto valor y adaptabilidad agroecológica (Rastogi y Shukla, 2013). En la provincia de Imbabura, el amaranto ha sido tradicionalmente subvalorado, lo cual ha limitado su aprovechamiento en programas de mejoramiento genético, producción comercial e inclusión en políticas agrícolas.

Este estudio es pertinente porque responde a la necesidad de diversificar los sistemas agrícolas en un contexto de cambio climático y degradación de suelos (FAO, 2019). Se debe agregar que el amaranto es una especie que puede cultivarse en condiciones adversas y posee una composición nutricional rica en proteínas, minerales y compuestos bioactivos (Venskutonis & Kraujalis 2013), lo que refuerza su valor como alimento funcional.

Asimismo, contribuirá al diseño de estrategias de conservación in situ y ex situ, reforzando los esfuerzos por proteger la agrobiodiversidad nacional, como lo indica (Monteros et al., 2018). La aplicación de una metodología de caracterización morfológica garantiza una evaluación precisa de los intereses agronómicos, como tamaño de semilla, altura de planta, tipo de inflorescencia, entre otros, lo que facilitará futuras acciones de selección y mejoramiento.

Del mismo modo, tiene capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas y este cultivo suele requerir menos recursos y riego constate que otros cultivos tradicionales. Esto puede generar expectativas en términos de seguridad alimentaria y sustentabilidad agrícola. Además, los resultados obtenidos podrán ser aplicados por instituciones dedicadas a la conservación de recursos fitogenéticos, así como por los agricultores locales, fortaleciendo así la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola de la región. El enfoque metodológico utilizado combina técnicas agromorfológicas y moleculares que aseguran un diagnóstico preciso del estado del germoplasma, aportando de este modo al conocimiento científico y a la toma de decisiones sobre políticas públicas agrícolas.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Caracterizar morfológica y fenológicamente la colección de amaranto (*Amaranthus* spp.) del Banco de Germoplasma del INIAP bajo condiciones agroclimáticas Chaltura-Imbabura.

1.4.2. Objetivos específicos

- Evaluar la colección de amaranto mediante el uso de descriptores morfológicos.
- Determinar las etapas fenológicas en las accesiones de la colección de amaranto.

1.5.Hipótesis

- **Ha:** Existe variabilidad morfológica en la colección de amaranto y permite la identificación de morfotipos.
- **Ho:** No existe variabilidad morfológica en la colección nacional de amaranto.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Origen y variabilidad del amaranto *(Amaranthus* spp.*)*

El amaranto (*Amaranthus* spp.) tiene un origen ancestral en las regiones de América, específicamente en Mesoamérica y la zona andina (Cuba M. T., 2022). Se estima que los pueblos indígenas de estas áreas, cultivaban el amaranto hace más de 6000 años (Cerna, 2024). Según Alemán (2022) las civilizaciones azteca e inca lo utilizaban tanto por sus semillas como por sus hojas comestibles, además que, se lo utilizaba en rituales religiosos y festividades (Herrera, 2022).

Con la llegada de los conquistadores europeos en el siglo XVI, el cultivo de amaranto sufrió un fuerte declive, ya que los colonizadores prohibieron su cultivo debido a su asociación con prácticas religiosas indígenas, y promovieron cultivos europeos como el trigo (*Triticum aestivum* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) (Curiel, 2022). Para Barreto (2023) esto provocó que el amaranto fuera desplazado, siendo relegado a pequeñas áreas aisladas en algunas zonas rurales, donde continuó siendo cultivado por comunidades indígenas.

El género *Amaranthus* incluye varias especies, algunas de las cuales son cultivadas y otras consideradas como malas hierbas. las principales especies de amaranto son:

- *Amaranthus caudatus* L.: Conocido como amaranto colgante o amaranto de cola se cultivado principalmente por sus semillas, que son comestibles, y también por sus flores decorativas (Mérida- López et al., 2023).
- *Amaranthus cruentus L.:* Esta especie se cultiva en diversas partes del mundo por sus semillas comestibles, que son altamente nutritivas que es común en América Latina y África (Coelho, Valorization of amaranth (Amaranthus cruentus) grain extracts for the development of alginate-based active films., 2022).
- *Amaranthus hypochondriacus* L.*:* Conocido como amaranto de flores rojas o "amaranto ornamental". Aunque sus semillas también son comestibles, se cultiva más por sus cualidades decorativas (Oteri et al., 2021).
- *Amaranthus viridis* L.*:* Conocido como amaranto verde, es una planta comúnmente considerada una maleza, aunque sus hojas son comestibles y se usan en diversas tradiciones culinarias en Asia y África (Abdel Alim et al., 2023).

- *Amaranthus retroflexus* L.*:* Es una especie invasora, a menudo considerada una mala hierba con hojas y semillas comestibles (Ibotov, Lipids of Amaranthus retroflexus and their Biological Activity., 2021).
- *Amaranthus tricolor* L.*:* Conocido como amaranto de tres colores, es cultivado tanto por sus hojas comestibles como por su atractivo ornamental y es común de Asia y África (Jahan et al., 2022).

A lo largo de los siglos, el amaranto casi desapareció de la agricultura comercializada, aunque persistió en ciertas regiones rurales de América Latina (Curiel, 2022). Es considerado un "superalimento" debido a su alto valor nutricional y sus beneficios para la salud (Durango, 2022) . El amaranto es una excelente fuente de proteínas completas, que contienen todos los aminoácidos que el cuerpo necesita. Con un contenido proteico de alrededor del 13-15% por cada 100 gramos, es una excelente opción para vegetarianos y veganos (Sánchez, 2022). Es rico en carbohidratos complejos, que proporcionan energía de liberación prolongada, y contiene fibra dietética que contribuye a una digestión saludable.

En cuanto a las grasas, el amaranto tiene un contenido bajo (7-8%) pero las grasas que contiene son principalmente insaturadas, con ácidos grasos esenciales como el omega-6, beneficiosos para la salud cardiovascular (Hernández, 2023). El amaranto es una rica fuente de minerales como calcio, hierro, magnesio y fósforo, que son importantes para la salud ósea, la función muscular y la producción de energía celular (Cano, 2022). En términos de vitaminas, el amaranto destaca por su contenido de vitaminas del complejo B y vitamina E, que son cruciales para la función metabólica, la protección antioxidante y la salud de la piel (Cerna, 2024).

El amaranto ofrece numerosos beneficios para la salud con su alto contenido de calcio, magnesio y fósforo que contribuye a la salud ósea para ayudar a prevenir enfermedades como la osteoporosis (Román et al., 2023). La fibra soluble que contiene ayuda a reducir los niveles de colesterol LDL y mejora la salud cardiovascular (Ocaña M. A.-S., 2022). Gracias a su contenido de hierro, el amaranto es útil para la prevención de la anemia en personas con dietas vegetarianas (López & Miguez, 2021).

El bajo índice glucémico lo convierte en una opción ideal para controlar los niveles de azúcar en sangre, lo cual es beneficioso para personas con diabetes tipo 2 (Casa O. D., 2023). Además, los antioxidantes presentes en el amaranto, como la vitamina E, protegen al cuerpo del daño celular y ayudan a reducir el riesgo de enfermedades crónicas (Sánchez, 2024). El alto contenido de proteínas lo hace excelente para el desarrollo muscular, mientras que su fibra

favorece la salud digestiva, ayudando a mantener un tránsito intestinal regular y reduciendo el riesgo de problemas digestivos (Muñoz T. M., 2023).

En las últimas décadas, el interés por este cultivo ha resurgido, debido a su valor nutritivo excepcional (Plaza & Viñanzaca, 2024). Las semillas de amaranto son ricas en proteínas de alta calidad, aminoácidos esenciales, fibra y minerales como el hierro y el magnesio, lo que lo convierte en un alimento valioso en la lucha contra la desnutrición en muchas regiones del mundo (Fernández Q. L., 2024).

Hoy en día, el amaranto se ha convertido en un "superalimento" reconocido internacionalmente, por su valor nutricional y su capacidad de adaptarse a diferentes condiciones climáticas (Instituto Boliviano de Comercio Exterior [IBCE] 2020). Su cultivo se ha expandido a diversas regiones del mundo, desde América del Sur hasta Asia y África, gracias a sus características resilientes y su potencial en la agricultura sostenible (Beed et al., 2021). De acuerdo con Fuentes et al. (2021), el resurgimiento del amaranto también se ha visto impulsado por su uso en la producción de alimentos sin gluten y como una alternativa agrícola para promover la seguridad alimentaria global.

2.2 Beneficios del amaranto en los agroecosistemas

El amaranto es un cultivo sostenible que se adapta a condiciones agroecológicas adversas, como la sequía y suelos pobres, lo que lo convierte en una opción valiosa para áreas con escasez de agua o baja fertilidad (Sotelo L. R., 2022). Según Cruz et al. (2024), su resistencia a plagas, aunque no tiene la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo de forma directa como lo hacen algunas leguminosas contribuye a mejorar la calidad del suelo, reduciendo la necesidad de fertilizantes y pesticidas.

Además, el amaranto tiene un bajo impacto ambiental, ya que requiere menos insumos externos y puede integrarse en sistemas agroforestales, favoreciendo la biodiversidad y la salud del suelo (Piñón A. K., 2023). Como explica López (2024) este cultivo no solo es beneficioso desde el punto de vista ecológico, sino que también ofrece ventajas económicas para los agricultores como su alta demanda en mercados locales e internacionales debido a sus propiedades nutricionales, lo que permite vender tanto las semillas como productos procesados.

2.3 Caracterización morfológica

La caracterización morfológica es el proceso de identificación y descripción de las características físicas de una planta, enfocándose en las estructuras visibles como hojas, tallos, flores y frutos (Vásquez, 2024). Según Canul et al. (2022) mediante la caracterización morfológica se puede clasificar las plantas en función de su morfología, es decir, su forma y estructura externa.

Por otro lado, en la agricultura la caracterización morfológica es esencial para la identificación de variedades junto a la selección de las más adecuadas para diferentes ambientes y la conservación de la biodiversidad genética. Además, contribuye al mejoramiento de cultivos al permitir seleccionar plantas con características deseables para los agricultores (Medina et al., 2021).

Esta selección se realiza mediante la observación detallada de las plantas y el uso de descriptores estándar, que incluyen medidas como el tamaño, forma, color y disposición de sus partes (Hernández et al., 2021). Para Carrillo y Yumbla (2022), la caracterización morfológica es esencial en el manejo de germoplasma en bancos de semillas, facilitando la preservación de especies y el desarrollo de nuevas variedades más resistentes o productivas, además que, ayuda a determinar la variabilidad genética de las poblaciones de plantas, lo cual es fundamental para la adaptación a distintas condiciones climáticas y de cultivo.

2.4 Importancia de la caracterización morfológica

2.4.1 Conservación genética

La caracterización morfológica, permite identificar y documentar la variabilidad genética dentro de una especie o variedad y garantizar que una población de plantas tenga suficientes características para adaptarse a cambios ambientales o la aparición de nuevas plagas (Puerta, 2024). Al identificar diferentes morfotipos dentro de una misma especie, los bancos de germoplasma seleccionan las accesiones más adecuadas para la conservación a largo plazo, preservando la biodiversidad genética (Alvear, 2021).

2.4.2 Mejoramiento de cultivos

El proceso de mejoramiento de cultivos permite la selección de variedades que se adapten mejor a condiciones específicas de cultivo (Macías A. L., 2024). De acuerdo con Silva y

Huamán (2024), a través de la evaluación de características morfológicas, como el tamaño y forma de las hojas, la resistencia a plagas o la capacidad de adaptación a diferentes tipos de suelos, los investigadores pueden identificar las plantas que presentan características superiores.

2.4.3 Control de calidad

La caracterización morfológica también es esencial para asegurar la calidad de las semillas y productos derivados de los cultivos (Verga A. R., 2024). Al contar con una caracterización detallada de las características físicas de las plantas, los productores pueden mantener una uniformidad en sus cultivos, lo cual es clave para garantizar la calidad del producto final (Pinzon & Vega, 2024).

En la industria agrícola esto es beneficioso ya que la homogeneidad de las cosechas y los productos tiene un gran impacto en la comercialización y el valor del mercado (Chango T. A., 2023). Como explica Tavitas et al. (2021), en el cultivo de amaranto, una correcta caracterización morfológica asegura que todas las plantas tengan características similares en cuanto a tamaño, color y madurez, lo que facilita el proceso de cosecha y comercialización, y asegura la satisfacción del consumidor final.

2.4.4 Selección de características deseables

La caracterización morfológica permite a los investigadores y agricultores identificar las características físicas de las plantas que son más adecuadas para determinadas condiciones de cultivo o para usos comerciales específicos (Méndez C. E., 2025). Según Alemán (2022) al evaluar una variedad de amaranto, se puede seleccionar aquella que tenga una mayor producción de semillas, una mejor calidad nutricional o que sea más resistente a plagas y enfermedades.

Esta capacidad para identificar características deseables también facilita la adaptación de los cultivos a diferentes ambientes agroclimáticos, lo que contribuye a una mayor productividad agrícola y a la satisfacción de las necesidades del mercado (Bezus, 2023). Para Barreto (2023), la selección de plantas con características físicas específicas permite mejorar la rentabilidad de los cultivos, optimizando los recursos y maximizando los beneficios económicos para los agricultores.

2.5 Descriptores morfológicos

Los descriptores morfológicos son las características específicas que se utilizan para estudiar y caracterizar las plantas.

2.5.1 Características vegetativas

Las características vegetativas, de acuerdo con López (2024), son aquellos atributos de las plantas que no están relacionados con la reproducción, pero son esenciales para su crecimiento, desarrollo y adaptación a sus entornos. Estas características incluyen elementos como las hojas, el tallo, la raíz y el sistema vascular, que son fundamentales para la fotosíntesis, la absorción de agua y nutrientes, y el transporte de sustancias dentro de la planta.

En el caso de los cultivos agrícolas, la evaluación de las características vegetativas es importante para seleccionar las mejores variedades de plantas (Sánchez, 2024). Según Cabeza et al. (2021), los factores como la forma y tamaño de las hojas, la altura y grosor del tallo, así como la distribución y tipo de raíces, influyen directamente en la productividad y la resistencia a plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas.

2.6 Características reproductivas

2.6.1 Inflorescencia

La inflorescencia es una estructura que agrupa varias flores sobre un eje principal, y su organización varía según la especie, siendo clave para la clasificación de plantas (Crisostomo & Quintana, 2024). Puede presentarse en formas como racimos, umbelas, espigas o panículas, dependiendo de cómo se distribuyen las flores respecto al tallo central (Rojas, 2022). Esta disposición tiene una función adaptativa, ya que facilita la polinización por diversos agentes, como insectos o viento. Además, la estructura de la inflorescencia influye en la cantidad de flores producidas por la planta, lo que incrementa las posibilidades de fecundación y la producción de semillas (Velez C. K., 2024).

2.6.2 Flor

La flor es el órgano reproductor de las plantas angiospermas, cuya función principal es la reproducción sexual, la cual está compuesta por cáliz, corola, estambres y pistilo, cada parte tiene una función específica: el cáliz protege la flor en su fase inicial, la corola atrae a los polinizadores, los estambres producen polen y el pistilo contiene el ovario donde se desarrollan

los óvulos (Serna et al., 2024). Para Valencia y Quintero (2022), la polinización, permite la fecundación y la formación de semillas, completando el ciclo reproductivo.

2.6.3 Fruto

El fruto es la estructura reproductiva de las plantas angiospermas que se desarrolla a partir del ovario de la flor después de la fecundación (Luquez V. M., 2023). Su función principal es proteger las semillas y facilitar su dispersión. Como explica Valencia y Quinteros (2022), el fruto varía dependiendo de la especie de la planta en forma, tamaño, color y consistencia. En términos morfológicos, se puede clasificar en diferentes tipos, como frutos carnosos (por ejemplo, manzanas, tomates) y frutos secos (como nueces, vainas de guisante) (López & Miguez, 2021).

2.6.4 Coloración de la planta

La coloración de la planta es una característica morfológica que se refiere al color de las diferentes partes de la planta, como las hojas, flores, tallos y frutos (Grijalva, 2023). Este color es influenciado principalmente por los pigmentos presentes en las células vegetales, en palabras de Pino (2022), la clorofila, es quien se encarga de dar el color verde a las hojas y es crucial para la fotosíntesis, otros pigmentos que cumplen la misma función son; carotenoides (amarillo y naranja) y antocianinas (rojo, púrpura o azul).

2.6.5 Textura

La textura de una planta se refiere a la sensación táctil que se experimenta al tocar sus diferentes partes, como las hojas, tallos o frutos (Stuart, 2021). Esta propiedad está influenciada por la estructura celular de las plantas y varía dependiendo de factores como la cantidad de agua, la composición de los tejidos y la presencia de estructuras especiales como pelos o cera en la superficie (Carrillo & Yumbla, 2022). Las hojas, por ejemplo, pueden tener una textura suave o rugosa, mientras que los tallos pueden ser lisos, escamosos o espinosos (Sánchez & Joza, 2022).

2.6.6 Adaptabilidad a las condiciones de cultivo

Es la capacidad de una planta para desarrollarse y prosperar en diferentes ambientes y condiciones de cultivo, como variaciones en el clima, el tipo de suelo, la disponibilidad de agua y la presencia de plagas o enfermedades (Fernández Q. L., 2024). Para Puerta (2024), esta

adaptabilidad es crucial para la supervivencia y el rendimiento de la planta, especialmente en sistemas agrícolas donde las condiciones pueden cambiar constantemente.

2.7 Descriptores morfológicos utilizados para *Amaranthus* spp.

2.7.1 Tamaño y forma de hojas

Las hojas de amarantos generalmente son de forma ovalada o lanceolada, con márgenes lisos o ligeramente dentados. El tamaño de las hojas también son un indicador importante de la salud de la planta y de su capacidad de fotosíntesis (Campos B. A., 2024). Según Lucas (2024), al evaluar estas características, se puede identificar qué accesiones tienen un mayor potencial de crecimiento y rendimiento, lo que facilita su selección para cultivos comerciales o para conservación genética.

2.7.2 Altura de la planta y diámetro del tallo

Una planta de mayor altura tiene mayor capacidad de producción de hojas o inflorescencias, mientras que un tallo grueso indica una planta robusta con mayor resistencia a condiciones adversas (Nieto S. J., 2024). Como menciona Medina et al. (2021), estas mediciones permiten identificar plantas que se adapten mejor a las condiciones agroclimáticas y que sean más productivas, además de ser una base importante para programas de mejoramiento genético orientados a obtener cultivares con mejores rendimientos.

2.7.3 Coloración de estructuras (hojas, inflorescencias)

La coloración de las hojas puede variar de verde a tonos rojizos, dependiendo de factores genéticos y ambientales (Guevara T. E., 2025). En las inflorescencias, el color puede ser una herramienta útil para la identificación de especies o accesiones, ya que algunas variedades presentan inflorescencias rojas, púrpuras o amarillas, lo que también puede estar relacionado con su contenido nutricional o su atractivo para polinizadores (Canul et al., 2022). La coloración no solo sirve para la clasificación morfológica, sino que también puede indicar la madurez de la planta y la presencia de pigmentos relacionados con la nutrición y resistencia a estrés (Plúa C. J., 2023).

2.8 Métodos de evaluación morfológica

2.8.1 Método descriptivo

El método descriptivo se basa en una observación detallada y cualitativa de las características morfológicas de las plantas, como el tamaño, forma y color de las hojas, tallos, raíces y flores (Uchupe Á. J., 2024). De acuerdo con Álvarez et al. (2022), este método no involucra mediciones numéricas, sino que se enfoca en registrar las particularidades de cada planta mediante descripciones visuales.

2.8.2 Método cuantitativo

Como explican Rosales y Sánchez (2022), este enfoque utiliza instrumentos de medición, como reglas, calibres y cámaras, para obtener datos numéricos que pueden ser analizados estadísticamente. A través de estas mediciones, se obtiene una representación más objetiva y precisa de las características morfológicas y facilita la comparación entre diferentes accesiones o cultivares y la identificación de rasgos deseables para el mejoramiento de cultivos (Andrade D. D., 2023).

2.8.3 Método comparativo

El método comparativo se basa en la comparación de las características morfológicas de las accesiones o variedades bajo estudio con las de otras variedades previamente conocidas o estándar (Villarroel et al., 2024). Este enfoque ayuda a identificar las similitudes y diferencias en términos de forma, tamaño, color y otras características entre las plantas (García, 2024).

Además, el método comparativo permite clasificar las accesiones según sus características morfológicas predominantes (Noriega V. J., 2025). Este método, como argumenta Velázquez et al. (2023) es especialmente útil cuando se trabaja con colecciones de germoplasma y se busca identificar variedades que puedan ser más resistentes a enfermedades, plagas o adaptables a condiciones específicas de cultivo.

2.8.4 Análisis de variabilidad

El análisis de variabilidad se utiliza para evaluar la diversidad morfológica dentro de una población o colección de plantas (Reyes, 2022). A través de herramientas estadísticas, como el análisis de varianza (ANOVA), se puede determinar la magnitud de la variabilidad en las

características morfológicas, lo que permite identificar las diferencias significativas entre las accesiones o cultivares bajo estudio (Palacios, 2023).

También este enfoque ayuda a comprender cómo los factores genéticos y ambientales influyen en la morfología de las plantas y proporciona información valiosa para el mejoramiento genético, Además como explica Guillén et al. (2023), esto permite seleccionar aquellas variedades que presentan una mayor variabilidad para ser utilizadas en programas de mejora o conservación.

2.9 Aplicaciones de la caracterización morfológica

2.9.1 Conservación de germoplasma

Mediante la descripción detallada de las características morfológicas de las plantas, se facilita el almacenamiento y la preservación de la biodiversidad genética de especies agrícolas (Martínez et al., 2022). Para Ferrari et al. (2021), esta información es crucial para mantener la variabilidad genética y asegurar la disponibilidad de recursos genéticos que puedan ser utilizados en el futuro para la investigación o la restauración de cultivos en caso de pérdida genética o situaciones adversas.

2.9.2 Selección de cultivares

La caracterización morfológica también tiene aplicaciones importantes en la selección de cultivares, ya que permite a los agricultores identificar las variedades que mejor se adaptan a sus necesidades (Dos Santos et al., 2023). Según García et al. (2021), al examinar características como el tamaño, forma, resistencia a enfermedades y rendimiento, se pueden seleccionar cultivares con atributos específicos que sean más adecuados para diferentes usos.

2.9.3 Mejoramiento genético

La caracterización morfológica proporciona la base para identificar las plantas más prometedoras que pueden ser cruzadas para combinar sus mejores atributos y mejorar el rendimiento general de los cultivos (Laime, 2021).Al identificar las variaciones morfológicas y fenológicas, los programas de mejoramiento genético pueden diseñar estrategias de cruce y selección, impulsando así el desarrollo de nuevas variedades con características mejoradas, como mayor resistencia a condiciones climáticas adversas o mayor productividad (Tavitas et al., 2021).

2.10 Fases fenológicas del amaranto

2.10.1 Germinación

La fase de germinación del amaranto es el inicio del ciclo de vida de la planta, donde la semilla, al estar en condiciones adecuadas de humedad y temperatura, comienza a activar su metabolismo (Calapiña T. B., 2022). De acuerdo con Ortiz (2021) el primer signo de germinación es la ruptura de la testa de la semilla, lo que permite la salida de la raíz primaria (radícula) y el brote (embrión). Esta fase es crucial, ya que la raíz se establece en el suelo para absorber agua y nutrientes esenciales para el crecimiento posterior (Arias M. D., 2022).

La germinación del amaranto depende de factores ambientales, como la temperatura del suelo y la disponibilidad de agua (Asto H. D., 2025). Si las condiciones son favorables, la germinación se desarrolla rápidamente. Sin embargo, como explica Jami (2021), las condiciones extremas, como temperaturas muy altas o bajas, o suelos excesivamente secos o mojados, pueden inhibir este proceso. Una germinación exitosa es fundamental para el establecimiento de la planta y su posterior desarrollo.

2.10.2 Crecimiento vegetativo

La fase de crecimiento vegetativo del amaranto (*Amaranthus* spp.) es cuando la planta comienza a desarrollar sus estructuras vegetativas, como hojas, tallos y raíces, lo que le permite aumentar su tamaño y establecerse (Medina, 2024). Para Solano et al. (2021), durante esta fase, la planta se enfoca en la producción de biomasa, absorbiendo nutrientes y agua del suelo para soportar su crecimiento. El desarrollo de las hojas es crucial, ya que son las principales estructuras responsables de la fotosíntesis, proporcionando energía para el crecimiento continuo (Wu, 2024).

En el crecimiento vegetativo, las plantas de amaranto aumentan su capacidad para interceptar la luz y realizar la fotosíntesis, lo que contribuye a la producción de compuestos orgánicos esenciales (Robles, 2024). Esta fase como argumenta Gonzáles et al. (2022), se caracteriza por un rápido aumento en la altura y volumen de la planta. Factores como la disponibilidad de nutrientes, el agua, y las condiciones ambientales como la temperatura y la luz influencian directamente la velocidad y el éxito del crecimiento vegetativo. Un crecimiento vegetativo adecuado es esencial para asegurar una floración y fructificación óptimas (Salguero Chusin et al., 2025).

2.10.3 Floración y fructificación

La floración del amaranto es un proceso esencial en el ciclo reproductivo de la planta, donde las inflorescencias se desarrollan para permitir la reproducción sexual. Durante esta fase, la planta produce una gran cantidad de flores agrupadas en una estructura central, que puede ser un racimo o panícula, dependiendo de la variedad (Sánchez & Torralba, 2021). La floración está influenciada por factores ambientales como la temperatura, la luz y la humedad, lo que puede afectar el tiempo y la calidad de la floración (Vázquez et al., 2024).

Las flores de amaranto pueden ser tanto masculinas como femeninas, lo que permite la polinización cruzada, generalmente realizada por insectos o el viento (Arias M. D., 2022). Esta etapa es crucial para la formación de semillas, ya que la fecundación de las flores es lo que permite la producción de los frutos. En palabras de Monroy et al. (2021), una floración exitosa depende de condiciones ambientales favorables y de la salud general de la planta durante su crecimiento vegetativo.

La fructificación sigue a la floración y es cuando las flores fecundadas se transforman en frutos, que son pequeñas cápsulas que contienen las semillas de amaranto (Omeir & Flores, 2024). Según Tapia (2021), en esta etapa la planta comienza a almacenar nutrientes y energía en las semillas, lo que favorece su crecimiento y maduración. La fructificación depende de una polinización eficiente, y la calidad del fruto se ve afectada por la disponibilidad de nutrientes, el agua y las condiciones climáticas.

La maduración de los frutos es un proceso gradual en el que las semillas alcanzan su tamaño definitivo y se preparan para ser diseminadas (Morales & Chiluisa Utreras, 2022). Para Talamantes (2021), una fructificación exitosa es esencial para la producción de semillas de alta calidad, que podrán ser utilizadas en futuras siembras. Factores como el riego adecuado y el control de plagas durante esta fase son fundamentales para garantizar una cosecha productiva y saludable (Sistemas Agroforestales Adaptados, 2023).

2.10.4 Madurez fisiológica

La madurez fisiológica en el amaranto es el estudio en el que los frutos alcanzan su desarrollo completo, y las semillas se encuentran listas para la cosecha. Como explica Monroy (2021), en este proceso los frutos han cambiado de color, y las semillas dentro de ellos han alcanzado su tamaño máximo. A nivel fisiológico, la planta ha completado la mayor parte de su proceso de

crecimiento y desarrollo, y los nutrientes almacenados en las semillas se estabilizan, lo que permite que estas puedan germinar con éxito en condiciones adecuadas (Cartagena, 2023).

En esta etapa, la planta experimenta una disminución en la actividad metabólica, lo que indica que ha alcanzado su fase final de desarrollo (Estrella, 2025). La madurez fisiológica es crucial para la cosecha, ya que las semillas en esta etapa tienen un contenido adecuado de humedad y una mayor viabilidad para la germinación (Flórez-Gómez, 2024). De acuerdo con Gonzales et al. (2022), si la cosecha se realiza demasiado temprano, las semillas no son adecuadas, mientras que si se deja madurar demasiado la semilla pierde la calidad por la descomposición o dispersión de las semillas**.**

2.11 Factores que afectan el desarrollo fenológico

Las condiciones agroclimáticas son fundamentales para el desarrollo fenológico del amaranto, ya que influyen directamente en cada una de sus fases de crecimiento. Como mencionan Sáenz et al. (2024), describe que la pérdida progresiva de hábitats genera estrés ambiental que puede alterar la sincronización de los eventos fenológicos, en términos ecológicos, factores como la variabilidad climática, el cambio en patrones de precipitación y temperatura, y la disminución de polinizadores afectan directamente el desarrollo fenológico.

2.11.1 La temperatura

La temperatura es importante, ya que cada etapa del ciclo de vida de la planta tiene un rango térmico óptimo. Si la temperatura es demasiado alta o baja, la germinación se retrasa o no ocurrir (Garbi, 2021).

2.11.2 La luz

También es esencial, ya que una cantidad adecuada de horas de luz diurna favorece el proceso de fotosíntesis, lo que a su vez estimula el crecimiento de la planta y la formación de flores (Pabón et al., 2023). La humedad es otro factor importante; un nivel adecuado favorece un crecimiento saludable, mientras que tanto la escasez como el exceso de agua pueden obstaculizar el desarrollo fenológico.

2.11.3 La altitud

Es otro factor relevante en el desarrollo fenológico del amaranto, ya que afecta las condiciones climáticas como la temperatura y la radiación solar. Como explican Guadalupe et al. (2024),

mayor altitud, las temperaturas diarias tienden a ser más extremas, lo que puede acelerar o ralentizar el ciclo de crecimiento.

Además, la radiación solar es más intensa en altitudes elevadas, lo que puede influir en la fotosíntesis y la producción de flores (Torres et al., 2022). Abanto y Rojas (2024) mencionan que, los cambios en la altitud también afectan la duración de las fases fenológicas, lo que puede determinar cuándo se deben realizar las actividades de manejo agrícola, como la siembra y la cosecha, para optimizar el rendimiento del cultivo.

2.11.4 Relevancia del germoplasma en el mejoramiento genético de cultivos.

El germoplasma juega un papel crucial en el mejoramiento genético de cultivos, ya que es la base genética de la que se derivan las características deseadas en las plantas (Valenzuela V. A., 2024). En palabras de Rimieri (2021), conservar una amplia variedad de germoplasma permite acceder a una rica diversidad genética que puede ser utilizada para mejorar los cultivos.

La variabilidad genética presente en las semillas y accesiones de germoplasma es clave para el desarrollo de nuevas variedades que sean más resistentes y eficientes, asegurando así la sostenibilidad y la competitividad de la agricultura a largo plazo (Acuña I. &., 2023). Alvear (2021), indica que, esto permite una adaptación continua de los cultivos frente a desafíos ambientales y patológicos, mejorando su desempeño y resiliencia en diferentes contextos agroclimáticos.

Además, el germoplasma facilita la adaptación de los cultivos a diversas condiciones agroclimáticas (Duran A. M., 2025). De acuerdo con Colina y Vásquez (2024), al estudiar y seleccionar accesiones con características específicas, los investigadores pueden desarrollar cultivares que se adapten mejor a distintas altitudes, temperaturas, suelos y niveles de humedad.

Esto es particularmente relevante cuando se habla de los cambios climáticos, donde la capacidad de los cultivos para resistir variaciones en el clima es un factor decisivo para mantener la seguridad alimentaria (Milanés, 2024). Gonzales et al. (2022), aseguran que la recopilación y conservación del germoplasma permite que se desarrollen nuevas variedades que respondan mejor a estos desafíos ambientales.

2.12 Caracterización y conservación del germoplasma

La caracterización del germoplasma, entendido como el material genético hereditario de las plantas, permite identificar las características genéticas y fenotípicas de las variedades

cultivadas y silvestres (Alvarez, 2024). El proceso es necesario para su conservación, aprovechamiento y mejoramiento en función de la seguridad alimentaria. Según Oregón (2024) la conservación del germoplasma puede realizarse tanto in situ, mediante el uso y manejo continuo por parte de las comunidades en sus territorios, como *ex situ*, a través de su almacenamiento en bancos de germoplasma gestionados por instituciones científicas. Ambas estrategias son complementarias y requieren una inversión constante, apoyo técnico, así como marcos legales adecuados que reconozcan y protejan los derechos de quienes participan activamente en la conservación de estos recursos (González, 2024).

El uso sostenible del germoplasma está estrechamente vinculado a prácticas de manejo agroecológico que fomentan la diversificación de cultivos, reducen la dependencia de insumos sintéticos y promueven la salud del suelo (Garcés A. J., 2023). De acuerdo con Caicedo (2023) las prácticas no solo contribuyen a la conservación de la diversidad biológica, sino que también fortalecen la resiliencia de los sistemas agrícolas frente al cambio climático y otras amenazas. En este contexto, es importante que la legislación en materia de semillas no imponga restricciones que limiten el uso, intercambio o reproducción de variedades locales por parte de los agricultores (Correa, 2021).

2.13 Marco legal

Normativa nacional e internacional sobre la conservación de recursos fitogenéticos

La Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable impulsa la conservación de recursos genéticos y la soberanía alimentaria (LEY ORGANICA DE AGROBIODIVERSIDAD, SEMILLAS Y FOMENTO DE AGRICULTURA, 2017). Destaca al amaranto como un cultivo clave por su resistencia, valor nutritivo y contribución a la diversificación de cultivos, especialmente en zonas de condiciones extremas (Cuba, 2022). Travez (2024), resalta la importancia de preservar variedades autóctonas y promover cultivos alternativos, posicionando al amaranto como esencial para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola.

Los Protocolos y Estándares de Caracterización de Recursos Genéticos del INIAP respaldan el estudio y mejora del amaranto, asegurando variedades más productivas y resistentes (INIAP, 2018). Además, como argumenta Checa (2023), el marco de la Convención sobre la Diversidad Biológica (CONVENIO SOBRE DIVERSIDAD BIOLOGICA, 1993), Ecuador se compromete a proteger la agrobiodiversidad, considerando al amaranto un recurso esencial por su valor nutritivo y adaptabilidad, clave para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible.

Las Políticas Públicas sobre Seguridad Alimentaria en Ecuador promueven cultivos como el amaranto en comunidades rurales y vulnerables para combatir la malnutrición y mejorar la calidad de vida (Barona, 2011). Cordero (2022) argumenta que, la política de soberanía alimentaria fomenta la producción y consumo de productos nacionales, destacando el amaranto por su valor nutritivo y su contribución a la diversificación agrícola, mejorando la nutrición y favoreciendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas del país.

Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable (Ecuador).

La Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable de Ecuador, promulgada en 2015, tiene como objetivo proteger la agrobiodiversidad, especialmente las semillas, garantizando la soberanía alimentaria. Cabrera et al. (2021) explica que, esta ley busca regular el acceso, uso y conservación de los recursos genéticos para asegurar la producción sostenible de alimentos y promover la seguridad alimentaria en el país.

La Ley cumple una función importante en la conservación de la biodiversidad agrícola ya que establece los marcos normativos para la producción, certificación, distribución y uso de semillas (República del Ecuador, 2017). Desde la perspectiva de la conservación, esta legislación debe va más allá del control comercial pues asegurar que las variedades tradicionales y nativas no sean desplazadas por un modelo exclusivamente agroindustrial. Su adecuado diseño y aplicación es necesaria para proteger el patrimonio genético agrícola junto con el fortalecer la soberanía alimentaria y lograr la resiliencia de los sistemas agroecológicos frente al cambio climático.

La ley regula el mercado de semillas, asegurando su calidad y accesibilidad para los productores, y establece normativas para su manejo sostenible. Cajamarca et al. (2022) argumentan que, esta ley promueve el mejoramiento genético de los cultivos a través de la investigación y el desarrollo de nuevas variedades que no perjudiquen el medio ambiente, apoyando la agricultura sustentable.

Además, esta ley reconoce el valor del conocimiento ancestral y tradicional de los pueblos y comunidades indígenas en el manejo de semillas y recursos agrícolas (Pillasagua & Mite, 2023). Así, fomenta su participación en la toma de decisiones, promoviendo prácticas agrícolas que respeten la biodiversidad y contribuyan a la sostenibilidad de los recursos naturales para las futuras generaciones.

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1993)

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), adoptado en 1992 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Cumbre de la Tierra) en Río de Janeiro, tiene como objetivo principal la conservación de la biodiversidad, el uso sostenible de sus componentes y la distribución equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos (Faizi & García, 2023). Esta convención reconoce la diversidad biológica como un patrimonio común de la humanidad y un elemento esencial para el bienestar de los seres humanos.

En cuanto a la agrobiodiversidad, la CDB destaca la importancia de conservar los recursos genéticos agrícolas, promoviendo su uso responsable y sostenible para garantizar la seguridad alimentaria global (Concha, 2025). El CDB (1993), establece principios que guían la conservación y utilización de estos recursos, enfatizando la necesidad de compartir los beneficios derivados del acceso a los recursos genéticos con las comunidades que los conservan y gestionan.

A continuación, se presentan los artículos relacionados con el CDB (1993),

Artículo 6: Medidas generales para la conservación y uso sostenible

Se exhorta a los Estados Parte a formular y aplicar estrategias, planes o programas nacionales que integren la caracterización, conservación del germoplasma, y el uso y manejo sostenible de la diversidad biológica en sus políticas sectoriales y actividades económicas, promoviendo una gestión integral de los recursos genéticos.

Artículo 7: Identificación y seguimiento

Se establece la obligación de los Estados Parte de identificar y caracterizar los componentes clave de la diversidad biológica, incluidos los recursos genéticos y el germoplasma de valor actual o potencial. Asimismo, deberán monitorear las actividades que puedan tener impactos negativos sobre estos componentes, con el fin de prevenir su deterioro o pérdida.

Artículo 8: Conservación In Situ

Se promueve la conservación in situ de los ecosistemas y hábitats naturales, así como de las especies y variedades de importancia para la agricultura y la alimentación. Esto incluye la creación y gestión de áreas protegidas, el mantenimiento de sistemas tradicionales de

conservación del germoplasma en comunidades locales, y la regulación del acceso a los recursos genéticos, salvaguardando el conocimiento tradicional asociado.

Artículo 10: Utilización sostenible de los componentes de la diversidad biológica

Se destaca la necesidad de adoptar medidas que aseguren el uso sostenible de los recursos genéticos y del germoplasma, garantizando que su aprovechamiento contribuya a la conservación a largo plazo y no comprometa la diversidad biológica ni los medios de vida de las comunidades que dependen de ella.

Artículo 15: Acceso a recursos genéticos

Regula el acceso a los recursos genéticos, incluido el germoplasma, estableciendo que dicho acceso debe basarse en el consentimiento fundamentado previo del país proveedor, así como en condiciones mutuamente acordadas que garanticen un reparto justo y equitativo de los beneficios derivados de su utilización.

Artículo 16: Acceso a la tecnología y transferencia de tecnología

Subraya la importancia de facilitar el acceso y la transferencia de tecnologías pertinentes para la caracterización, conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, en especial aquellas relacionadas con la recolección, almacenamiento, mejoramiento genético y manejo del germoplasma.

Artículo 17: Intercambio de información

Fomenta el intercambio fluido de información científica, técnica, socioeconómica y comercial relativa a la diversidad biológica y los recursos genéticos, incluyendo datos sobre caracterización, conservación y utilización del germoplasma, para apoyar la toma de decisiones informadas y fomentar la cooperación entre países.

Artículo 18: Cooperación científica y técnica

Alienta a los Estados Parte a colaborar en actividades de investigación y desarrollo orientadas a la conservación y uso sostenible del germoplasma y otros recursos genéticos. Esto incluye la ejecución de proyectos conjuntos, así como la celebración de acuerdos bilaterales o multilaterales de cooperación técnica y científica.

Artículo 20: Recursos financieros

Compromete a los países desarrollados a proporcionar recursos financieros adecuados, nuevos y adicionales, a los países en desarrollo, para apoyar iniciativas relacionadas con la caracterización, conservación y manejo sostenible del germoplasma y otros componentes clave de la diversidad biológica.

Artículo 21: Mecanismo financiero

Establece un mecanismo financiero internacional para canalizar recursos hacia actividades de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica, incluyendo proyectos específicos sobre germoplasma. Este mecanismo es gestionado principalmente por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), en colaboración con otras fuentes financieras pertinentes.

Reglamentos del INIAP para el manejo de bancos de germoplasma

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) es el ente encargado de la gestión de los bancos de germoplasma en Ecuador. Su labor se enmarca dentro de la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable, cuya finalidad es garantizar la conservación, uso sostenible y disponibilidad de los recursos fitogenéticos del país. A continuación, se resumen los artículos más relevantes de esta ley, de acuerdo con el Ministerio del Ambiente del Ecuador (2017):

Artículo 17: De las zonas de agrobiodiversidad

Faculta a la Autoridad Agraria Nacional, en coordinación con la Autoridad Ambiental y otros organismos competentes, a declarar zonas de agrobiodiversidad. Estas zonas tienen como objetivo promover la conservación in situ y el uso sostenible de los recursos fitogenéticos, reconociendo su importancia para la soberanía alimentaria y el desarrollo agrícola.

Artículo 18: De la conservación y uso sostenible de los recursos fitogenético

Establece la responsabilidad de la Autoridad Agraria Nacional de promover políticas y acciones para la conservación y uso sostenible de los recursos fitogenéticos. Esto incluye el establecimiento, gestión y fortalecimiento de bancos de germoplasma tanto in situ como ex situ.

Artículo 19: Del Banco Nacional de Germoplasma

Dispone la creación del Banco Nacional de Germoplasma, bajo la administración de la Entidad Pública de Investigación Agropecuaria (INIAP). Este banco es responsable de la recolección, conservación, caracterización y documentación de variedades nativas, especies silvestres

afines y variedades tradicionales, asegurando su disponibilidad para la investigación, mejoramiento genético y reproducción sostenible.

Artículo 20: De la investigación y desarrollo

Fomenta la investigación científica aplicada para el manejo integral de la agrobiodiversidad. Se incentiva el desarrollo de tecnologías apropiadas para la conservación y uso eficiente del germoplasma, así como la formación de capacidades técnicas en instituciones públicas y comunidades locales.

Políticas públicas sobre la seguridad alimentaria en Ecuador

La Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA), promulgada en 2018, constituye el marco legal para garantizar el derecho a una alimentación adecuada, suficiente y culturalmente pertinente en Ecuador. Esta ley articula políticas intersectoriales que vinculan producción agroecológica, salud pública, educación y nutrición, Entre las se encuentran principalmente leyes que establece el Ministerio de Salud Publica (2010) se encuestan los siguientes:

Artículos 1, 2, 3 y 4: Definen la soberanía alimentaria como el derecho de los pueblos a decidir sus sistemas alimentarios y productivos, asegurando el acceso a alimentos sanos, nutritivos y culturalmente apropiados. Se promueve la producción agroecológica como modelo sostenible para proteger la biodiversidad y garantizar el bienestar de las futuras generaciones.

Artículos 5 y 6: Establecen directrices para fomentar la producción local, el fortalecimiento de mercados campesinos, y la promoción del consumo de productos nacionales, generando circuitos económicos solidarios y sostenibles.

Artículos 7 y 8: Reconocen la importancia del conocimiento ancestral y la biodiversidad como elementos esenciales para la sostenibilidad de la agricultura. Se protege el uso tradicional de semillas y se promueve la recuperación de cultivos nativos.

Artículo 10: Aborda la protección de la salud pública mediante la regulación del uso de transgénicos y agroquímicos, promoviendo el acceso a alimentos libres de sustancias tóxicas y favoreciendo prácticas de producción sustentable.

Artículos 11 y 12: Impulsan la cooperación entre distintos sectores del Estado, organizaciones sociales, comunidades y academia para diseñar e implementar políticas integrales de seguridad alimentaria, con énfasis en el uso sostenible de recursos naturales y alimentarios.

Plan Intersectorial de Alimentación y Nutrición 2018–2025

Este plan se apoya en el marco normativo establecido por:

Ley Orgánica de Salud (Artículos 15 al 20): Reconoce la nutrición como un derecho fundamental, promoviendo acciones integrales para prevenir la malnutrición y mejorar la salud pública (Republica del Ecuador, 2015).

Constitución de la República del Ecuador (Artículos 38 al 40): Prioriza la salud y la nutrición como derechos humanos, promoviendo el acceso equitativo a alimentos saludables y nutritivos, y desarrollando estrategias para combatir la desnutrición crónica infantil y fortalecer la educación alimentaria (República del Ecuador, 2021).

Cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

La regulación de semillas y el acceso a los recursos fitogenéticos están directamente vinculados con varios ODS, especialmente:

> ODS 2: Hambre Cero, al promover sistemas agrícolas sostenibles y mejorar la productividad de los pequeños productores (Naciones Unidas, 2015).
>
> ODS 12: Producción y Consumo Responsables, asegurando prácticas agrícolas que mantengan la biodiversidad (Naciones Unidas, 2015).
>
> ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres, que impulsa la conservación de la diversidad genética de las semillas, cultivos y especies silvestres (Naciones Unidas, 2015).

Una ley de semillas alineada con los ODS debe apoyar el intercambio comunitario de semillas, proteger el conocimiento ancestral para facilitar el acceso justo y equitativo a los recursos genéticos y sus beneficios, conforme al Protocolo de Nagoya.

El acceso a los recursos fitogenéticos como semillas de variedades tradicionales y especies silvestres debe estar regulado bajo principios tanto de equidad como transparencia y sostenibilidad que implica establecer mecanismos que permita a los agricultores el acceso a semillas adaptadas a las condiciones locales, reconociendo sus necesidades productivas y culturales (Caicedo & Herrera, 2022). Es importante proteger los derechos colectivos de las comunidades campesinas e indígenas sobre sus semillas y conocimientos tradicionales, evitando que estos recursos sean objeto de apropiación indebida. En este sentido, se deben evitar procesos de privatización o monopolización genética a través de sistemas de patentes o registros restrictivos que limiten el uso libre y comunitario de las semillas (Sagot et al., 2021).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Descripción del área de estudio

El establecimiento del ensayo para amaranto se llevo a cabo en los predios de la granja experimental La Pradera. A continuación, en la tabla 1 se presentan las características geográficas del área del estudio y en la figura 1 se muestra el mapa de ubicación donde estuvo ubicado el ensayo.

Tabla 1

Características geográficas del área de estudio

Provincia	Cantón	Parroquia	Altitud	Latitud	Longitud
Imbabura	Antonio Ante	San José de Chaltura	2243 m s.n.m.	0° 21’ 19” N	78° 11’ 32” O

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado de Antonio Ante (2017)

Figura 1

Mapa de ubicación del área de estudio



3.2.**Características climáticas**

La parroquia de San José de Chaltura presenta un clima ecuatorial meso térmico semihúmedo con las siguientes características climáticas (GAD Parroquial San José de Chaltura, 2023).

- Temperatura baja: 7.5 °C
- Temperatura media: 16 °C
- Temperatura máxima: 22 °C
- Precipitación media anual: 714.4 mm/año
- Humedad relativa: 75%

3.3.Materiales

Para el presente ensayo de campo se utilizó material genético, insumos, materiales de campo y materiales de oficina que se detallan a continuación:

3.3.1. Material genético

Se utilizó semillas de amaranto de color negro y crema, provenientes del Banco Nacional de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). La población estaba compuesta por 149 accesiones, cada sobre contenía 1g de semillas. Los materiales utilizados en la investigación se detallan en la tabla 2.

Tabla 2

Materiales, equipos, insumos y herramientas.

Materiales de Campo	Equipos	Material vegetal	Materiales de oficina	Herramientas
Cinta métrica Estacas de madera Piola Cal Pluviómetro Termómetro Equipo de protección Balanza Celular GPS Tractor con arado y rastra Tijeras de podar Fundas de papel	Computadora Calculadora Impresora Bibliografía Internet Programa estadístico Infostat Medidor de humedad de granos	Semillas de amaranto y centeno	Libro de campo Hojas de papel bond Lápiz Marcadores Tabla de Munsell Cartillas de Royal RHS color chairt	Herramientas de labranza Bomba de fumigación Azadones Palas

3.4.Factores de estudio

Factor de estudio: ECU- Amaranto (*Amaranthus* spp.)

En el presente ensayo, el factor de estudio está representado por 92 accesiones de amaranto, provenientes de investigaciones previas.

3.5.Diseño experimental

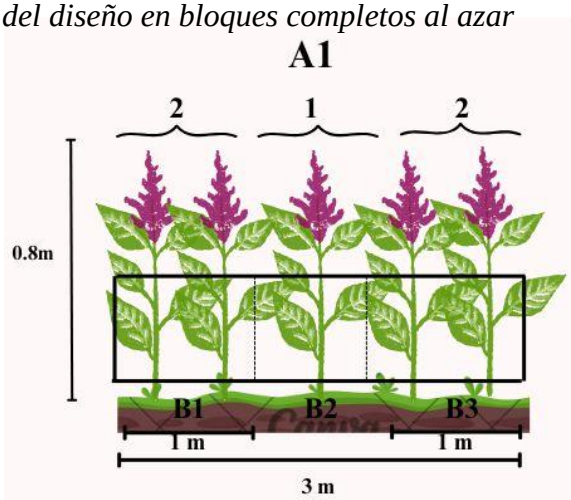
En la investigación se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) conformado por cuatro bloques, los tres primeros bloques contienen 30 surcos y el ultimo bloque contiene 2 surcos, en donde cada accesión se sembró en surcos de 3 m de largo x 0.8 m de ancho separados a 2.4 m y una distancia de 0.80 m entre planta como se muestra en la figura 2.

3.6.Características de la unidad experimental

En un principio fueron 149 accesiones experimentales, las condiciones climáticas del área de campo no eran aptas en el predio y se perdieron 57 accesiones. Por lo tanto, se estudiaron 92 accesiones con 445 unidades experimentales (Figura 2) para medir las características morfológicas e identificar las etapas fenológicas.

Figura 2

Unidad experimental del diseño en bloques completos al azar



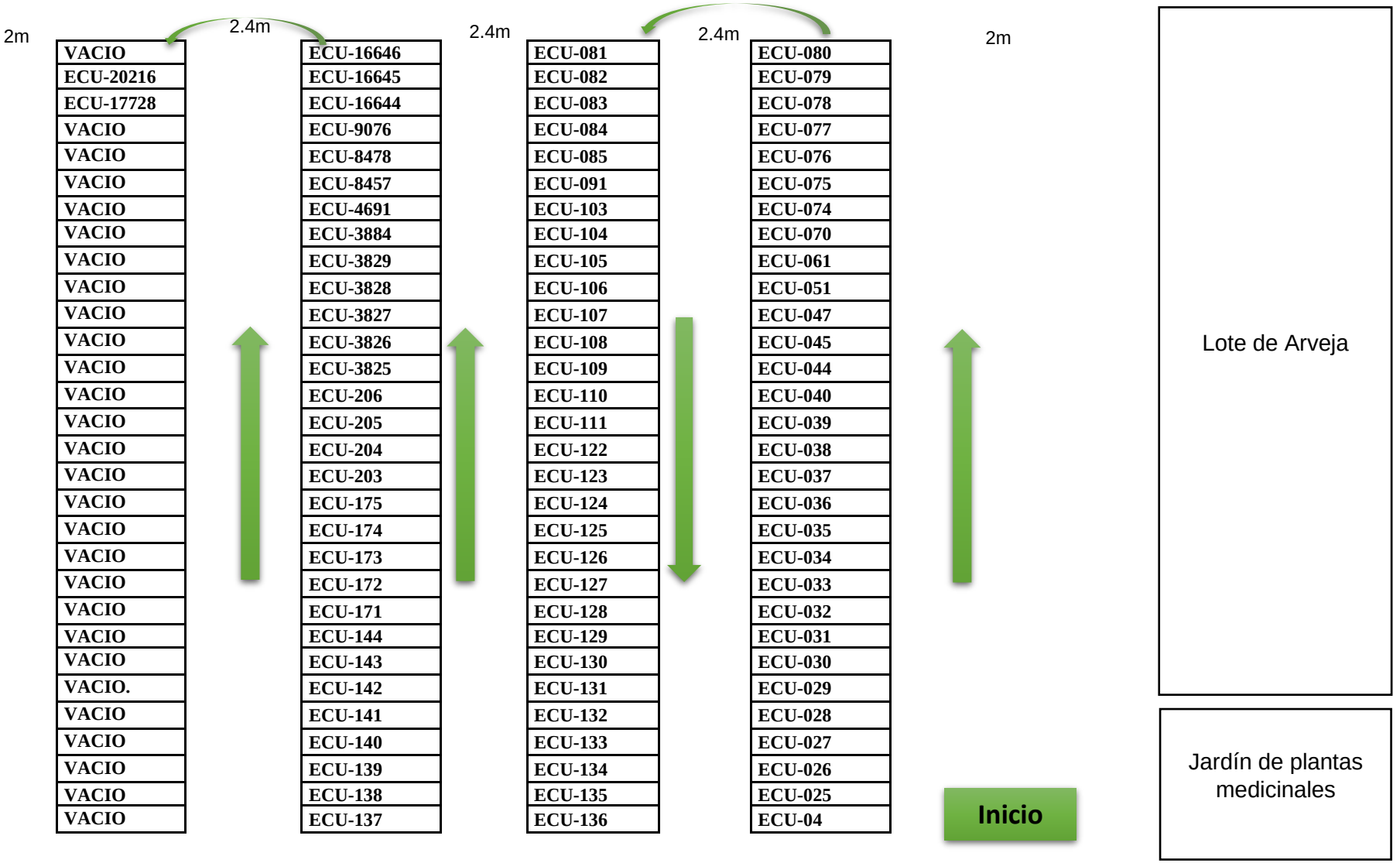
3.6.1. Características del experimento

Para el desarrollo del ensayo experimental, se organizaron los elementos clave del diseño de la siguiente manera:

- Bloques: 4
- Accesiones: 92
- Número de unidades experimentales: 445
- Área total del ensayo: 1000 m^2

Figura 3

Diseño experimental



3.7.Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos en la caracterización morfológica y fenotípica se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo, en el que se dio los siguientes parámetros para cada variable y conjunto de accesiones consideradas según la comparación realizada, usando el programa InfoStat versión 2020, en donde se procedió a realizar las siguientes pruebas: tablas de frecuencia, análisis de conglomerados, tablas de contingencia estadística descriptiva, análisis de varianza con la prueba de LSD Fisher.

3.8.Manejo específico del experimento

Las 92 accesiones de amaranto objeto de estudio se sembraron en el mes de febrero y marzo del año 2024 y el ensayo de campo finalizó concibiendo el estado de madurez fisiológica previa a la cosecha en el mes de agosto-septiembre del mismo año.

Las labores de campo se realizaron de manera estricta y uniforme para todas las parcelas. Asimismo, para el manejo del cultivo se tuvieron en cuenta a los agricultores y docentes de la granja la pradera previa a que ya han manejado este cultivo y también se reforzó con literatura.Para la realización del experimento se realizaron las siguientes actividades:

3.8.1. Manejo del experimento (Fase de campo)

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

3.3.1. Análisis del suelo

Se tomaron muestras del suelo y se enviaron para su análisis en laboratorio, para determinar la cantidad de nutrientes disponibles para el cultivo, por lo cual se lo puede observar en el Anexo 1.

3.3.2. Preparación del suelo

Se realizó de manera maquinal utilizando el tractor con discos de arado y rastra para que el suelo esté suelto y nivelado, eliminando excedentes de cultivos anteriores la cual esto permitió una correcta aireación y desarrollo. Por consiguiente, se realizó surcos con una distancia de 0.80 m.

3.3.3. Delimitación de la parcela

El área donde se estableció las accesiones de amaranto fue en La Granja Experimental La Pradera. Las medidas del lugar se detallan en la figura 2 y figura 3. se delimito las parcelas con piolas y estacas, siguiendo el croquis del diseño establecido. Se debe recalcar que

todo esto se realizó el mismo día de la siembra, al mismo tiempo nos acompañó la lluvia realizándose un pre-riego permitiendo que el suelo este húmedo y la semilla tenga una mejor germinación. Este proceso se realizó con ayuda del personal encargado del INIAP y estudiantes de la carrera.

Figura 4

Delimitación del terreno para la siembra de amaranto



3.3.4. Siembra

La siembra fue realizada a choro continuo se utilizó un gramo de semilla por tres metros de surco, la campaña de producción de la siembra se realizó de febrero a -marzo en el 2024 (Figura 5).

Figura 5

Siembra convencional asistida



3.3.5. Densidad de siembra

La densidad de siembra se ocupó 1gr de semillas para tres metros, los amarantos fueron sembrados cada surco intermedio, en los cuales están distanciados por 0.80 m entre surco; en surco intermedio se sembró centeno *(Secale cereale)* como mecanismos de separación de cada accesión (Figura 6).

Figura 6

Materiales obtenidos son multiplicados y almacenados en el Banco de Germoplasma

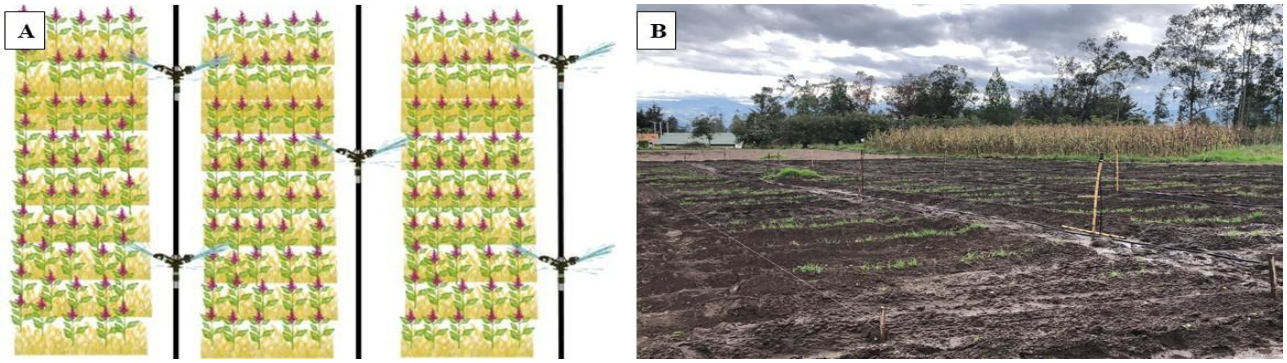


3.3.6. Riego

Se realizó el primer riego por gravedad a los 4 días después de la siembra. Posterior se implementó riego por aspersión, se dio riego cada 7 días, hasta alcanzar a etapa de floración (Figura 7).

Figura 7

Riego por aspersión



Nota. A: Ubicación de aspersores en el lote, B: Imagen real de la ubicación de los aspersores.

3.3.7. Toma de datos

Se elaboró un libro de campo, por lo cual se anotó los datos que se evaluaron a partir del día de la siembra, de manera que se registró variables a partir de la germinación, pubescencia de la hoja y del tallo, y al momento de la floración se evaluó días a la floración, habito de crecimiento de la planta, forma del margen de la hoja, forma de la hoja, color principal del haz de la hoja, color secundario de la hoja, índice de ramificación, densidad de la inflorescencia, compactación de la inflorescencia, tipo de inflorescencia y color de la inflorescencia y en la cosecha se evaluó los días hasta la madurez fisiológica y color de la semilla.

3.3.8. Labores culturales

Las labores culturales desarrolladas en el ensayo corresponden en rascadillo a los 32 días para eliminación de malezas, el aporque a los 60 días más la aplicación de urea (20gr/surco), de igual manera se hizo un segundo aporque para impedir el desarrollo de malezas en el área, teniendo en cuenta que el amaranto tiene su crecimiento vegetativo lento.

3.3.9. Controles fitosanitarios

Con los monitoreos realizados a los 20 días se identificó el ataque de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*-John Esper Smith) posiblemente la presencia está relacionada con la presencia de maíz (*Zea mays L*-Carl Linnaeus) como cultivo aledaño al ensayo, evidenciando daño en la hojas y tallo del amaranto, por lo que se realizó la aplicación de un insecticida a base de Thiamethoxam y Lambda-Cyhalothrin. Posterior a esto, se aplicó insecticida agrícola para el control de trozadores y fungicida para controlar pudrición del tallo (Tabla 3).

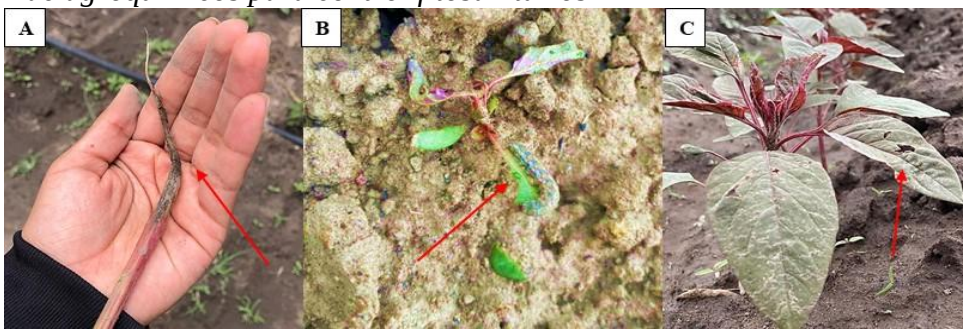
Tabla 3

Insecticidas y fungicidas utilizadas en el cultivo

Herbicidas/insecticida	Dosis	Tipo de maleza e insecto	Etapa fenológica de aplicación
Ingrediente activo	**Por bomba de 20 litros**		
Thiamethoxam y Lambda-Cyhalothrin	20 ml en 20litros de agua	Gusano cogollero	Etapa de desarrollo vegetativo, causando daños en las hojas y tallos tiernos (25 días).
AGRIN DM	20ml en 20litros de agua	Insectos trazadores	Etapa de desarrollo vegetativo, destrozan los tallos, causando la muerte de las plantas. Además, también se come las hojas, dejando orificios (30 días)
Pyraclostrobin y Epoxiconazol	15 ml en 20litros de agua	Pudrición	Etapa de floración y fructificación.

Figura 8

Aplicación de agroquímicos para control fitosanitarios



Nota. (A) pudrición de tallo, (B) daños del tallo provocado por insectos trozadores, (B)daños de las hojas jóvenes por gusano trozador.

3.3.10. Cosecha

La cosecha se realizó en función de la madurez fisiológica de cada accesión, empezando a partir de los 152 días para los materiales precoces hasta los 6 a 7 meses para las accesiones más tardíos, los materiales cosechados fueron guardados en fundas de papel cada accesión con la respectiva etiqueta (Figura 9).

Figura 9

Etapa final del ciclo del cultivo



Nota. (A) Minimizar perdidas por manipulación con fundas de papel, (B) Condiciones ideales de corte y recolección en sacos de cáñamo.

3.3.11. Secado y trillado

Se realizó un pre-secado de las panojas, con el objetivo de bajar la humedad por 4 días completos, moviéndolas periódicamente. Finalmente se procedió a trillar de forma manual (Figura 10).

Figura 10

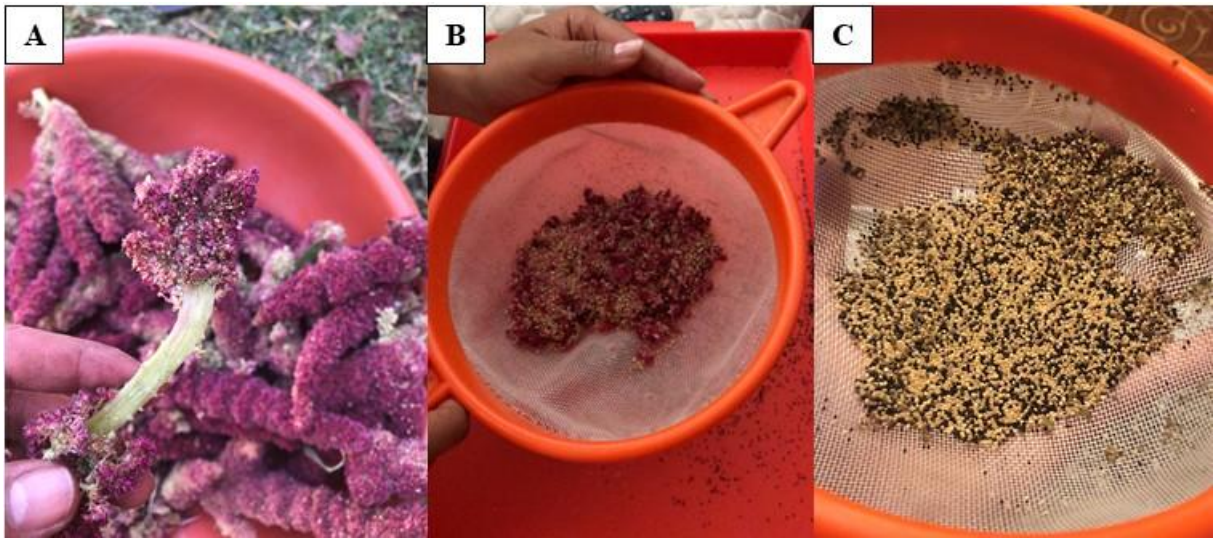
Secado tradicional de accesiones de amaranto



Luego de la trilla se procesa el grano, previo al almacenamiento. Se debe proceder al secado, exponiéndolos al sol constantemente, luego de ello se realiza la eliminación de impurezas (restos de hojas, flores secas, polvo), utilizando cernidores y recipientes hondos para la semilla (Figura 11).

Figura 11

Proceso del trillado manual



Nota. (A)panojas en su madurez fisiológica, (B)se separa la semilla de la inflorescencia, (C)semillas sin residuos.

3.3.12. Secado de semillas y limpieza preliminar

Para el secado de la semilla se ubicaron en áreas soleadas cada muestra con su respectivo etiquetado. Se realizó evaluación de la humedad, hasta alcanzar valores de 13% (Figura 12).

Figura 12

Procesos tradicionales de secado



3.3.13. Almacenamiento

Se almacenó en el laboratorio de semillas, y finalmente fueron entregadas al Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP para su procesamiento y conservación en el Banco de Semillas (Figura 13).

Figura 13

Control de humedad durante el almacenamiento



3.4. Variables fenológicas y morfológicas evaluadas en la colección de amaranto

En el siguiente apartado se muestran las variables evaluadas en el transcurso del estudio, tomando como referencia las variables del manual gráfico para la descripción de variedades de amaranto (*Amaranthus* spp.) - Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS, 2006), y también el manual de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales- Amaranto (UPOV, 2008), que se detallan de acuerdo con su desarrollo vegetativo de la planta, la panoja después de la cosecha y semilla después de la trilla, en la cual se detalla a continuación (Tabla 4):

Tabla 4

Códigos de los descriptores morfológicos y fenológicos

CÓDIGO	CARACTERÍSTICA
Variables cualitativas	
HCP	Hábito de crecimiento de la planta
PH	Pubescencia de la hoja
CPH	Color principal de la hoja
CS	Color secundario de la hoja
CeH	Color del envés de la hoja
FMH	Forma del margen de la hoja
FH	Forma de la hoja
CT	Color de tallo
CeT	Color de las estrías del tallo
PT	Pubescencia del tallo
IR	Índice de ramificación
DI	Densidad de la inflorescencia
CI	Compactación de la inflorescencia
TI	Tipo de inflorescencia
PI	Postura de la inflorescencia
CoIn	Color de la inflorescencia
CSE	Color de la semilla
Variables Cuantitativos	
DG	Días a la germinación
DF	Días a la floración
DMF	Días a la madurez fisiológica

Se obtuvo 20 descriptores, tres de ellos referentes a caracteres cuantitativos (días a la germinación, días a la floración y días a la madurez fisiológica) y 17 relacionados con caracteres cualitativos (hábito de crecimiento, pubescencia de la hoja, color principal de la hoja, color secundario de la hoja, color del envés de la hoja, forma del margen de la hoja, forma de la hoja, color de tallo, color de las estrías del tallo, pubescencia del tallo, índice de ramificación, densidad de la inflorescencia, compactación de la inflorescencia, tipo de inflorescencia, postura de la inflorescencia, color de la inflorescencia, color de la semilla)Por otra parte, para la identificación de colores se utilizó la tabla de colores de Munsell, y las cartillas de Royal Horticultural Society (RHS) Colour Chart, para variables de floración (Figura 14).

Figura 14

Evaluación Morfológica



Nota. (A)evaluación morfológica en hojas jóvenes utilizando el libro de Munsell, (B)evaluación morfológica en panojas en floración utilizando las cartillas de Royal RHS.

3.4.1. Días a la germinación (DG)

Se tomó el dato de cada accesión verificando el 50% de germinación en todo el surco dando al menos 100 brotes germinados indicando la fase de crecimiento de la plántula casi completa (Figura 15).

Figura 15

Semillas de amaranto germinadas



Nota. (A)brotes de amaranto, (B)plantas de amaranto en etapa de desarrollo vegetativo.

3.4.2. Pubescencia de las hojas (PH)

Para esta variable se evaluó en la etapa de desarrollo vegetativo de la planta, dando de dos a tres hojas jóvenes, donde se aprecia las características de: si presenta o no presenta pubescencia o tricomas en el haz de la hoja. Los datos de este descriptor fueron registrados mediante apreciación visual directa en campo, en base a las siguientes categorías (Figura 16).

- 0= No presenta pubescencia.
- 1= Presenta pubescencia

Figura 16

Característica de la pubescencia en la hoja identificadas en la colección de amaranto



3.4.3. Pubescencia del tallo (PT)

Se evaluó en la etapa de desarrollo vegetativo de la planta, donde se aprecia a simple vista las características de: si presenta o no presenta pubescencia o tricomas en el tallo. Los datos de este descriptor fueron registrados mediante apreciación visual directa en campo, en base a las siguientes categorías (Figura 17).

- 0=No presenta pubescencia
- 1= Si presenta pubescencia.

Figura 17

Característica de la pubescencia del tallo identificados en la colección de amaranto



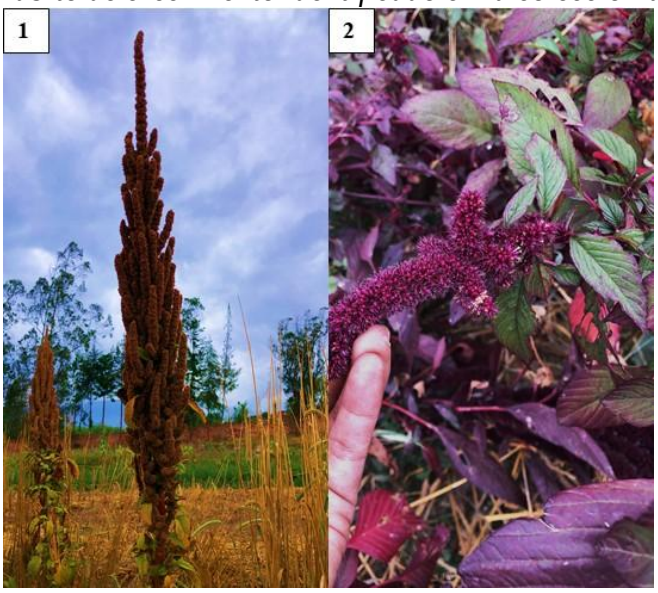
3.4.4. Hábito de crecimiento de la planta (HCP)

Para la variable hábito de crecimiento de la planta se evaluó una vez que alcanzó la etapa de floración, se registró mediante apreciación visual directa en campo y se consideró las siguientes formas (Figura 18).

- 1= Erecto
- 2= Postrado

Figura 18

Tipos de formas de hábito de crecimiento identificado en la colección de amaranto



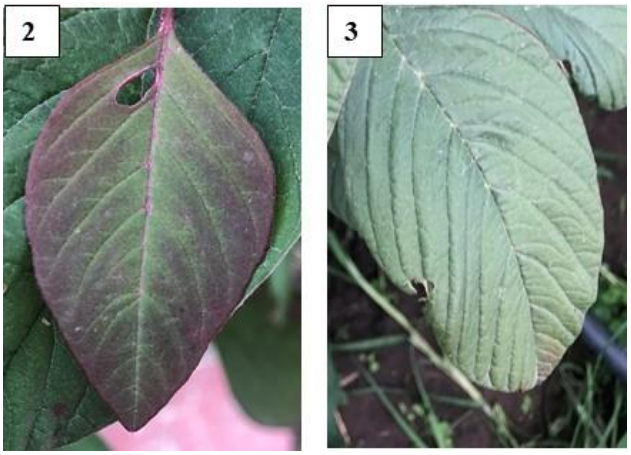
3.4.5. Forma del Margen de la hoja (FMH)

Esta característica fue registrada durante la floración por apreciación visual de acuerdo a las siguientes categorías (Figura 19).

- 2= Entero
- 3= Ondulado

Figura 19

Tipología de la forma del margen de la hoja identificadas en la colección de amaranto



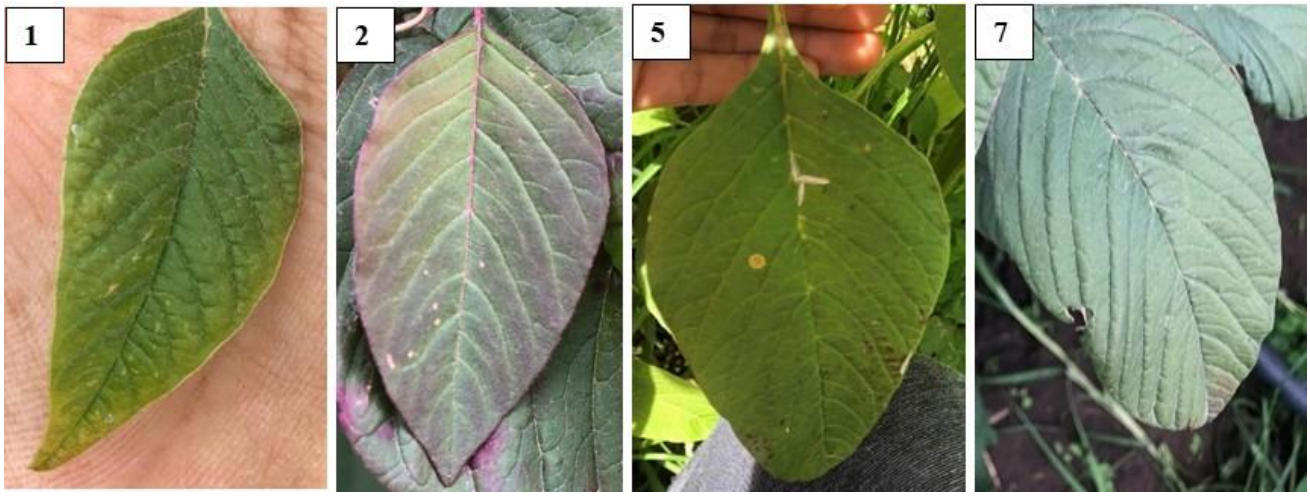
3.4.6. Forma de la hoja (FM)

Este descriptor fue registrado por observación directa, durante la floración, tomando al menos 5 hoja por planta de cada accesión (acorde a la presencia de la muestra) de acuerdo a las siguientes categorías (Figura 20).

- 1= Lanceolada
- 2= Elíptica
- 5= Ovoide.
- 7= Ovalada.

Figura 20

Tipología de la forma de la hoja identificadas en la colección de amaranto



3.4.7. Color principal del haz de la hoja (CPH)

La evaluación del color principal de la hoja, se realizó durante el tiempo de floración, registrando colores en el haz, identificando al menos 4 ramas de colores la cuales fueron descritas según la tabla 5 código Munsell (Figura 21).

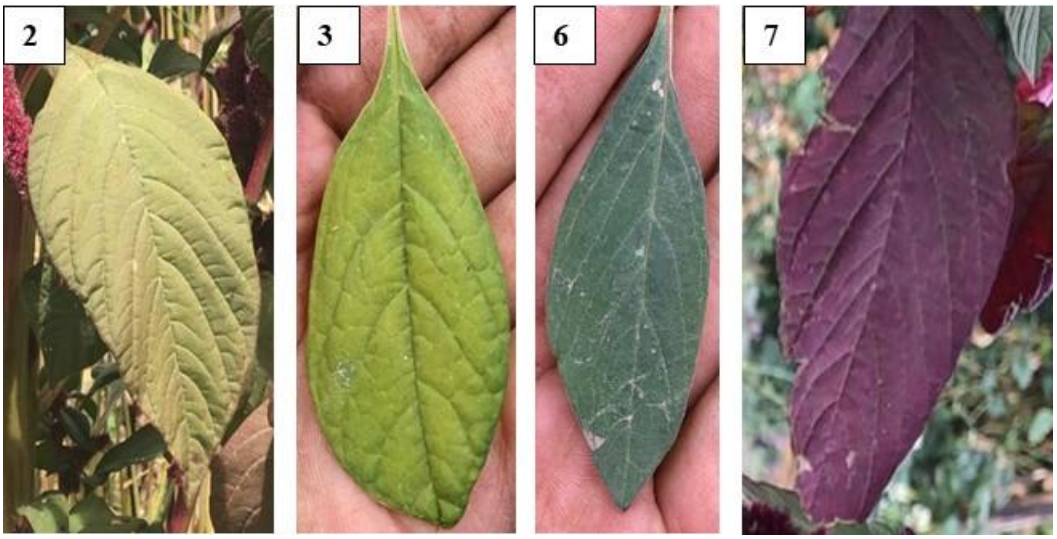
Tabla 5

Escala de colores para las hojas de amaranto

Nombre color	Código Munsell
2.- Verde oliva	2.5GY 5/4; 2.5GY 5/6; 5GY 4/4; 5GY 4/6 5GY 5/4; 5GY 5/6; 5GY ¾
3.- Verde amarillento	2.5GY 6/6
4.- Verde oliva grisáceo	7.5GY 3/2; 7.5GY 3/4; 7.5GY 4/4; 7.5GY5/4
7.- Purpura grisáceo oscuro	5RP 3/2

Figura 21

Colores principales de las diferentes accesiones identificados en la colección de amaranto



3.4.8. Color secundario (Pigmentación de la hoja) (CS)

Se evaluó el color secundario durante la floración, registrando colores en el haz y en el centro de la hoja, identificando un color diferente al color primario, este descriptor fue registrado mediante apreciación visual directa en campo, las cuales fueron descritas en la tabla 6 y figura 22.

Tabla 6

Escala de colores para color secundario de la hoja de amaranto

Nombre color	Código de Munsell
2.- Verde oliva	5GY 4/6; 5GY 4/4
3.-Rojo moderado	2.5R 5/6; 2.5R 4/8
6.-Rojo púrpura	5RP 4/8; 5RP 4/10; 5RP 3/4; 5RP 3/8; 5RP 3/10; 5RP 3/6
7.-Púrpura grisáceo oscuro	5RP 3/2

Figura 22

Color secundario de las diferentes accesiones identificados en la colección de amaranto



3.4.9. Color del envés de la hoja (CeH)

Este descriptor fue determinado mediante observación directa, se realizó durante el tiempo de floración, registrando colores en el envés de la hoja para lo cual se utilizó la tabla de colores de Munsell para tejidos vegetales siguiendo la escala presente en la tabla 7 y figura 23.

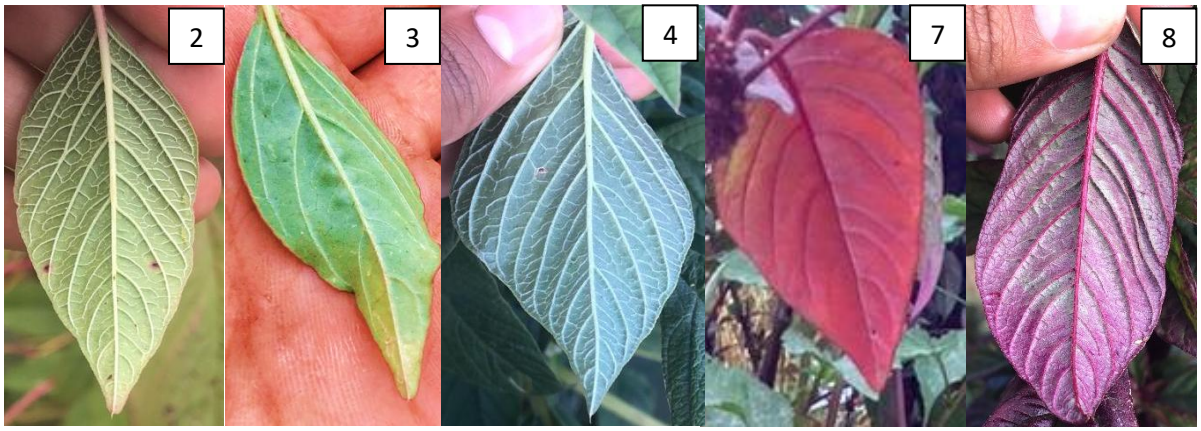
Tabla 7

Escala de colores para envés de la hoja

Nombre color	Código de Munsell
2.-Verde oliva	2.5GY 5/4; 2.5GY 6/4; 2.5GY 5/2; 5GY5/4; 5GY 6/4
3.-Verde amarillento moderado	7.5GY 6/4; 7.5GY 5/4
4.-Verde oliva grisáceo	7.5GY 4/2
7.-Rojo grisáceo	2.5R 4/2
8.-Rojo púrpura grisácea	5RP 5/2

Figura 23

Características de color del envés identificados en la colección de amaranto



3.4.10. Color del tallo (CT)

Se evaluó el color del tallo durante la floración, este descriptor fue registrado por observación directa en campo, la cual se considera que esta característica es altamente variable en cuanto sus colores, identificando al menos 10 ramas de colores de acuerdo a la tabla 8 código Munsell, (Figura 24).

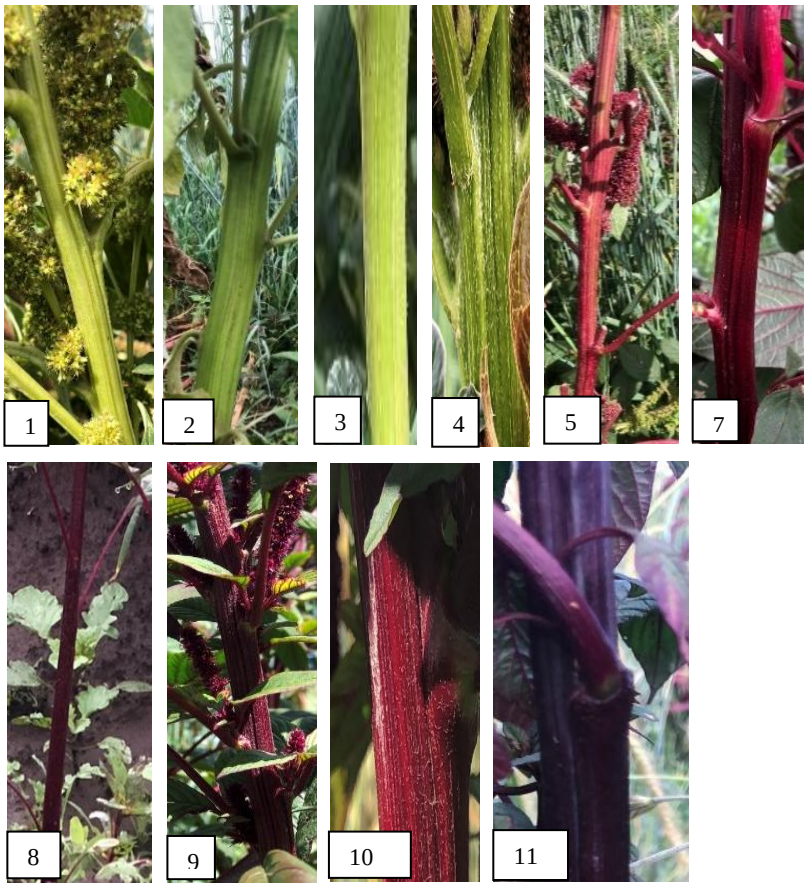
Tabla 8

Escala de colores para tallos de amaranto

Nombre Color	Código Munsell y Royal
1.-Amarillo verdoso fuerte	5GY 6/8; 5GY 7/10; 2.5GY 6/10; 2.5GY 6/6; 2.5GY 7/8; 5GY 5/10
2.- Verde oliva	2.5GY 5/4; 2.5GY 7/6
3.- Amarillo verdoso claro	2.5GY 8/6; 2.5GY 8/4
4.- Amarillo verdoso moderado	5GY 6/6
5.- Rojo grisáceo	2.5R 4/6
7.- Rojo oscuro	5R 3/4; 5R 3/6; 5R 3/8; RED GROUP 53 A
8.- Rojo púrpura	5RP 3/10; 5RP 3/4; RED-PURPLE GROUP59 A; RED-PURPLE GROUP59 B
9.- Púrpura grisáceo oscuro	5RP 3/2
10.- Rojo púrpura grisáceo	5RP 6/8
11.- Café rojizo claro	5YR 6/4

Figura 24

Variación de colores en el tallo de las diferentes accesiones identificados en la colección de amaranto



3.4.11. Color de las estrías del tallo (CeT)

La evolución del color de las estrías del tallo está en función si la accesión presenta o no presenta esta característica, la evaluación se lo realizo durante el tiempo de floración, registrando al menos 6 ramas de colores la cuales fueron descritas según la tabla 9 código Munsell, (Figura 25).

Tabla 9

Escala de colores para estrías del tallo

Nombre color	Código Munsell
1.-Amarillo verdoso	5GY 7/8
2.- Amarillo verdoso fuerte	2.5GY 6/8
3.- Rojo moderado	2.5R 4/8
4.- Rosado	2.5R 7/6
5.- Rojo oscuro	5R 3/6; 5R 4/8
6.- Rojo púrpura	5RP 3/10; 5RP 4/12;5RP 4/8; 5RP 5/8

Figura 25

Caracterización de color de estrías en el tallo



3.3.1. Índice de ramificación (IR)

Está caracterización se toma durante la madurez fisiológica, ya que sus ramificaciones están totalmente formadas y fueron evaluadas acorde a la siguiente escala:

- 1=Sin ramificaciones.
- 2=Pocas ramificaciones cerca del tallo.
- 3=Muchas ramas cerca de la base del tallo.
- 4=Ramas a lo largo del tallo.

3.3.2. Densidad de la inflorescencia (DI)

Está caracterización se toma durante la madurez fisiológica, se identificó mediante apreciación visual directa en campo y se evaluó cuando las flores están completamente formadas, en base a las siguientes categorías, (Figura 26).

- **3=Laxa:** Las flores no están agrupadas estrechamente.
- **5=Media:** No están demasiado espaciadas ni demasiado estrechas.
- **7=Densa:** Muchas flores en un espacio reducido.

Figura 26

Aspectos de la densidad de la inflorescencia identificados en la colección de amaranto



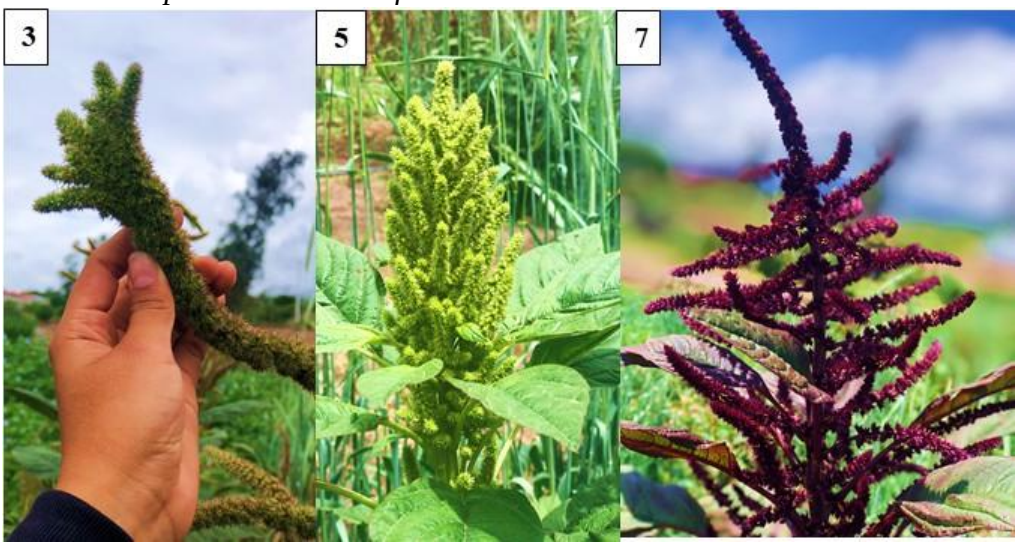
3.3.3. Compactación de la inflorescencia (CI)

Está caracterización se toma durante la floración, se identificó mediante apreciación visual directa cuando las flores están completamente formadas, presentando siguientes categorías, (Figura 27).

- **3=Compacta:** Apariencia uniforme, sin espacios visibles entre las flores individuales.
- **5=Intermedia:** Las flores tienen suficiente espacio entre ellas para ser claramente individuales, pero están lo suficientemente juntas para formar un grupo coherente.
- **7=Abierta:** Las flores están más separadas entre sí, permitiendo que haya más espacio entre ellas. No están agrupadas de manera apretada.

Figura 27

Variedad de compactación de la inflorescencia de amaranto



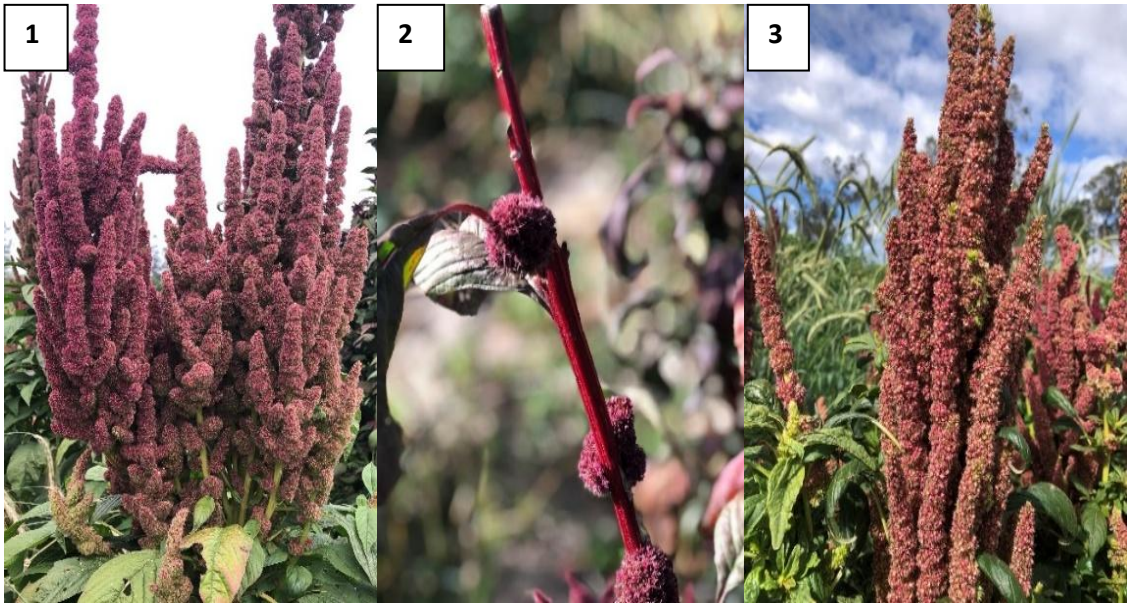
3.3.4. Tipo de inflorescencia (TI)

Está caracterización se toma durante la madurez fisiológica, se identificó mediante apreciación visual directa (Figura 28). las formas de inflorescencia en amaranto se clasifican comúnmente como:

- **1=Amarantiforme**: panícula elongada, con ramas secundarias evidentes; asociada con variedades más domesticadas, Las flores suelen estar muy juntas, creando una apariencia sólida.
- **2=Glomerulada**: inflorescencia densa, con glomérulos bien definidos. una apariencia globular o de pequeños nudos, donde los glomérulos pueden estar cercanos entre sí o distribuidos a lo largo de la planta.
- **3=Intermedia**: no tiene flores muy compactas, pero tampoco como una laxa.

Figura 28

Variedades de tipo de inflorescencia



3.3.5. Postura de la inflorescencia (PI)

Postura de la inflorescencia es un carácter morfológico cualitativo que describe el grado de curvatura de la panoja con respecto al eje principal del tallo. Está caracterización se registró durante la madurez fisiológica, la cual fue registrada por apreciación visual directa considerando la postura de acuerdo con los descriptores establecidos, esta característica está estrechamente relacionada con la genética de la planta, las condiciones de cultivo y su grado de domesticación (Figura 29).

- 3=Erecta o débilmente recurvada

- 5=Moderadamente recurvada
- 7= Fuertemente recurvada

Figura 29

Tipos de posturas de la inflorescencia



3.3.1. Duración de floración (DF)

Se consideraron los días transcurridos desde la siembra (febrero-marzo) hasta (abril-mayo) con una duración de dos a tres meses que se observa el 50% de las plantas que iniciaron la floración, (Figura 30).

Figura 30

Antesis



3.3.2. Color de la inflorescencia (CoIn)

Se evaluó al inicio de la madurez fisiológica en panojas bien formadas, ya que es en esta etapa en la que se presentan los colores más representativos, identificando al menos 14 ramas de colores la cuales fueron descritas según la tabla 10 código Munsell.

Tabla 10

Escala de colores para inflorescencia

Nombre color	Código de Munsell y Royal
3.- Rojo moderado	2.5R 4/10; 2.5R 4/8; 2.5R 5/10; 2.5R 5/8; 2.5R 5/6
4.- Marrón	2.5Y 6/6; 2.5YR 5/6; 7.5YR 5/4; 7.5YR 5/6
5.- Rojo oscuro	5R 3/6; 5R 3/4; 5R 4/6; 5R 3/10; 5R 5/6
6.- Rojo púrpura	5RP 3/10; 5RP 3/4; 5RP 3/6; 5RP 3/8; 5RP 4/12 RED-PURPLE GROUP 59 A
7.- Púrpura grisáceo oscuro	5RP 3/2
8.- Rojo púrpura grisácea	5RP 5/6; 5RP 6/6
9.- Amarillo oliva	5Y 6/6
10.-Café rojizo oscuro	5YR ¾
11.- Amarillo rojizo	5YR 6/6
12.- Café rojizo	5YR 5/4
13.- Púrpura claro	PURPLE GROUP N77 A
14.- púrpura oscuro	PURPLE GROUP N79 A

3.3.3. Días hasta la madures fisiológica (DM)

Se contabilizaron los días transcurridos desde la siembra hasta cuando se produjo la cosecha de las panojas, (Figura 31). Algunos indicadores de la madurez fisiológica en el amaranto incluyen:

- Caída de las panojas
- Cambio en el color de las panojas
- Caída de las semillas al ser manipuladas

Figura 31

Panoja lista para cosecha



Nota: Semillas bien formadas a simple vista.

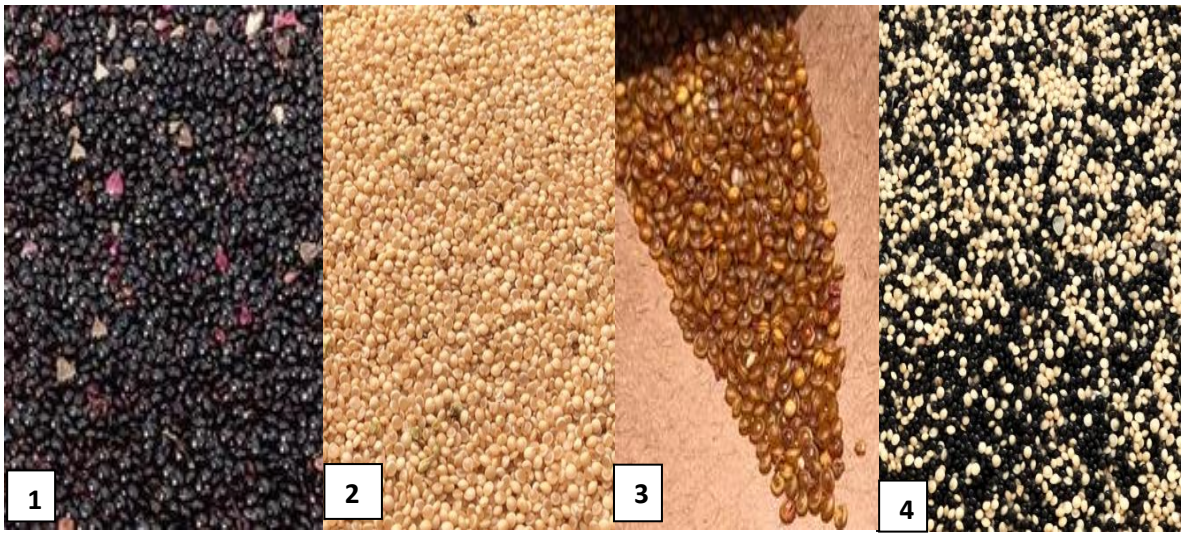
3.3.1. Color de la semilla (CS)

El color de la semilla fue registrado por apreciación visual directa considerando sus colores de acuerdo con la tabla 11 y figura 32.

Tabla 11
Escala de colores para semilla

Nombre color	Código de Royal RHS
1.-Negro	BLACK GROUP 203 A
2.- Crema medio	GREYED- YELLOW GROUP 162 D
3.- Café	GREYED-ORANGE GROUP 166 A
4.- Mezclas (negro y crema medio)	(YELLOW GROUP 162 D) Y (BLACK GROUP 203 A)

Figura 32
Variedad de colores de semilla de las diferentes accesiones identificados en la colección de amaranto



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la presente investigación estuvo contemplado la caracterización de 149 accesiones de amaranto, sin embargo, 57 presentaron problemas de viabilidad y daño por el temporal de lluvia, por lo que finalmente se evaluó 92 accesiones. Finalizando la investigación, las semillas fueron entregadas al Banco Nacional de Germoplasma del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos para su conservación.

4.1.1 Caracterización morfológica y fenológica

A continuación, se describen las características morfológicas y fenológicas identificadas en la colección de amaranto en función de las etapas de desarrollo del cultivo

Dentro del grupo de las 17 variables cualitativas se identificaron 2 variables que presentan una sola característica, es decir todos los materiales evaluados presentan pubescencia de la hoja, así como pubescencia del tallo.

4.2 Evaluación fenológica de la colección de amaranto

Para obtener la variabilidad de los datos cuantitativos del amaranto se tomaron los días de germinación, los días de la duración de la floración, y días hasta la madurez fisiológica, a continuación, se detalla.

4.2.1 Días a la germinación en la colección de amaranto

Para el descriptor vegetativo se detalla que para los días de germinación en las 92 accesiones hubo plantas precoces que germinaron a los 6 días que son la accesión ECU-3826, mientras que 17 de las accesiones (ECU-110, ECU-111, ECU-122, ECU-123, ECU-124, ECU-127, ECU-128, ECU-129, ECU-130, ECU-132, ECU-134, ECU-135, ECU-136, ECU-3827, ECU-8457, ECU-8478, ECU-9076) tardaron 11 días dando una media de 8 días en todas las accesiones, con un coeficiente de variación de 19.66% (Tabla 12).

Tabla 12

Medidas de resumen para variables agronómicas relacionadas con las etapas fenológicas en la colección de amaranto

Variable	Medida	Coeficiente de variación	Valor min	Valor máx.
Días a la germinación	7.90	19.66	6.00	11.00
Días a la floración	87.55	18.50	41.00	129.00
Días a la madurez fisiológica	191.12	8.68	152.00	214.00

4.2.2 Días a la floración en la colección de amaranto

Ahora con respecto a los días a la floración existe diferencia entre los días a la germinación ya que las accesiones variaron en lo que se refiere a días a la floración, la accesión ECU-125 fue la que más rápido llego a su periodo de floración a los 41 días mientras que las accesiones que más se tardaron fueron ECU-070, ECU-110, ECU-171 con 129 días (Tabla 12).

4.2.3 Días a la madurez fisiológica en la colección de amaranto

Una variable que serviría para definir los mejores prototipos, para materiales promisorios seria días a la madurez fisiológica las accesiones que más rápido se cosecharon fueron ECU-3826 a los 152 días, mientras que las accesiones ECU-075, ECU-111, ECU-122 fueron las más tardías a los 214 días (Tabla 12).

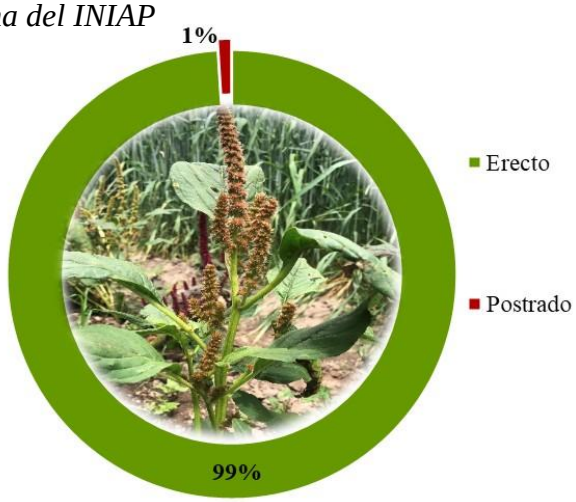
4.3 Caracterización morfológica

4.3.1 Hábito de crecimiento de la planta

En relación con la variable hábito de crecimiento, se observó que el 99 % de las accesiones evaluadas presentan hábito tipo erecto y el 1% que corresponde a la accesión ECU-110 presenta la forma postrada (Figura 33). En relación con los resultados obtenidos por Delgado (2022), menciona que el 88 % de las muestras de amaranto evaluadas presentaron hábito erecto, mientras que el restante correspondía a tipos postrados y semierguido, este último hábito de crecimiento no fue identificado en la presente investigación. Según Andrango (1987) el hábito de crecimiento tipo erecto siéndose convierte en ventaja productiva para los agricultores porque evita la competencia con arvenses en el lote.

Figura 33

Categorías de hábitos de crecimiento identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

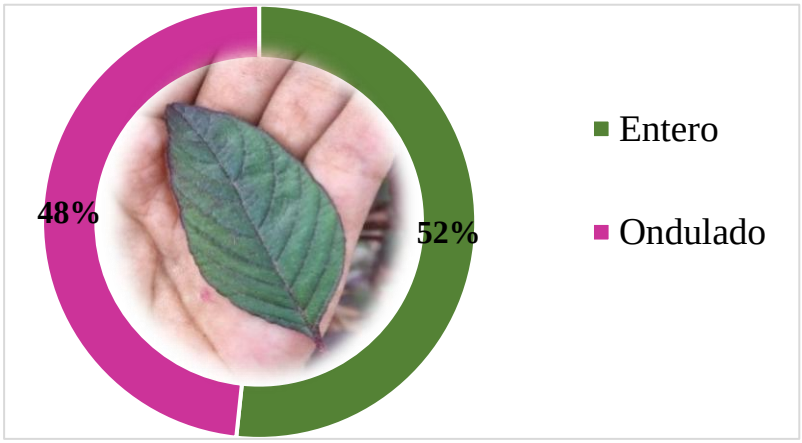


4.3.2 Forma del margen de la hoja

En la figura 37 muestra dos categorías: La primera característica agrupa a las hojas que presentan una forma del margen de hoja entero, esta clase presentó el 52% que corresponde a las 46 accesiones, lo cual indica que es la forma de margen más común dentro de la muestra estudiada. Y por otro lado 43 accesiones muestra una forma del margen de la hoja ondulado que presenta un 48 %. Dado que en el estudio de Delgado (2022) el margen entero fue más frecuente, podría hipotetizarse que este se asocia dominante en provincias como Tungurahua y Cañar, donde la diversidad genética se ha reducido drásticamente y predomina un solo genotipo (G1 > 96%) en cambio, la presencia equivalente del margen ondulado podría reflejar una herencia mantenida en poblaciones con mayor variabilidad, como aquellas de la provincia de Imbabura, donde se ha documentado una mejor conservación genética del ataco

Figura 34

Porcentaje de formas de margen de la hoja identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

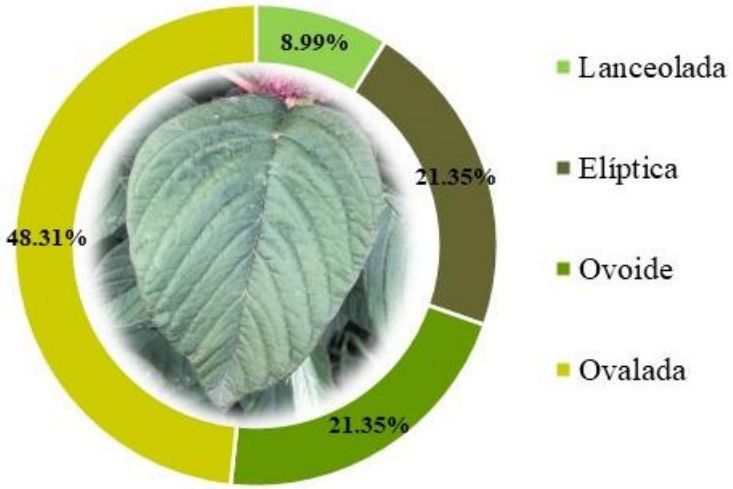


4.3.3 Forma de la hoja

Se identificaron cuatro tipos principales de forma de la hoja (Figura 38), que muestra que en 8 accesiones se tuvo una forma de la hoja lanceolada que presento un 9% de FR, en 19 accesiones se obtuvo una forma de la hoja elíptica teniendo el 21%, por otro lado 19 accesiones se obtuvo una forma ovoide teniendo el 21%, y finalmente en 43 accesiones presento forma de la hoja ovalada con el 48%. Estos hallazgos son coherentes con los resultados de Delgado (2022) quien señala que, dentro del grupo de caracteres cualitativos analizados en accesiones, las formas foliares más frecuentes corresponden a morfologías ovaladas u ovoides, lo que refleja una baja diversidad en este rasgo, pero una clara tendencia hacia estas morfologías dominantes.

Figura 35

Porcentaje de la forma de la hoja identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP



4.3.4 Color principal de la hoja

En la figura 34 la predominancia del color verde oliva en las hojas de amaranto, presenta en el 82.2%, que corresponde a 73 accesiones evaluadas, es coherente este resultado ya que con estudios previos señalan este color como el fenotipo foliar más común en variedades cultivadas de *Amaranthus* spp. (Rastogi & Shukla, 2013) el color verde se asocia frecuentemente con una mayor eficiencia fotosintética y adaptabilidad agroclimática.

El color verde amarillento presenta un 10.1 % que corresponde a 9 accesiones evaluadas, verde oliva grisáceo con 5.4% presenta 5 accesiones evaluadas, además Delgado (2022) dice que el color de la hoja fue significativamente discriminante entre grupos de accesiones de diferentes provincias estudiadas. Por otro lado, la presencia del color

púrpura grisáceo oscuro tiene el 2.2% que corresponde al ECU-031 y ECU-032 evaluadas que podría estar relacionada con la acumulación de antocianinas, compuestos secundarios que además de conferir pigmentación tienen funciones protectoras frente a radiación UV, estrés hídrico (Caselato Sousa y Amaya Farfán, 2012).

Figura 36

Porcentaje de colores principales identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

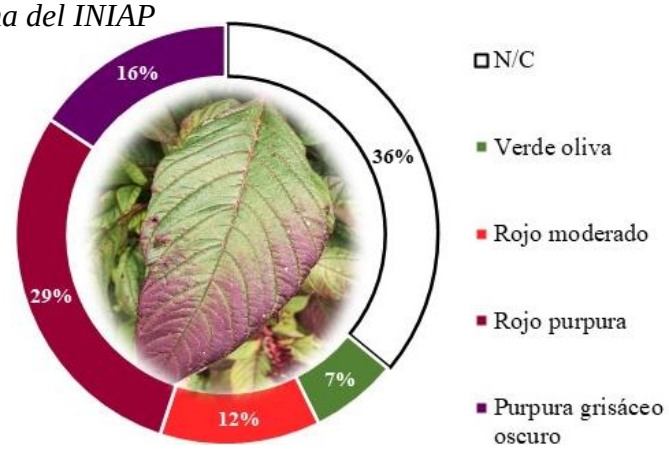


4.3.5 Color secundario de la hoja

En la figura 35 presenta que 32 accesiones con el 36% no mostraron coloración foliar secundaria, mientras que otras plantas presentaron diferentes tonalidades (verde oliva, rojo y púrpura) del total pigmentado, la característica más frecuente fue rojo púrpura correspondiente a 14 accesiones que presento el 29% y la menos común verde oliva correspondiente a 6 accesiones que presento el 7%. Estos datos sugieren la existencia de dos morfotipos principales: uno de hojas mayormente verdes y otro con intenso pigmento rojo/púrpura, con resultados similares de Delgado y Martin (2022) en ***(****Amaranto quitensis)* identificaron dos grupos genéticos asociados a morfotipos de color (uno con pigmentación púrpura generalizada y otro con hojas verdes).

Figura 37

Porcentaje de colores secundarios identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

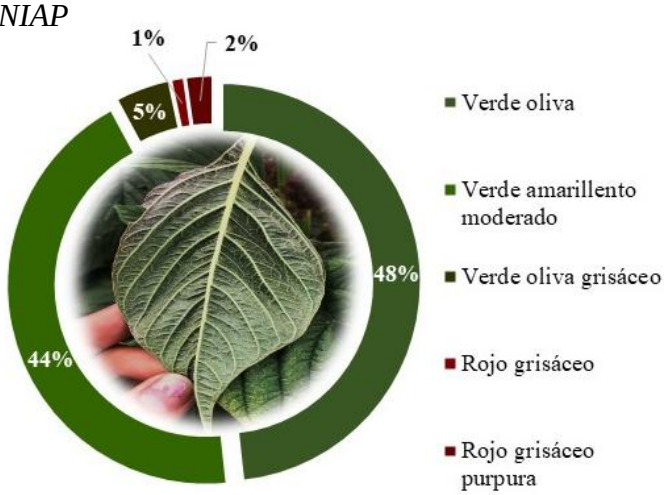


4.3.6 Color del envés de la hoja.

En la figura 36 mostró la presencia de cinco colores distintos en el envés de las hojas, con una predominancia clara del verde oliva (48 %) correspondiente a 43 accesiones y del verde amarillento moderado (44 %) que corresponde a 39 accesiones, mientras que otros tonos menos comunes como la verde oliva grisáceo (4 %) que corresponde a las accesiones ECU-039,ECU-051,ECU-171,ECU-172, por otra lado el rojo grisáceo (1 %) que corresponde a la accesión ECU-8457 y rojo grisáceo púrpura (2 %) corresponde a las accesiones ECU-031 y ECU-032 que estuvieron presentes en cantidades menores. Esta diversidad de colores es consistente con lo reportado en la investigación de Delgado y Martin (2022), quienes identificaron una gran variabilidad morfológica entre accesiones de ataco, siendo el color foliar uno de los caracteres más polimórficos y discriminantes.

Figura 38

Porcentaje de color del envés identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP



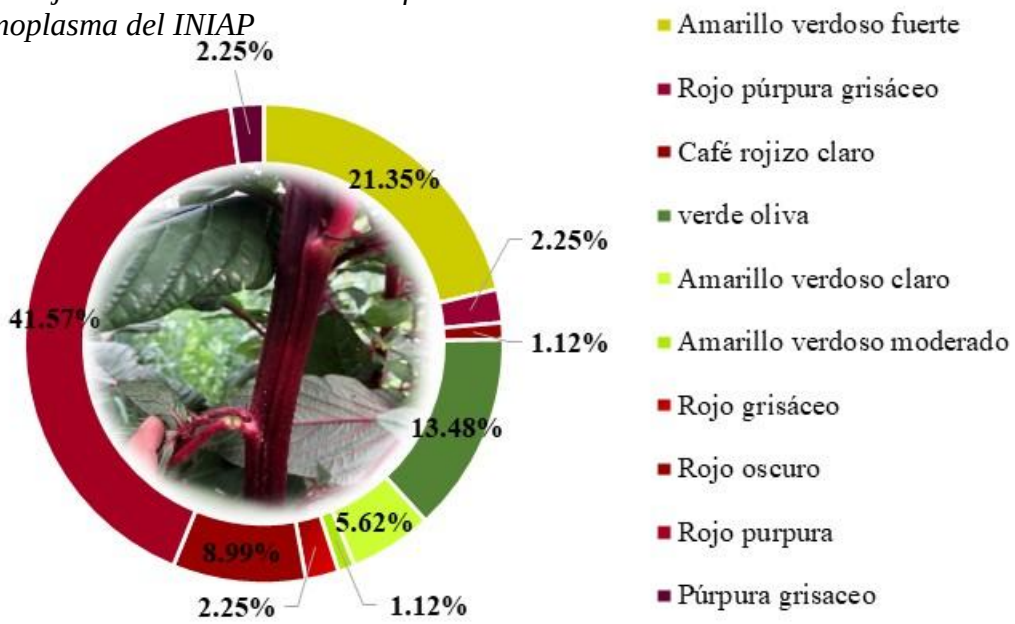
4.3.7 Color del tallo

Para color del tallo presentó 10 colores de lo cual 19 accesiones presentaron el color amarillo verdoso fuerte dando un porcentaje de 21%, por otro lado, en la accesión ECU-3828 y ECU-3829 presentó el color rojo púrpura grisáceo con el 2%, para el color café rojizo claro se presentó este tono en la accesión ECU-028 dando así el 1%, en 12 accesiones presentó el color verde oliva dando un porcentaje del 13%, en 5 accesiones presentó el color amarillo verdoso claro dando 6%, para el color amarillo verdoso moderado presentó en la accesiones ECU-143 dando así el 1%, en las accesiones ECU-3826 y ECU-8478 presentó el color rojo grisáceo dando el 2%, en 8 accesiones presentó el color rojo oscuro con un porcentaje del 9% , las 37 accesiones correspondientes presento el color rojo purpura con el 42%.

Finalmente, el color púrpura grisáceo oscuro correspondió a las accesiones ECU-031 y ECU-032 con un 2% de FR. Según Delgado y Martin (2022), identificaron una asociación significativa entre los grupos genéticos y la pigmentación del tallo, dividiendo las accesiones en dos grandes morfotipos: uno intensamente pigmentado (con tallos rojo púrpura) y otro menos pigmentado (con tallos verdes o rosados), el predominio del color rojo púrpura en este estudio podría sugerir que es una porción importante de las plantas analizadas que pertenece al grupo genético dominante.

Figura 39

Porcentaje de color de tallo identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP



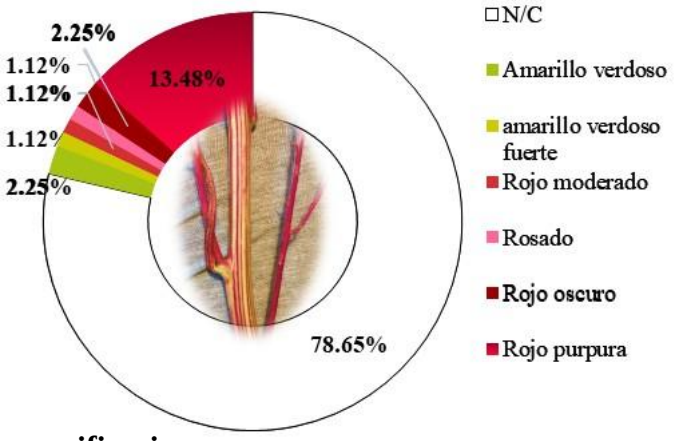
4.3.8 Color de las estrías del tallo

La mayor parte de los tallos tienen estrías sin color dando así un 78.65% de 70 accesiones en total, en cuanto las accesiones ECU-028 y ECU-9076 tiene color amarillo verdoso con un porcentaje de 2.25%, en la accesión ECU-036 tiene el color amarillo verdoso fuerte con 1.2 % de FR, también se obtuvo la accesión ECU-4691 con color rojo moderado con 1.2%, y de igual manera el color rosado presento en la accesión ECU-8478 con 1.2 %, el color rojo oscuro presento en las accesiones ECU-026 y ECU-174 con 2.5%. La frecuencia del 13.48% indica un total de 12 accesiones lo que es un número considerable de tallos que tiene estrías con un color más intenso, pero aún es menor que la de tallos sin color. Las estrías del tallo fueron un carácter útil para distinguir grupos de accesiones dentro del análisis morfológico. Según Delgado (2022) observó que la presencia o ausencia de estrías, así como su coloración (en muchos casos púrpura o rojiza), estaban asociadas con otros caracteres como el color

del tallo e inflorescencia. En especial, destacó que en algunos genotipos se observaban estrías púrpuras intensas sobre tallos verdes, lo cual generaba un contraste morfotípico distintivo.

Figura 40

Porcentaje de color de estrías identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

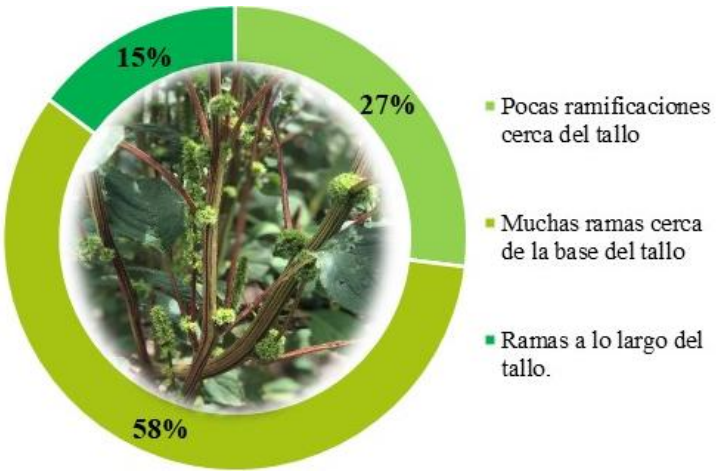


4.3.9 Índice de ramificaciones

Se puede observar que la que predomina constituye en muchas ramas cerca de la base del tallo, dando un total de 52 accesiones evaluadas con un porcentaje del 58%, Esto indica que la mayoría de las plantas estudiadas tienen un nivel intermedio de ramificación. Con menor frecuencia se obtuvo pocas ramificaciones cerca del tallo presentando el 27% con respecto a las 24 accesiones y muchas ramas cerca de la base del tallo representando el 15% respectivamente a las 14 accesiones. En relación con los resultados obtenidos según Delgado (2022) se observó que el 99.3 % (138 de 139 accesiones) presentaron ramificación a lo largo de todo el tallo, lo cual fue considerado como un carácter monomórfico. Solo una accesión (A78, de la provincia de Imbabura, Colecta B) mostró un patrón diferente, con “muchas ramas cerca de la base del tallo.

Figura 41

Porcentaje de índice de ramificaciones identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplas

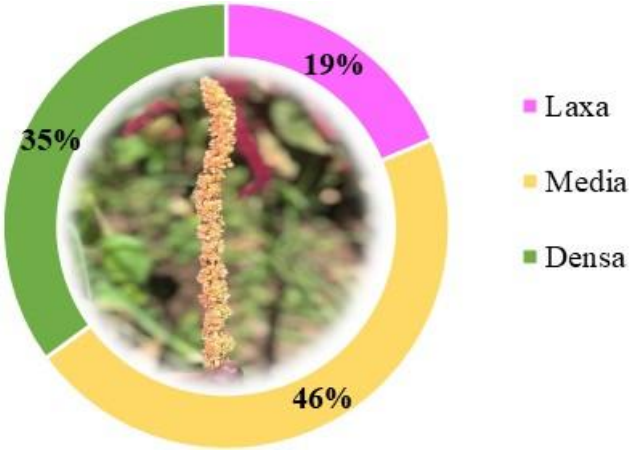


4.3.10 Densidad de la inflorescencia

La más representativa en términos de densidad de inflorescencia es la característica media, con 42 accesiones y un porcentaje del 46%. Esto sugiere que la mayoría de las plantas presentan una densidad de inflorescencia media. Por consiguiente, se tiene inflorescencias densas, que representa 32 accesiones dando el 35% FR. Y finalmente la inflorescencia laxa con menor densidad teniendo 17 accesiones con un porcentaje total del 18%. En la literatura andina, se observa que la densidad intermedia suele predominar en las variedades locales como constata Pulles (2011) Estos antecedentes apoyan la validez de nuestras características y proporcionan nuestros resultados (Figura 42) una distribución cualitativa de densidades similar a la observada en otras poblaciones de amaranto estudiadas, donde las panojas intermedias son lo más común.

Figura 42

Porcentaje de densidad de la inflorescencia identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

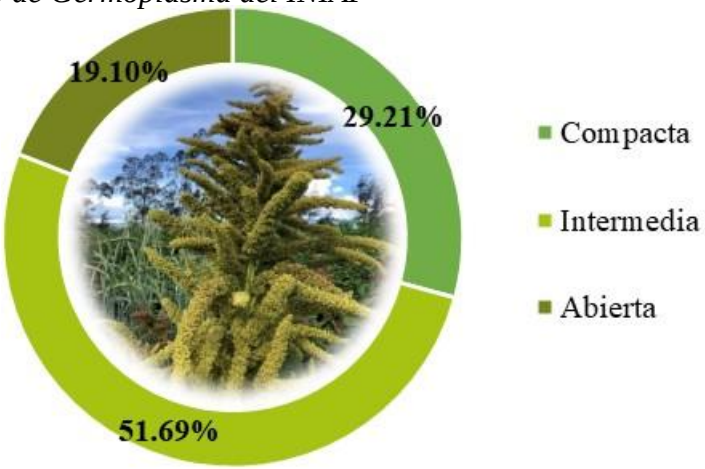


4.3.11 Compactación de la inflorescencia

En la figura 43 encontramos que el 51.69% de las plantas presentaron inflorescencias de densidad intermedia correspondientes a 46 accesiones, 29.21% compactas que corresponden a las 26 accesiones y 19.10% abierta que corresponde a las 17 accesiones. Esta distribución con predominio de la categoría intermedia concuerda en parte con Subía (2012) que reportó en poblaciones nativas de México que aproximadamente el 65% de las plantas tenía panojas de densidad intermedia, mientras que solo 18% fueron compactas y 18% abiertas.

Figura 43

Porcentaje de la compactación de la inflorescencia identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

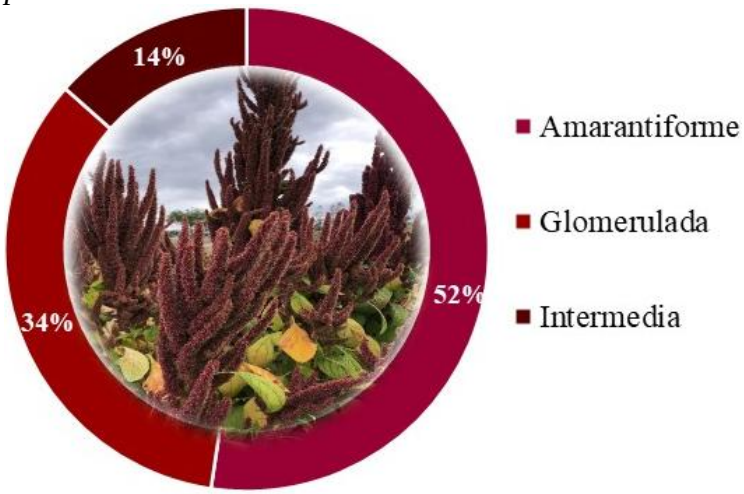


4.3.12 Tipo de inflorescencia

Para la variable de tipo de inflorescencia se observó que predominó tipo amarantiforme presentando 47 accesiones y un porcentaje del 52%, esto indica que más de la mitad de las plantas tienen este tipo de inflorescencia. Por otro lado, sigue la inflorescencia Glomerulada, con el 34% correspondientes a 31 accesiones, y por último el tipo de inflorescencia intermedia menos común presentando 12 accesiones con el 13%. Según Delgado (2022) reportaron resultados similares, en su estudio las formas de amarantiformes predominaron en las accesiones de Imbabura y Tungurahua, mientras que las formas glomeruladas fueron más comunes en ciertas colectas de Cañar, las inflorescencias intermedias fueron poco frecuentes. Asimismo, Andrango Juan (1987) observó que la forma semicompacta y amarantiforme fue la más frecuente, y que estas estaban relacionadas con una mejor resistencia al vuelco y mayor rendimiento.

Figura 44

Porcentajes de tipo de inflorescencia identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

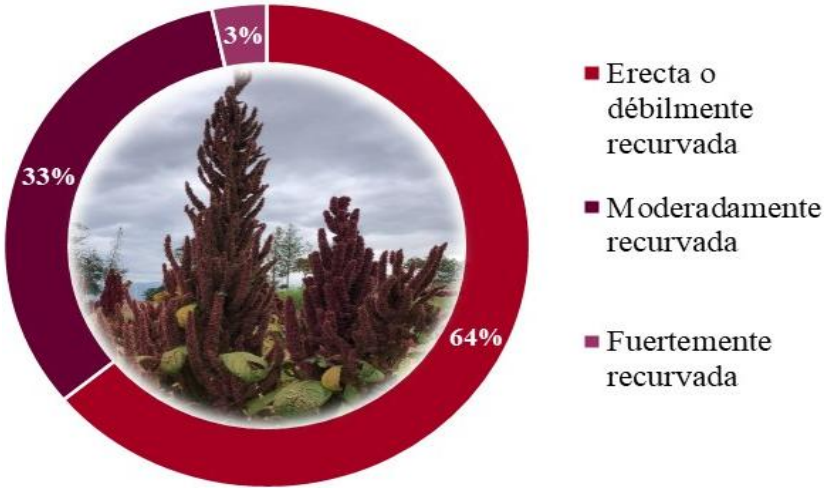


4.3.12 Postura de la inflorescencia

En la figura 45 presenta que la más frecuente en postura de la inflorescencia, con una característica de postura erecta o débilmente recurvada, que representa el 64% que corresponde a las 57 accesiones**.** Asimismo, con una postura de la inflorescencia Moderadamente recurvada, constituye el 33% corresponde a 29 accesiones lo cual también es significativo y por último se tiene postura de la inflorescencia fuertemente recurvada que presenta el 3 % que corresponde a las accesiones ECU-110, ECU-111 y ECU-122, es la menos frecuente. También observo (Delgado, 2022), una clara predominancia de la postura erecta de la inflorescencia, especialmente en accesiones de Imbabura y Tungurahua. De forma similar, Andrango Juan (1987) relacionó la postura erecta con una mayor adaptabilidad agronómica y con mejores niveles de rendimiento en condiciones de campo.

Figura 45

Porcentaje de postura de la inflorescencia identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP



4.3.13 Color de la inflorescencia

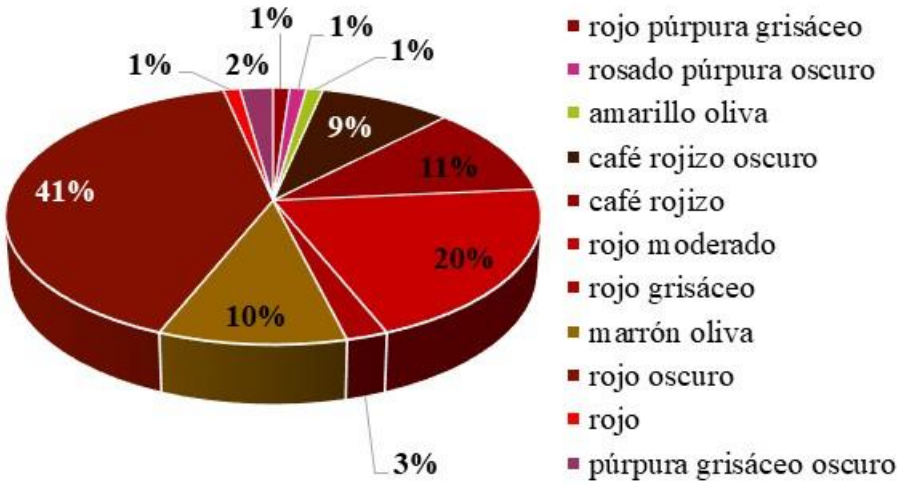
Con respecto al color de la inflorescencia se identificaron 11 diferentes colores (figura 46), el más común en las panojas es el color rojo oscuro presentando 36 accesiones con el 40% lo cual indica que el color representado por esta característica predomina significativamente en las plantas. Luego le sigue en frecuencia el color rojo moderado con el 20% que corresponde a 18 accesiones y el café rojizo que constituye a 10 accesiones con el 11%.

El resto de los colores presentan una distribución menor, con frecuencias relativas que van del 1% al 10%. Como señalan Delgado y Martin (2022) una fuerte asociación entre

color de inflorescencia y grupos genéticos, donde los tonos más oscuros (rojo púrpura y púrpura grisáceo) fueron característicos de accesiones con mayor estabilidad genética. Asimismo, Jiménez (2017) observó que especies como *Amaranthus cruentus* y *A. caudatus* presentan inflorescencias predominantemente de colores cromáticos con amarillo, mientras que *A. quitensis* se caracteriza por tonos acromáticos con negro-azul/violeta (75%). Esto confirma la alta variabilidad cromática de la inflorescencia entre especies y variedades.

Figura 46

Porcentaje de color de la inflorescencia identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

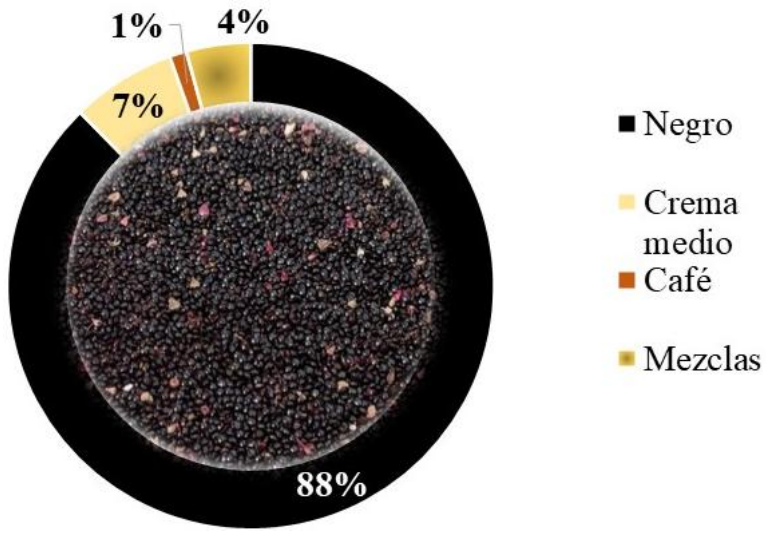


4.3.14 Color de la semilla

Para la variable color de semilla se observaron 4 colores significativos (Figura 47), el color negro es la más frecuente en las semillas, presentando el 88% que corresponde a 76 accesiones, esto indica que la gran mayoría de las semillas en la muestra tienen color negro, el color crema medio es el siguiente más frecuente, pero solo representa el 7% que corresponde a las accesiones ECU-138, ECU-3827, ECU-3884, el color café presenta una frecuencias relativas del 1% que corresponde a la accesión ECU-144 y mezclas (negro y crema medio) con el 4% que corresponde a las accesiones ECU-172 , ECU-3828 , ECU-3829 y ECU-16645, Se encontró resultados similares, según Ruiz et al., (2018)**,** en la caracterización de germoplasma en México, señalaron que los colores de semilla más comunes incluyen amarillo pálido, rosa, café, negro y blanco. Estos colores están influenciados por el color del episperma, y son considerados como caracteres estables y discriminantes para la identificación varietal.

Figura 47

Porcentaje de color de la semilla en 445 plantas identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

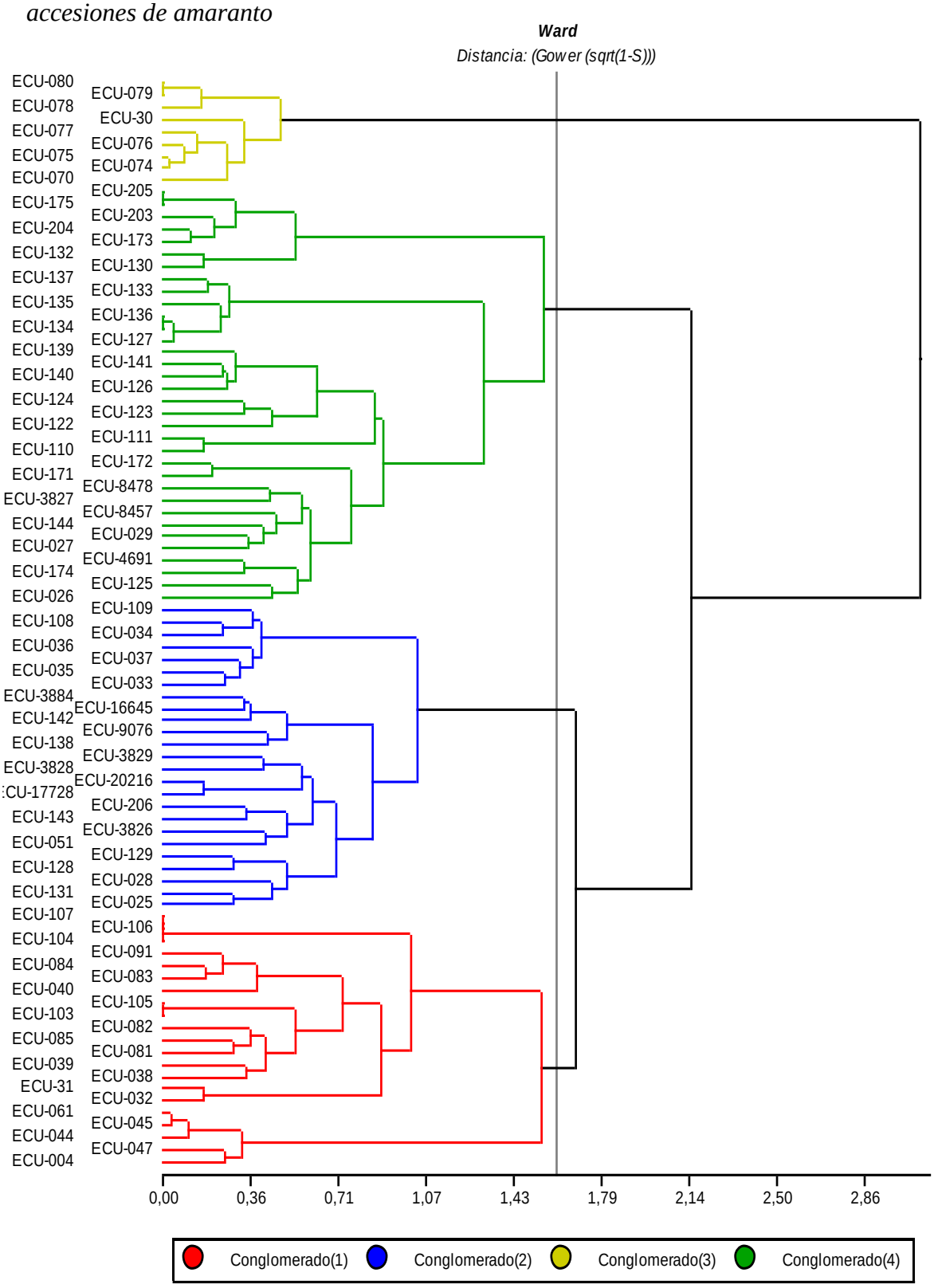


4.4 Análisis de conglomerados en una población del cultivo de amaranto

El análisis de conglomerado fue realizado con el método de agrupamiento de Ward. Los resultados permitieron identificar la conformación de 4 grupos con las 92 accesiones, con una correlación cofenética de 0.462, valor que es considerado moderado para estudios de agrupamiento (Figura 48).

Figura 48

Dendrograma obtenido por análisis de conglomerados para 20 variables en las 92 accesiones de amaranto

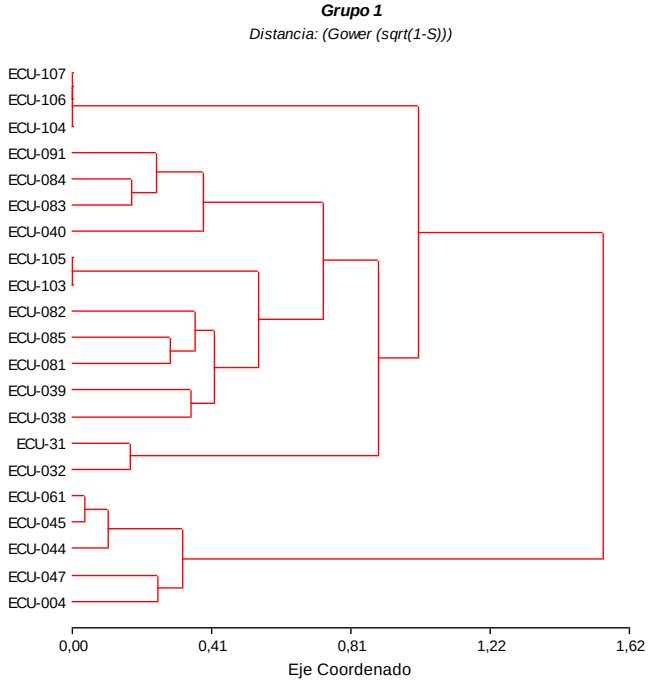


Nota. Dendrograma de agrupamiento jerárquico de Ward que muestra las relaciones morfológica y fenologicas entre las 92 accesiones de amaranto, utilizando la distancia de Gower.

- **Grupo 1:** Está conformado por 21 accesiones; ECU-004, ECU-047, ECU-044, ECU-045, ECU-061, ECU-032, ECU-031, ECU-038, ECU-039, ECU-081, ECU-085, ECU-082, ECU-103, ECU-105, ECU-040, ECU-083, ECU-084, ECU-091, ECU-104, ECU-106, ECU-107 (Figura 49). Las accesiones dentro de este grupo se conglomeran a una distancia máxima cercana de 1.05 aproximadamente, encontrando que hay accesiones que marcan duplicidad en relación a las características morfológicas y que al estar relacionadas a un valor cero, las cuales son: **ECU-107; ECU-106 y ECU-104**, de igual manera las accesiones **ECU-105 y ECU-103**.

Figura 49

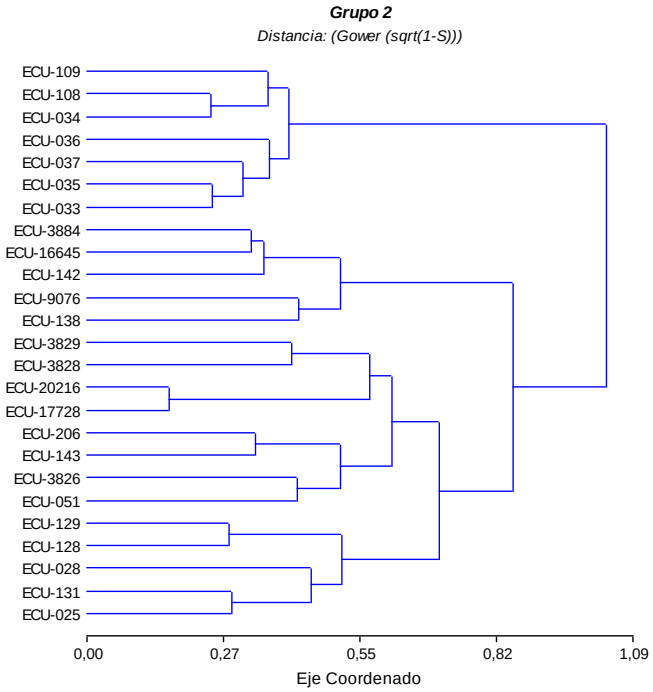
Dendrograma de 21 accesiones que forman el Grupo 1.



- **Grupo 2:** Como se muestra en la figura 50, está conformado por 25 accesiones; ECU-025, ECU-131, ECU-028, ECU-128, ECU-129, ECU-051, ECU-3826, ECU-143, ECU-206, ECU-17728, ECU-20216, ECU-3828, ECU-3829, ECU-138, ECU-9076, ECU-142, ECU-16645, ECU-3884, ECU-033, ECU-035, ECU-037, ECU-036, ECU-034, ECU-108, ECU-109, que se conglomera a una distancia máxima de 1.07, en este grupo no se identifican materiales duplicados.

Figura 50

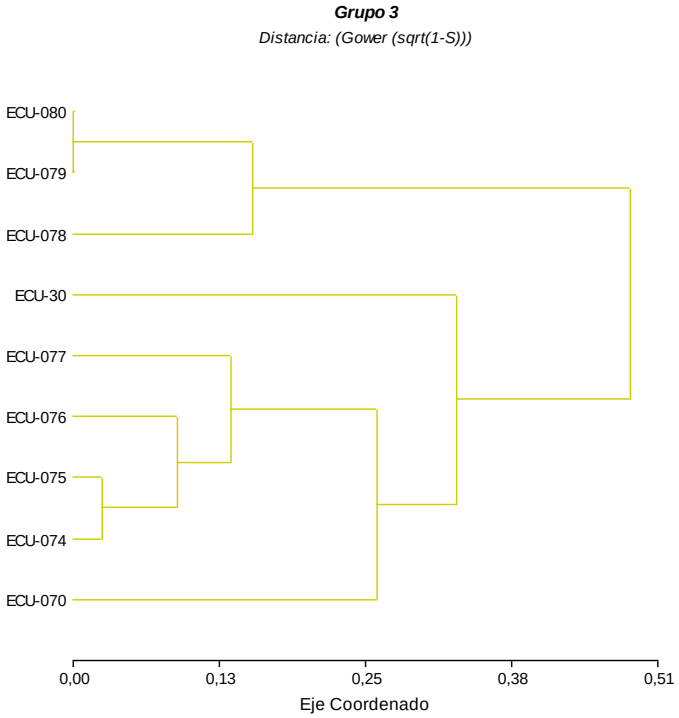
Dendrograma de 25 accesiones que forman el Grupo 2.



- **Grupo 3:** Se observa que está conformado por 9 accesiones; ECU-030, ECU-070, ECU- 074, ECU-075, ECU-076, ECU-077, ECU-078, ECU-079, ECU-080, que se conglomera a una distancia cercana de 0.51 aproximadamente, encontrando que hay accesiones que marcan duplicidad en relación a las características morfológicas y que al estar relacionadas a un valor cero: **ECU-080 y ECU-079** (Figura 51).

Figura 51

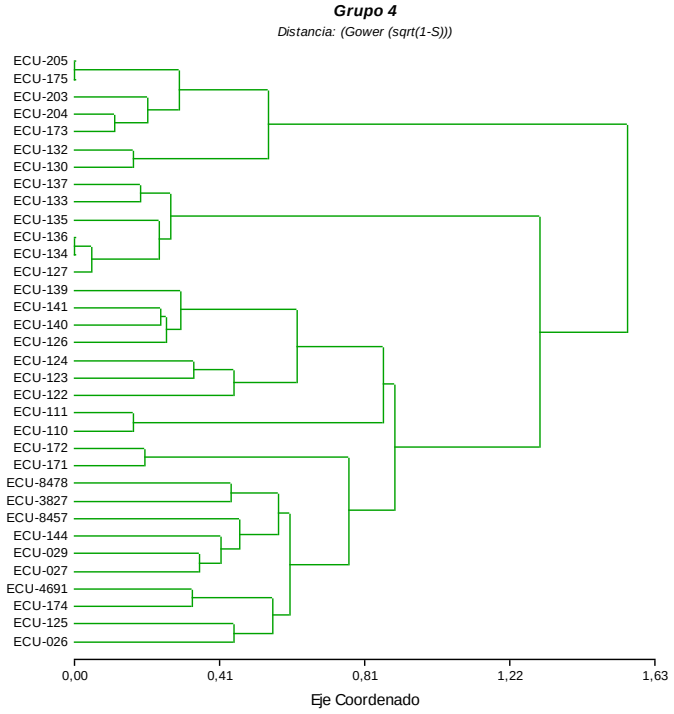
Dendrograma de 9 accesiones que forman el Grupo 3.



- **Grupo 4:** Como se muestra en la figura 52 está conformado por 34 accesiones; ECU-026, ECU-125, ECU-174, ECU-4691, ECU-027, ECU-029, ECU-144, ECU-8457, -3827, ECU-8478, ECU-171, ECU-172, ECU-110, ECU-111, ECU-122, ECU-123, ECU-124, ECU-125, ECU-126, ECU-140, ECU-141, ECU-139, ECU-127, ECU-134, ECU-136, ECU-135, ECU-133, ECU-137, ECU-130, ECU-132, ECU-173, ECU-204, ECU-203, ECU-175, ECU-205, se conglomera a una distancia máxima cercana de1.59 aproximadamente, encontrando submuestras duplicadas con un valor de cero, las cuales son: **ECU-205 y ECU-175**, de igual manera se encuentra duplicados a un valor de cero: **ECU-136 y ECU-134**.

Figura 52

Dendograma de 34 accesiones que forman el Grupo 4.



4.5 Análisis del valor discriminante para los caracteres cualitativos y cuantitativos

Para poder seleccionar los descriptores discriminantes cualitativos y cuantitativos se aplicó los parámetros estadísticos que se detallan a continuación.

4.6 Caracteres cuantitativos

Los valores discriminantes para los caracteres cuantitativos se evaluaron mediante la prueba de Fisher al 5%, lo que permitió plasmar las posibles comparaciones entre grupos.

se determinó que las tres variables cuantitativas resultaron ser significativas para la diferenciación de grupos (Tabla 13).

Tabla 13

Valores promedios para caracteres cuantitativos (norma apa)

Variable	Grupo 1 (21)	Grupo 2 (25)	Grupo 3 (9)	Grupo 4 (39)	CV	P Valor
Días a la germinación	7.19 ± 0.14 B	7.44±0.12 B	7.56±0.21 B	8.76±0.11 A	17.67	<0.0001
Días de la floración	81.70± 1.55 B	88.28±1.42 A	86.11±2.36 AB	91.00±1.22 A	18.10	<0.0001
Días hasta la madurez fisiológica	186.28±1.48 B	183.52±1.36 B	194.89±2.27 A	198.71±1.17 A	7.96	<0.0001

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

El análisis de las variables cuantitativas relacionadas con la caracterización del amaranto reveló diferencias significativas entre los grupos de accesiones en cuanto a los días a la germinación, días a la floración y días hasta la madurez fisiológica. Estas diferencias sugieren una variabilidad genética considerable, lo que es esencial para los programas de mejoramiento genético.

En cuanto a la germinación, las accesiones de los Grupos 1,2 y 3 mostraron una emergencia más rápida entre 7 dias aproximadamente mientras que en el Grupo 4 con 8.76 días teniendo el tiempo más largo, y difiere de los demás lo que podría ser ventajoso en regiones con estaciones de crecimiento cortas. Estudios previos han indicado que factores como la temperatura y la luz influyen en la germinación de *Amaranthus* spp. (Gafni et al., 2024)

Respecto a la floración, las accesiones del Grupo 1 presenta las muestras más precoces al tener días a la floración a los 81 días, mientras que los Grupos intermedios 2 y 3 presentan los días a la floración a los 86 días, mientras que el Grupo 4 es el más tardía con 91 días, lo que es coherente con investigaciones que muestra una gran variabilidad y está fuertemente influenciada por la sensibilidad al fotoperiodo y la temperatura. Accesiones de *A. cruentus* fueron las más tempranas (promedio ~79 días), mientras que *A. hypochondriacus* presentó floración más tardía (hasta 160 días) (Mirwais Mauj, 2023).

Finalmente, en términos de madurez fisiológica, las accesiones de los Grupos 1 y 2 alcanzaron la madurez más temprano con 183 días mientras que en el Grupo 4 con 198.71 días es el más tardío, y se diferencia significativamente de los otros, lo que puede ser

beneficioso para evitar pérdidas por condiciones climáticas adversas al final. La variabilidad en el tiempo hasta la madurez fisiológica puede estar relacionada con las diferencias genéticas entre accesiones (Baturaygil & Schmid, 2022).

4.7 Caracteres cualitativos

Valores discriminantes obtenidos para los descriptores cualitativos en la diferenciación morfológica y fenológica de grupos de accesiones de amaranto. Utilizando los coeficientes de contingencia de Pearson (C) y de Cramer (V), así como la prueba Chi-cuadrado (X2). Se indican entre paréntesis los p-valores obtenidos en la prueba Chi-cuadrado para cada uno de los caracteres; las diferencias significativas ($p < 0.05$) entre grupos de accesiones se muestran (Tabla 14).

Tabla 14

Valores discriminantes en caracteres cualitativos obtenidos mediante la prueba de Chi-cuadrado para los descriptores cualitativos en la diferenciación morfológica de los grupos de accesiones de amaranto

Código	Variable	C	V	X^2	(p-valor)
HCP	Habito de crecimiento de planta	0.15	0.11	9.84	0.0200
FMH	Forma del margen de la hoja	0.61	0.54	259.00	<0.0001
FH	Forma de la hoja	0.50	0.29	151.45	<0.0001
CPH	Color principal de la hoja	0.72	0.52	486.15	<0.0001
CS	Color secundario de la hoja	0.73	0.54	510.13	<0.0001
CeH-	Color del envés de la hoja	0.57	0.35	217.73	<0.0001
CT	Color del tallo	0.70	0.49	427.83	<0.0001
CeT	Color de las estrías del tallo	0.51	0.29	154.39	<0.0001
IR-	Índice de ramificación	0.60	0.43	250.94	<0.0001
DI	Densidad de la inflorescencia	0.58	0.35	222.82	<0.0001
CI	Compactación de la inflorescencia	0.42	0.27	94.05	<0.0001
TI	Tipo de inflorescencia	0.53	0.31	174.32	<0.0001
PI-	Postura de la inflorescencia	0.57	0.40	211.90	<0.0001
CoIn-	Color de la inflorescencia	0.69	0.47	394.12	<0.0001
CSE-	Color de la semilla	0.35	0.19	63.46	<0.0001

En general, se observaron importantes niveles de variabilidad para los caracteres cualitativos. Los valores de discriminación obtenidos para dichos caracteres en la diferenciación de accesiones Grupo1, Grupo 2, Grupo3 y Grupo 4 se muestran en donde se puede observar que 17 de los 20 caracteres morfológicos y fenológicos fueron significativamente ($p < 0,001$) discriminantes entre los conglomerados.

4.8 Identificación de morfotipos por grupos

A través del análisis de agrupamiento jerárquico de Ward, se obtuvieron cuatro grupos de entradas (grupos de accesiones que comparten características morfológicas en común para diferenciar en alguna de ellas). A continuación, se describe las características de cada grupo.

4.8.1 Características asociadas a hojas

4.8.1.1 Forma del margen de la hoja: Los Grupos 1 y 3 presentan exclusivamente hojas de margen ondulado, lo cual podría asociarse a ciertas especies o condiciones ecológicas. El Grupo 4, en cambio, es el más definido hacia el margen entero**,** lo que puede estar relacionado con adaptaciones morfológicas o diferencias genéticas.

4.8.1.2 Forma de la hoja: La forma **ovalada** es la más común en todos los grupos, especialmente dominante en el Grupo 3. El **Grupo 2 y 4** muestran mayor diversidad morfológica, incluyendo formas lanceoladas y elípticas, lo que sugiere una mayor variabilidad genética o influencia ambiental.

4.8.1.3 Color principal de la hoja: El color verde oliva es el más frecuente en los Grupos 1, 2 y 4, mientras que el verde amarillento caracteriza al Grupo 3. Esta diferenciación puede indicar adaptaciones específicas a condiciones ambientales o selección artificial.

4.8.1.4 Color secundario de la hoja: El rojo púrpura **y** púrpura grisáceo oscuro son comunes en Grupos 1 y 2, mientras que el Grupo 3 se distingue completamente por rojo moderado. Grupo 4 muestra una mezcla, lo que sugiere mayor diversidad fenotípica**.**

4.8.1.5 Color del envés de la hoja es verde oliva que predomina en la mayoría, excepto en el Grupo 4 donde hay más verde amarillento moderado, indicando variabilidad y posible influencia ambiental o genética**.**

Tabla 15

Características de formas y colores identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

Descriptor	CLASE	GRUPO 1 (21)	GRUPO 2 (25)	GRUPO 3 (9)	GRUPO 4 (34)
Forma del margen de la hoja	2.- Entero	-	64%	-	88%
	3.-Ondulado	100%	36%	100%	12%
Forma de la hoja	1.Lanceolada	-	12%	-	15%
	2.-Elíptica	-	28%	-	35%
	5.-Ovoide	48%	16%	-	15%
	7.-Ovalada	52%	44%	100%	35%
Color principal de la hoja	2.-Verde oliva	90%	93%	-	91%
	3.-Verde amarillento	-	-	100%	-
	4.-Verde oliva grisáceo	-	7%	-	9%
	7.-Purpura grisáceo oscuro	10%	-	-	-
Color secundario de la hoja	0 N/C	14%	44%	-	53%
	2.-Verde oliva	10%	12%	-	3%
	3.-Rojo moderado	-	-	100%	6%
	6.-Rojo púrpura	24%	36%	-	35%
	7.-Púrpura grisáceo oscuro	52%	8%	-	3%
Color del envés de la hoja	2.-Verde oliva	43%	80%	100%	15%
	3.-Verde amarillento moderado	43%	16%	-	76%
	4.-Verde oliva grisáceo	5%	4%	-	6%
	7.-Rojo grisáceo	-	-	-	3%
	8.-Rojo púrpura grisácea	10%	-	-	-

4.8.2 Características asociadas al tallo

4.8.2.1 Hábito de crecimiento: La forma erecta es predominante y casi universal en todas las accesiones. El Grupo 4 presenta una leve variación con un 4% postrado, posiblemente debido a una menor presión de selección agrícola. Esta dominancia del hábito erecto puede estar relacionada con su ventaja para el manejo y la cosecha.

4.8.2.2 Color del tallo El rojo púrpura predomina en Grupos 1 y 4, mientras que verde oliva se impone en el Grupo 3. Grupo 2 es el más diverso, incluyendo hasta siete clases distintas.

4.8.2.3 Color de las estrías del tallo: La mayoría de accesiones no presentan estrías visibles, con algunas excepciones en los Grupos 2 y 4. Las estrías podrían relacionarse con factores como lignificación o adaptaciones defensivas.

Tabla 16

Comparación de los valores medios de los descriptores cualitativos con características de escalas de colores y formas obtenidos para los grupos de accesiones de amaranto. identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

Descriptor	CLASE	GRUPO 1 (21)	GRUPO 2 (25)	GRUPO 3 (9)	GRUPO 4 (34)
Hábito de crecimiento	1.-Erecto	100%	100%	100%	96%
	2.-Postrado	-	-	-	4%
Color del tallo	1.-Amarillo verdoso fuerte	5%	52%	11%	12%
	2.- Verde oliva	10%	8%	78%	3%
	3.- Amarillo verdoso claro	5%	8%	-	6%
	4.- Amarillo verdoso moderado	-	4%	-	-
	5.- Rojo grisáceo	-	45%	-	3%
	7.- Rojo oscuro	5%	-	11%	18%
	8.- Rojo púrpura	67%	12%	-	59%
	9.- Púrpura grisáceo oscuro	10%	-	-	-
	10.- Rojo púrpura grisáceo	-	8%	-	-
	11.- Café rojizo claro	-	4%	-	-
Color de las estrías del tallo	0 N/C	95%	52%	89%	85%
	1.-Amarillo verdoso	-	8%	-	-
	2.- Amarillo verdoso fuerte	-	4%	-	-
	3.- Rojo moderado	-	-	-	3%
	4.- Rosado	-	-	-	3%
	5.- Rojo oscuro	-	-	-	6%
	6.- Rojo púrpura	5%	36%	11%	3%

4.8.3 Características asociadas a la ramificación e inflorescencia

4.8.3.1 Índice de ramificación: Los grupos 1, 2 y 4 muestran una tendencia marcada hacia muchas ramas cerca de la base, lo cual puede favorecer el número de

inflorescencias. El Grupo 3, en contraste, es homogéneo y presenta solo pocas ramificaciones, posiblemente asociado a un hábito de crecimiento más simple.

4.8.3.2 Densidad de la inflorescencia: El Grupo 3 se caracteriza por inflorescencias muy densas. El Grupo 2 también tiene predominio de inflorescencia densa, mientras que el Grupo 4 muestra mayor presencia de inflorescencias medias, y el Grupo 1 es más diverso. La densidad podría relacionarse con el tipo de polinización o eficiencia reproductiva.

4.8.3.3 Compactación de la inflorescencia: La compactación intermedia domina en los Grupos 2, 3 y 4. Grupo 1, sin embargo, muestra una alta variabilidad, incluyendo una buena proporción de inflorescencias abiertas. Esto puede reflejar diferentes estrategias reproductivas o selección según manejo agrícola.

4.8.3.4 Tipo de inflorescencia: El tipo amarantiforme es el más común en Grupos 1, 2 y 4, mientras que el Grupo 3 tiene exclusivamente glomerulada, posiblemente como un carácter distintivo.

4.8.3.5 Postura de la inflorescencia: La postura erecta domina los Grupos 1, 2 y 3, lo cual puede estar vinculado a prácticas agrícolas, ya que facilita la cosecha y reduce enfermedades. El Grupo 4 muestra mayor inclinación a inflorescencias recurvadas, lo que podría deberse a selección natural o menor presión de selección agrícola.

Tabla 17

Características de formas y colores identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

Descriptor	CLASE	GRUPO 1 (21)	GRUPO 2 (25)	GRUPO 3 (9)	GRUPO 4 (34)
Índice de ramificación	2.-Pocas ramificaciones cerca del tallo.	-	40%	100%	15%
	3.-Muchas ramas cerca de la base del tallo.	56%	56%	-	76%
	4.-Ramas a lo largo del tallo.	44%	4%	-	9%
Densidad de la inflorescencia	3.-Laxa	37%	16%	-	15%
	5.- Media	49%	24%	-	74%
	7.- Densa	15%	60%	100%	12%
	3.- Compacta	38%	40%	-	24%
	5.-Intermedia	29%	56%	100%	50%

Compactación de la inflorescencia	7.-Abierta	33%	4%	-	26%
Tipo de inflorescencia	1.-Amarantiforme	58%	85%	-	90%
	2.-Glomerulada	47%	20%	45%	40%
	3.-Intermedia	-	10%	-	40%
Postura de la inflorescencia	3.-Erecta	76%	96%	100%	24%
	5.-Moderadamente recurvada	24%	4%	-	68%
	7.-Fuertemente recurvada	-	-	-	9%
Color de la inflorescencia	3.- Rojo moderado	5%	32%	67%	9%
	4.- Marrón	-	8%	-	-
	5.- Rojo oscuro	5%	20%	-	9%
	6.- Rojo púrpura	86%	32%	33%	21%
	7.- Púrpura grisáceo oscuro	5%	-	-	-
	9.- Amarillo oliva	-	4%	-	3%
	10.-Café rojizo oscuro	-	4%	-	-
	11.- Amarillo rojizo	-	-	-	3%
	12.- Café rojizo	-	-	-	3%
	13.- Púrpura claro	-	-	-	24%
	14.- púrpura oscuro	-	-	-	29%

4.8.4 Características asociadas a la semilla

- **Color de la semilla:** El color negro es el más dominante en todos los grupos, especialmente en el Grupo 1 y Grupo 3 con el 100%. El Grupo 2 es el más diverso en cuanto a color de semilla (tiene 3 colores presentes, incluyendo mezclas), el Grupo 4 también muestra cierta diversidad, aunque el negro sigue siendo predominante. Los colores crema medio, café y mezclas aparecen solo en los Grupos 2 y 4, en bajas proporciones.

Tabla 18

Características de formas y colores identificado en la colección de amaranto del Banco de Germoplasma del INIAP

Descriptor	**CLASE**	**GRUPO 1 (21)**	**GRUPO 2 (25)**	**GRUPO3 (9)**	**GRUPO 4 (34)**
Color de la semilla	1.-Negro	100%	72%	100%	88%
	2.- Crema medio	-	17%	-	6%
	3.- Café	-	-	-	3%
	4.- Mezclas (negro y crema medio)	-	11%	-	3%

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se determinaron con éxito las etapas fenológicas de las accesiones evaluadas, registrándose diferencias en el tiempo de germinación, floración y madurez fisiológica entre los materiales, lo que sugiere distintas adaptaciones agroecológicas que deben ser consideradas en programas de manejo agronómico y conservación.
- Se logró caracterizar morfológicamente las accesiones de *Amaranthus spp.* conservadas en el Banco de Germoplasma bajo condiciones agroclimáticas de Chaltura-Imbabura, identificando una amplia variabilidad en descriptores cualitativos como color de inflorescencia, tipo y densidad de inflorescencia, hábito de crecimiento, color de semilla, entre otras, lo que evidencia la variabilidad morfológica en el grupo de materiales evaluados.
- Los grupos de accesiones definidos en el dendrograma mostraron características distintivas respecto a caracteres de importancia agronómica, tales como días a la germinación, días a la floración, días a la madurez fisiológica, color principal de la hoja, color secundario, color del tallo, color de las estrías, color de la inflorescencia, color de la semilla, que suelen ser de gran interés para agricultores y fitomejoradores. De manera que la información obtenida mediante esta caracterización morfológica y fenológica podría ser utilizada.

5.1 Recomendaciones

- Fortalecer la conservación *in situ* y *ex situ* de las accesiones de amaranto evaluadas, priorizando aquellas con características morfológicas destacadas o escasamente representadas, para evitar pérdida de diversidad genética.
- Ampliar los estudios de caracterización incluyendo descriptores moleculares (marcadores genéticos) que complementen la evaluación morfológica y permitan una mejor delimitación entre especies y variedades.
- Utilizar la información proporcionada en este estudio como base para futuros programas de mejoramiento genético participativo, enfocándose en caracteres agronómicos deseables como precocidad, hábito erecto y alta pigmentación.

REFERENCIAS

Abanto, L., & Rojas, E. (2024). *Caracterización morfológica, fisicoquímica, mecánica y térmica de celulosa bacteriana producida por Komagataeibacter xylinus empleando semilla de palta como sustrato.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo). https://dspace.unitru.edu.pe/items/54c55263-949f-469d-aa47-0afa071ae6f5

Abdel, M. E., Serag, M. S., Moussa, H. R., Elgendy, M. A., Mohesien, M. T., & Salim, N. S. (2023). Phytochemical Screening and Antioxidant Potential of Lotus corniculatusand Amaranthus viridis. *Egyptian Journal of Botany*, *63*(2), 665-681. https://journals.ekb.eg/article_290445.html

Acuña, I. (2023). *ALAP 2023 XXIX Congreso Latinoamericano de la Papa El Reencuentro: una mirada hacia la sustentabilidad y al cambio climático.* INIA Chile. https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/caa617f2-54b5-4a8c-9046-81ca090c9b25/content

Alemán, B. (2022). *Evaluación de harina de amaranto (Amaranthus spp) variedad INTA soberano, en productos de panificación en las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria, en el periodo octubre 2021 a junio 2022.* (Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria). https://repositorio.una.edu.ni/4579/

Alvarez, A., García, M., Valdebenito, G., Aguilera, M., Larraín, O., García, E., & Hormazábal, D. (2022). *Evaluación morfológica de frutos de avellano chileno (Gevuina avellana Mol.), en respuesta a intervenciones silvícolas con fines de producción frutal.* (Tesis de pregrado, INFOR), Instituto Forestal (INFOR). https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/32633

Álvarez, M. (2024). *Caracterización morfo-agronómica y etnobotánica del maíz criollo (Zea mays L.) en el cantón 24 de Mayo.* (Tesis de pregrado, Jipijapa-Unesum). https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/6859

Alvear, A. (2021). *Reconocimiento de la importancia y uso de bancos de germoplasma como fuente de genes para el mejoramiento genético de especies vegetales.* (Tesis pregrado, BABAHOYO: UTB, 2021). http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9376

Andrango, J. (1987). Evaluación preliminar agronómica y morfológica de 170 entradas de amaranto (amaranthus spp) del banco germoplásmico del ecuador colección INIAP. *Repositorio digital INIAP*, 9. Obtenido de http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1411

Andrade, D. (2023). *Selección de genotipos de papas Solanum tuberosum Grupo Phureja y Andigenum con resistencia a estrés hídrico.* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia (UNAL)). https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/85623

Arias, D. S. (2022). *Evaluación Del Efecto Del Agua Magnetizada En La Segunda Fase Floración-Cosecha Del Amaranto (Amaranthus Caudatus L) Variedad Selenaya Sosulka, CEASA-Latacunga-Cotopaxi, 2021-2022.* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi). https://repositorio.utc.edu.ec/items/ed781621-5f10-4539-825d-8c9a138825f5

Asamblea Constituyene de Ecuador. (2021). *Constitución de la República del Ecuador.* (Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008), (Actualización enero 2021). https://defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria (LORSA).* (Suplemento del Registro Oficial No. 583 , 5 de Mayo 2009). https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-04/LEY%20ORG%C3%81NICA%20DEL%20R%C3%89GIMEN%20DE%20LA%20SOBERAN%C3%8DA%20ALIMENTARIA%20-%20LORSA.pdf

Asamblea Nacional del Ecuador. (2015). *Ley Orgánica de Salud (Ley Nº 67).* https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORG%C3%81NICA-DE-SALUD4.pdf

Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura.* (Registro Oficial Suplemento 10, 08 de junio de 2017). https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-Organica-Agrobiodiversidad-Semillas-y-Fomento-de-Agricultura.pdf

Asto, D. (2025). *Contenido de proteínas del germinado de Amaranthus caudatus L."kiwicha", Ayacucho-2024.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga). https://repositorio.unsch.edu.pe/items/4458a5f3-4d31-40eb-97b8-3fb3f14cf6a1

Barona, C. C. (2011). *Políticas públicas en alimentación y nutrición: los programas de alimentación social de Ecuador.* FLACSO-Ecuador & Ediciones Abya Yala. https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/52365.pdf

Barreto, H. (2023). *Análisis de la producción del amaranto en la localidad de Huazulco, Morelos.* (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/49168

Baturaygil, A., & Schmid, K. (17 de Febrero de 2022). La caracterización del tiempo de floración en accesiones de bancos de genes de amarantos de grano y sus parientes silvestres revela señales de domesticación y adaptación local. (I. M. Athanasios G. Mavromatis, Ed.) *Agronomy*. Obtenido de https://doi.org/10.3390/agronomy12020505

Beed, F., Taguchi, M., Telemans, B., Kahane, R., Le Bellec, F., Sourisseau, J. M., & Faye, E. (2021). Frutas y hortalizas. Oportunidades y desafíos para la agricultura sostenible a pequeña escala. *FAO, 1*(1), 15-39. https://agritrop.cirad.fr/599449/

Bezus, R. I. (2023). Manejo tecnológico del cultivo de colza. En *Lino, colza y cártamo* (págs. 104-120). UNLP. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/153903/Documento_completo.pdf?sequence=1#page=104

Cabezas, G., Pinoargote, M., Ledesma, R., & Quishpi, P. (2021). Las plantas medicinales y su uso en las parroquias rurales del cantón Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. Journal of Science and Research. *Revista Ciencia e Investigación, 6*(4), 32-49. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8219105

Cabrera, Z., González, B., Guerrero, Q., Guncay, T., Batista, G., & Reyes, H. (2021). Ecuador libre de transgénicos: un enfoque desde la perspectiva agroecológica y jurídica. *La Técnica, 11*(1), 75-87. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8232807

Caicedo Aldaz, J. C., & Flores Mancheno, C. I. (2023). Estrategias agroforestales para enfrentar el cambio climático mediante un análisis de la literario. *Multidisciplinary Collaborative Journal, 1*(3), 1-13. https://mcjournal.editorialdoso.com/index.php/home/article/view/17

Caicedo, J., y Herrera, D. (2022). El Rol de la Agroecología en el Desarrollo Rural Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos, 1*(2), 1-16. https://revistaczambos.utelvtsd.edu.ec/index.php/home/article/view/24

Cajamarca, I., Ayala, B., & Álvarez, A. (2022). Soberanía alimentaria, un derecho constitucional ecuatoriano de producción sostenible agroindustrial. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional, 7*(6), 688-712. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9042542

Calapiña, B. O. (2022). *Caracterización fisiológica de semillas de ocho variedades de Amaranto (amaranthus spp.) en el campus Salache, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi 2022.* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi). https://repositorio.utc.edu.ec/items/edfa6c5c-803a-4721-9088-bdef1446c114

Campos, A. (2024). *Importancia del uso de azufre en el cultivo de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq) (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024).* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo). https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16053

Cano, E. (2022). *Valor nutricional y biológico del amaranto variedad Amaranthus Caudatus L.(kiwicha).* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato). https://repositorio.uta.edu.ec/items/63da2760-7d7b-4257-875d-0673498cd728

Canul, J., González, E., Barrios, J., Pons, J., & Rangel, E. (2022). Caracterización morfológica y agronómica de germoplasma de tomate nativo del sur de México. *Revista fitotecnia mexicana, 45*(1), 23-31. https://doi.org/https://doi.org/10.35196/rfm.2022.1.23

Cardona, M., Zepeda, M., Espinosa, F., & Equihua, Á. (2021). Caracterización morfológica de caninos en premolares, un caso de anodoncia parcial de caninos maxilares. *Revista ADM Órgano Oficial de la Asociación Dental Mexicana, 78*(4), 215-220. https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=101076

Cardona, V., & Díaz, Q. .. (2022). Extracción y caracterización de aceite esencial de orégano, especie Plectranthus amboinicus, a partir de cultivos orgánicos del Magdalena Medio en Colombia. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, 5*(1), 50-65. https://doi.org/https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-043

Carrillo, F., y Yumbla, M. (2022). Caracterización morfológica y análisis de crecimiento de tres cultivares de Helianthus annuus L. para flor de corte. *Siembra*, *9*(1), 14-27. https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3323

Casa, D. E. (2023). *Evaluación de la digestibilidad del almidón de un suplemento a partir de quinua (Chenopodium quinoa) y amaranto (Amaranthus) orientado a dietas saludables.* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato). https://repositorio.uta.edu.ec/items/cea44efd-94c8-40f3-88fc-4ff143030ec0

Cerna, M. J. (2024). *Uso de bebidas vegetales de Chocho (Lupinus mutabilis), Garbanzo (Cicer arietinum) y Amaranto (Amaranthus) como sustitución de la leche de vaca en yogurt.* (Tesis de pregrado, Univesidad de Babahoyo). https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16060

Chango, A. P. (2023). *Estrategias de comercialización para la gestión de ventas de productos hortícolas del cantón Ambato.* (Tesis de pregrado. PUCE). https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/90c18d24-255d-4c43-8a6f-b6374a0a8902/content

Checa, X. (2023). *Análisis de la Cadena Productiva de la Cebada Maltera en la Sierra Centro del Ecuador, Período 2015–2018.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo). http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11195

Coelho, L. M. (2022). Valorization of amaranth (Amaranthus cruentus) grain extracts for the development of alginate-based active films. *Molecules*, *27*(18), 5798. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules27185798

Colina, C., & Vásquez, M. (2024). Bancos de Germoplasma: Importancia para la soberanía alimentaria. *Petroglifos Revista Crítica Transdisciplinar, 7*(1), 17-38. https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A12%3A21105244/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A178576551&crl=c&link_origin=none

Concha Machuca, R. (2025). Regulación de los recursos genéticos en Chile: problemas desde la biotecnología verde a la azul. *Revista Derecho del Estado*, 345-369. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-98932025000100345&script=sci_arttext

Cordero, V. (2022). Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria de Ecuador. *Revista chilena de nutrición, 49.*, *49*(1), 34-38. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182022000400034

Correa, J. I. (2021). Propiedad Intelectual en el Sector de las Semillas Bajo la Óptica de las Normas de Competencia en Latinoamérica. In Los Derechos de Propiedad Intelectual y Libre Competencia. En *Los derechos de propiedad intelectual y libre competencia* (págs. 467-517). https://acortar.link/YqZCyI

Crisostomo, L., y Quintana, D. M. (2024). *Influencia de los ácidos indolbutirico y naftalenacético en el crecimiento del bambú (Guadua angustifolia Kunth) bajo condiciones de vivero para la Selva Central.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión). repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/5023

Cuba, T. (2022). *El amaranto en la alimentación y el desarrollo social campesino en la Sierra Nevada Poblana (Doctoral dissertation).* (Tesis de posgrado, Colegio de Posgrados). http://colposdigital.colpos.mx:8080/handle/10521/4888

Curiel, C. (2022). El amaranto como alimento indígena:: producción de patrimonio y activismo alimentario. *Encartes*, *5*(10), 203-233. https://doi.org/https://doi.org/10.29340/en.v5n10.243

Davila Pulles, L. (06 de enero de 2011). Evaluación de cinco líneas de Amaranto Amaranthus Caudatus en tres localidades de la Provincia De Imbabura. *Repositorio Digital Universidad Tecnica Del Norte*, 54-96. Obtenido de https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/212

Delgado. (2022). BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN DE VARIEDADES LOCALES DE QUINUA (Chenopodium quinoa Willd.) Y ATACO (Amaranthus quitensis Kunth) EN LA REGIÓN ANDINA DE ECUADOR. *Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid*, 287. Obtenido de file:///C:/Users/USER/Downloads/TESIS%20DOCTORAL_%20AHDP%20(1).pdf

Delgado, A., & Martin, J. (22 de Diciembre de 2022). Diversidad genética de las razas locales de amaranto negro (Amaranthus quitensis Kunth) de las tierras altas del Ecuador: genotipos de asociación y morfotipos de color. *FAO*, 13-34. Obtenido de https://www.mdpi.com/2077-0472/13/1/34

Duran, A., & Garcia, D. (2025). *Innovaciones tecnológicas para monitorear y predecir el impacto del cambio climático en el suelo.* (Tesis de pregrado, UNAD). https://repository.unad.edu.co/handle/10596/66278

Durango, J. K. (2022). *Diseño de un proceso para la elaboración de una bebida energética y nutritiva a base de harina de amaranto (Amaranthus caudatus L.), maracuyá (Passiflora Edulis) y panela.* (Tesis de pregrado, ESPOCH). https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/17757

Faizi, S., & García, P. (2023). Autodegradación: El Convenio sobre la Diversidad Biológica y su nuevo Marco Mundial de Biodiversidad. *Ecología política, 66*(1), 60-65. https://www.ecologiapolitica.info/wp-content/uploads/2024/01/EP66-60-65_breves_Faizi_mhng.pdf

Fernández, L. M. (2024). *Evaluación multiparamétrica de la calidad del suelo y sanidad vegetal de variedades de café ubicadas en Río Blanco, 2023.* (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/23158

Ferrari, E., Quiriban, A., Gili, A., Picca, A., & Repollo, R. (2021). Caracterización morfológica del grano de triticale (x Triticosecale Wittmack) mediante procesamiento y análisis de imágenes digitales. RIA. *Revista de investigaciones agropecuarias, 47*(2), 232-239. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1669-23142021000200232&script=sci_arttext

Flórez, D. L. (2024). Desempeño fisiológico de semillas de sorgo dulce en respuesta a la aplicación de retardantes de crecimiento. *Avances en Ciencias e Ingenierías, 16*(1), 15-37. https://www.redalyc.org/journal/7261/726177442006/html/

Fuentes, Q., Cortés, J., Quintero, A., Virgüez, L., & Rodríguez, G. (2021). El amaranto propiedades y usos en la industria panadera. *Documentos de Trabajo ECBTI, 2*(2), 23-45. https://publicaciones.unad.edu.co/index.php/wpecbti/article/view/5494

GAD Parroquial San José de Chaltura. (2023). *Chaltura Gobierno Parroquial*. Obtenido de Chaltura Gobierno Parroquial: https://chaltura.gob.ec/chaltura/geologia/

Gafni, R., Blank, L., & Eizenberg, H. (2024). Variabilidad en las fracciones de germinación de Amaranthus albus en respuesta al manejo de malezas y condiciones maternas abióticas. (Elsevier, Ed.) *Revista Europea de Agronomía, 152*. Retrieved from https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.127009

Gamba, R. (2023). Validez y fiabilidad del instrumento de análisis cuantitativo del uso de las redes sociales y el desarrollo de la inteligencia emocional en adolescentes. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7*(3), 4907-4933. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6522

Garbi, M. (2021). Fenología y bioclimatología de los principales cultivos hortícolas. En S. Martínez, *Producción hortícola periurbana. Aspectos técnicos y laborales* (pág. 64). https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/120969/Documento_completo.pdf?sequence=1#page=64

Garcés, J. (2023). *Conocimiento, manejo y uso de agrobiodiversidad en tres provincias de la sierra ecuatoriana como aporte a la adaptación al cambio climático (Master's thesis, Quito, EC: , Sede Ecuador).* (Tesis de pregrado, Universidad Andina Simón Bolívar). https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9381

García, D., Cordova, S., Pilco, S., Jave, J., & Ruiz, A. (2021). Caracterización morfológica por microscopía electrónica de barrido de nanocelulosas de cáscara de sandía (Citrullus lanatus). *Agroindustrial Science, 11*(2), 149-157. https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/3809

García, J. (2024). *Estudio de las plantas en Educación Infantil a través de metodologías activas.* (Tesis de pregrado, Universidad de Valladolid). https://uvadoc.uva.es/handle/10324/68532

González, L., Moreno, E., Espitia, E., & Ayala, V. (2022.). Extracción nutrimental del amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.). *ariedad Nutrisol. Revista fitotecnia mexicana, 45*(3), 313-322. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802022000300313&script=sci_arttext

Grijalva, T. R. (2023). Caracterización Morfológica de Jocote de Corona (Spondias purpurea L.),. *Universidad Rafael Landívar*, 14-27. https://biblior.url.edu.gt/wp-content/uploads/publiwevg/Tesis/2023/06/03/Gonzalez-Tulio.pdf

Guadalupe, J., Angoa, M., & Violante, M. (2024). Búsqueda de ingredientes activos en plantas para su aplicación en fármacos. https://www.torrossa.com/gs/resourceProxy?an=5839375&publisher=FZQ596

Guevara, E. M. (2025). *Potencial de frutos rojos de la región andina de Ecuador frente a estrés oxidativo y envejecimiento. Caracterización de la fracción fenólica y bioactividad en sistemas modelo.* (Tesis de pregrado, Universidad De Salamanca). https://gredos.usal.es/handle/10366/164306

Guillén, S., Zúñiga, A., & Carrodeguas, A. (2023). Caracterización morfológica y variabilidad genética en genotipos de los géneros Vriesea y Guzmania (Bromeliaceae) con potencial ornamental. *Revista FAVE, 22., 1*(1), 16-67. https://acortar.link/SUEe1M

Hernández, J. (2023). Uso del amaranto y su utilidad en el tratamiento del paciente con diabetes mellitus. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río, 27(5)., 27*(5). http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-31942023000600029&script=sci_arttext&tlng=pt

Hernández, L., De la Olá, M., Gámez Vásquez, A., Sangermán Jarquín, D., Arellano Vasquéz, J., & Fuentes, L. (2021). Obtención de líneas F4 de amaranto (Amaranthus spp.) atravéz de cruzamientos intervarietales. *Revista fitotecnia mexicana, 44*(4), 4-6. https://doi.org/https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.491

IBCE. (2020). *Bienestar más allá de la economía.* https://ibce.org.bo/images/publicaciones/ce-287-Bienestar-mas-alla-de-la-economia.pdf

Ibotov, S. K. (2021). Lipids of Amaranthus retroflexus and their Biological Activity. *Chemistry of Natural Compounds, 57*(1), 620-626. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10600-021-03436-5

INIAP. (2018). *Guía para el manejo y conservacion de recursos fitogeneticos en Ecuador.* (Informe gubernamental). https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4889

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2023). *Prácticas Básicas en Sistemas Agroforestales Multiestrato con enfoque en la producción de cultivos de alto valor (hortalizas). Planificación del cultivo ideal en días.* Repositorio IICA. https://repositorio.iica.int/items/003156df-72a4-4a5b-aa3e-7feef96b13e1

Jahan, F., Bhuiyan, M. N., Islam, M. J., Ahmed, S., Hasan, M. S., Al Bashera, M., & Moulick, S. P. (2022). Amaranthus tricolor (red amaranth), an indigenous source of nutrients, minerals, amino acids, phytochemicals, and assessment of its antibacterial activity. *Journal of Agriculture and Food Research, 10*(1), 100419. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100419

Jami, L. (2021). *Influencia de bioestimulantes de crecimiento orgánicos, en dos variedades de Amaranto (Amaranthus spp), originarios de Vniissok (Rusia) para la producción de semilla en la parroquia Picaihua.* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi). http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8267

Laime, C. A. (2021). Caracterización morfológica y descripción botánica de poblaciones de tolares (Parastrephia sp, Baccharis sp, Fabiana sp y Clinopodium sp) en las comunidades del municipio de Patacamaya del Altiplano. *Apthapi, 7*(1), 2160-2168. http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/136985

López, H. (2024). *Emprendimiento rural y mejoramiento del sistema agroalimentario de amaranto para fortalecer la seguridad alimentaria y la reproducción social campesina en el municipio de Cuapiaxtla Tlaxcala, México. 2024-2026.* (Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de México). https://ru.iiec.unam.mx/6571/

López, K., & Miguez, J. C. (2021). *Colección de semillas de árboles y arbustos de la Universidad UPTC en el Jardín Botánico de Boyacá.* (Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnología de Colombia). https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3818/1/coleccion_de_semillas.pdf

Lucas, X. (2024). *Evolución de la agricultura en Ecuador desde las prácticas prehispánicas hasta la actual agricultura sustentable.* (Tesis de pregrado, Univeridad Técnica de Babahoyo). https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16039

Luquez, V. (2023). Biología reproductiva de las plantas terrestres. a la propagación vegetal. En *Introducción a la propagación vegetal* (págs. 13-37).

https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/161988/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1#page=45

Macías, L. M. (2024). *Importancia del mejoramiento genético en el cultivo caña de azúcar (Saccharum officinarum)* . (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo). https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16321

Martínez, E., Calatayud, Á., Marsal, J. I., Mateos, R., Díez, M. J., Soler, S., & Martínez, M. R. (2022). Caracterización de variedades tradicionales de berenjena de la Comunitat Valenciana: clave para garantizar la calidad nutricional y la conservación de la biodiversidad. *Agrícola Vergel, 1*(1), 9-21. https://redivia.gva.es/handle/20.500.11939/8195

Medina, G. (2024). *Comparativo de rendimiento de grano, variables agronómicas, características botánicas y comportamiento fenológico de 14 líneas de kiwicha (Amaranthus caudatus L.) y variedad Oscar Blanco, en condiciones del Centro Agronómico K'ayra.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco). https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/9432

Medina, L., León, M., Zavaleta, L., Rivero, G., Anthony, J., & Zapata, V. (2021). Caracterización morfológica de plantas de Smallanthus sonchifolius (Poepp.) H. Rob. 1978 "yacón" a partir de rizóforos procedentes de Gran Chimú, Otuzco y Sánchez Carrión. *REBIOL, 41*(1), 114-119. https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/3611

Méndez, C. (2025). *La Huella Del Arado: susceptibilidad a la degradación en las sabanas de Colombia, Argentina y Brasil.* DIALÉCTICA. https://acortar.link/oFJlZX

Mérida, J., Pérez, S. J., Bergenståhl, B., Purhagen, J., & Rojas, C. C. (2023). Nutritional composition of six amaranth (Amaranthus caudatus) andean varieties. *Crops, 3*(1), 78-87. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/crops3010008

Milanés, M. S. (2024). *Acciones de innovación en la transición agroecológica, el enfrentamiento a la degradación de los suelos y la seguridad alimentaria en la finca La Lima.* (Tesis de pregrado, Universidad de cienfuegos). https://cienpinos.catie.ac.cr/wp-content/uploads/2024/11/Diadelys-Carpio-Quintana-1.pdf

Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2017). *Ley Orgánica de Agrodiversidadad, semillas y fometo de agricultura.* . (Registro Oficial Suplemento 10 de 08-jun.-2017). https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-Organica-Agrobiodiversidad-Semillas-y-Fomento-de-Agricultura.pdf?utm_source

Ministerio del Ambiente. (1993). *Convenio sobre diversidad biológica.* (Registro Oficial 647 de 06-mar.-1995). https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/12/CONVENIO-SOBRE-DIVERSIDAD-BIOLOGICA.pdf

Monroy, D., Martínez, J., Gavi, F., Torres, H., & Hernández, I. (2021). Crecimiento, acumulación y distribución de materia seca en dos variedades de amaranto (Amaranthus hypochondriacus y A. cruentus) bajo fertigación. *Biotecnia, 23*(3), 14-21. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1665-14562021000300014&script=sci_arttext

Morales, J., y Chiluisa, V. (2022). Mejoramiento biotecnológico de plantas y modificación genética. *Compas GennBio, 1*(1), 12-11. https://www.researchgate.net/profile/Viviana-Chiluisa-Utreras/publication/388067056_Mejoramiento_biotecnologico_de_plantas_y_modificacion_genetica/links/67890edb95e02f182e95b199/Mejoramiento-biotecnologico-de-plantas-y-modificacion-genetica.pdf

Muñoz, M. (2023). *Elaboración y análisis bromatológico de galletas formuladas con harina de trigo (Tritucum aestivum), amaranto (Amaranthus caudatus) y enriquecidas con suero lácteo.* (Tesis de pregrado, ESPOCH). http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/21011

Nieto, J. A. (2024). *La capacidad de extracción de fertilizantes y el manejo en la producción de rosas de corte (rosa spp).* (Tesis de pregrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). https://core.ac.uk/reader/634652380

Noriega, J. A. (2025). *Análisis comparativo entre los parámetros de calidad de frutas amazónicas ecuatorianas y las características edafoclimáticas de su producción.* (Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/23359

Ocaña, M., López, E., Avalos, M., Anaya, S., & Ibarra, F. (2022). Resultados de la aplicación de un programa de intervención alimentaria con amaranto en pacientes con diabetes mellitus 2 de Sahuayo, Michoacán, México. *Revista Chicomoztoc, 4*(8), 47-47. https://revistas.uaz.edu.mx/index.php/chicomoztoc/article/view/1498

Omeir, K. D., y Flores Pacheco, J. A. (2024). Exploración botánica para la implementación de un apiario en Bluefields, Nicaragua: Un enfoque florístico del Trópico Húmedo. *Ciencia e Interculturalidad, 34*(1), 195-216. https://camjol.info/index.php/RCI/article/view/19708

Oregón, F., Olín, F., & Carreño, M. (2024). *Agroecología y sustentabilidad: una convergencia para el desarollo.* (Tesis de pregrado, Universidad de León). https://buleria.unileon.es/handle/10612/17407

Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Ortiz, N. (2021). *Análisis de costos en la producción de amaranto (AMARANTHUS sPP) agroecológico en el distrito de Tlaxiaco, Oaxaca.* (Tesis de pregrado, UAAAM). http://repositorio.uaaan.mx:8080/handle/123456789/47696

Oteri, M., Gresta, F., Costale, A., Lo Presti, V., Meineri, G., & Chiofalo, B. (2021). Amaranthus hypochondriacus L. as a sustainable source of nutrients and bioactive compounds for animal feeding. *Antioxidants, 10*(6), 876. https://doi.org/https://doi.org/10.3390/antiox10060876

Pabón, C., Granados, J., Rodríguez, F., Hernández, P., & Velasco, W. (2023). Actividad antimicrobiana de extractos de plantas frente a Staphylococcus aislados de pacientes con conjuntivitis bacteriana. *Revista Ciencias de la Salud, 21*(1), 34-45. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-72732023000100009&script=sci_arttext

Palacios, N. S. (2023). *Estudios genéticos de Festuca alta (Festuca arundinacea schreb. var arundinacea) bajo condiciones de estrés por salinidad y sequía.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Rosario).

https://rephip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/cce0d27a-d3de-4fb2-bd7c-ea5d92d5cecd/content

Pillasagua, P., & Mite, C. (2023). *Soberanía alimentaria y la declaratoria constitucional: Ecuador país libre de cultivos y semillas transgénicas (Bachelor's thesis, La Libertad.* (Tesis de pregrado, Universidad Estatal Península de Santa Elena). https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10297

Pino, A. (2022). Aceites esenciales de plantas cubanas: un ensayo sistemático. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, *53*(2), 113-140. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2221-24422022000200113&script=sci_arttext&tlng=en

Pinzon, Y. J., & Vega, E. B. (2024). KUMQUAT: UNA OPORTUNIDAD PARA LA INNOVACIÓN AGROINDUSTRIAL. *Innovagro, 1*(3), 17-35. https://revistas.sena.edu.co/index.php/INNOVAGRO/article/view/6753

Piñón, K. (2023). *Evaluación del efecto composta sobre el rendimiento del policultivo amaranto (Amaranthus hypochondriacua L.)-chia (Salvia hispanica L.) bajo sistema de terrazas en Tochimilco, Puebla, México.* (Tesis de pregrado, Universidad de Morelios). https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/20266e15-c3de-4ce9-ae00-02ec33ff47da/content

Plaza, F., & Viñanzaca, E. (2024). *Laboración de embutidos vegetarianos con base en zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y enriquecidos con quinoa (Chenopodium quinoa), amaranto (Amaranthus), chocho (Lupinus mutabilis) y camote (Ipomoea batatas).* (Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca). https://dspace.ucuenca.edu.ec/items/be8280c2-c36f-4579-a3e0-5f943f09b3e6

Plúa, J. T. (2023). *Comportamiento morfológico y fenotípico de tres variedades de café en el primer año de crecimiento (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum).* (Tesis de pregrado, Universidad Estatal del Sur de Manabí). https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5293

Puerta, J. (2024). *Establecimiento de una Unidad de Conservación Genética (UCG) de Pinus uncinata en Gúdar (Teruel).* (Tesis de pregraddo, Universitat Politècnica de València). https://riunet.upv.es/handle/10251/204152

Rastogi, A. y Shukla, S. (2013). Amaranth: A new millennium crop of nutraceutical values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *53*(2), 109-125. Obtenido de https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2010.517876

Republica del Ecuador. (2015). LEY ORGANICA DE SALUD. *Republica del Ecuador*. Obtenido de https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/LEY-ORG%C3%81NICA-DE-SALUD4.pdf

Republica del Ecuador. (2017). Ley organica de agrobiodiversidad, semillas y fomento de agricultura. *Republica del Ecuador*. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-Organica-Agrobiodiversidad-Semillas-y-Fomento-de-Agricultura.pdf

REPUBLICA DEL ECUADOR. (2017). LEY ORGANICA DE AGROBIODIVERSIDAD, SEMILLAS Y FOMENTO DE AGRICULTURA. *REPUBLICA DEL ECUADOR*. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-Organica-Agrobiodiversidad-Semillas-y-Fomento-de-Agricultura.pdf

República del Ecuador. (2021). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *República del Ecuador*. Obtenido de https://defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Reyes, E. (2022). *Metodología de la investigación científica*. Page Publishing Inc. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=esylr=yid=SmdxEAAAQBAJyoi=fndypg=PT45ydq=metodologia+de+la+investigaci%C3%B3nyots=O04xsAKad6ysig=acarL491AK8IN5wZh5_KwPKYPSU

Rimieri, P. (2021). Aspectos agronómicos de relevancia en poblaciones utilizadas como base para el mejoramiento genético vegetal. *BAG. Journal of basic and applied genetics, 32*(2), 71-74. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-62332021000300071&script=sci_arttext

Ruiz. (2012). Variabilidad cualitativa y cuantitativa de accesiones de amaranto determinada mediante caracterización morfológica. *SCIELO*. Obtenido de

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextypid=S2007-09342013000500011

Sáenz, V., Guerra, R., Valdés, D., Díaz, P., & Ramos, H. (2024). Apuntes sobre Cuatro Plantas Medicinales Endémicas de Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 8*(4), 52-75. https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/12649

Salguero, Y. A., Semanate, M. M., & Salazar, A. E. (2025). Dosis de riego y eficiencia del uso de agua en la producción de Cucumis sativus en La Maná. *Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology, 5*(1), 08-16. https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP/article/view/1034

Sánchez, C. (2022). *Usos de las harinas de chía (salvia hispanica), amaranto (amaranthus sp.) y haba (vicia faba), como fuente de proteína y fibra para la elaboración de galletas.* (Tesis de pregrado-Universidad Agraria del Ecuador). https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANCHEZ%20PICHASACA%20ANDREA%20CAROLINA.pdf

Serna, M., Franco, F., Giraldo, J. A., Muriel, S., Mercado, M., & Cardona, E. (2024). *Guía de laboratorios de Botánica y Fisiología.* (Tesis de pregrado, Tecnológico de Antoquia). https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/6993

Silva, F., & Huaman, J. (2024). *Determinación del porcentaje de árboles de algarrobo (Prosopis pallida (Humb. & Bonpl. Ex Willd.) Kunth), que cumplen con los criterios de selección para su conservación genética en los Bosques Estacionalmente Secos del Marañón.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén). https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/694

SNICS. (2006). Manual gráfico para la descripción varietal de amaranto (Amarathus spp). *SNICS- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas*(306 CANIEM). Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/390818/MGDVAmaranto.pdf

Solano, J., González, J., Collinao, M., Borie, F., & astillo, C. (2021). Arquitectura radical y estados fenológicos de cultivos andinos quínoa, amaranto, lupino y alforfón en un Andisol del sur de Chile. *Idesia (Arica), 39*(2), 23-30.

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292021000200023&script=sci_arttext

Sotelo, R. (2022). *Evaluación del rendimiento del cultivo de amaranto (Amaranthus hypochondriacus L.) aplicando abonos orgánicos y minerales en Tochimilco, Puebla, México.* (Tesis de pregrado, UAEM). http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/2970

Subía García, C. (2012). Caracterización agronómica, bromatológica, isoenzimática y radiosensibilidad de poblaciones de amaranto (Amaranthus spp.). *INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS*, 34-128. Obtenido de https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5547/1/Sub%C3%ADa_Garc%C3%ADa_C_MC_Gen%C3%A9tica_2012.pdf#:~:text=dos%20colores%20principalmente%20verde%20y,frecuente%20en%20poblaciones%20de%20Tlaxcala

Talamantes, A. (2021). *Caracterización de la microbiota rizosférica de Amaranthus cruentus L. y sus cambios cuando la planta es sometida a estrés salino (Master's thesis).* (Tesis de pregrado, IPICYT). https://repositorio.ipicyt.edu.mx/handle/11627/5660

Tapia, G. (2021). *Evaluación del efecto del agua magnetizada en la primera fase del desarrollo fenológico de Amaranto (Amaranthus caudatus) variedad Selenaya Sosulka, Latacunga-Cotopaxi, 2021.* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi). http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8299

Tavitas, L., Hernández, J., Gámez, J., Sangermán, D., & Arellano, L. (2021). Obtención de líneas F4 de amaranto (Amaranthus spp.) A través de cruzamientos intervarietales. *Revista fitotecnia mexicana, 44*(4), 491-502. https://doi.org/https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4.491

Torres, J., Castillo, E., Jiménez, L., & Pucha, D. (2022). Adaptación de sistemas naturales y sociales al cambio climático en el Ecuador: una revisión. *Bosques Latitud Cero, 12*(1), 54-71. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/1300

Travez, D. (2024). *Creación de bancos locales de semillas ancestrales como estrategia para enfrentar el cambio climático.* (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Cotopaxi). http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11670

Uchupe, J. (2024). *Comparativo de rendimiento de grano, características agrobotánicas de 13 compuestos de Kiwicha (Amaranthus caudatus L.) y la variedad Oscar Blanco en el Centro Agronómico K'ayra.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco). https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/8895

UPOV. (2008). (Amaranthus L. excluidas las variedades ornamentales). *UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA PROTECCIÓN DE LAS OBTENCIONES VEGETALES*, 22-36. Obtenido de https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/es/tc/43/tg_amaranth_proj_6.pdf

Valencia, L., & Quintero, J. (2022). Extracción y caracterización de aceite esencial de orégano, especie Plectranthus amboinicus, a partir de cultivos orgánicos del Magdalena Medio en Colombia. *BJAER, 5*(1), 15-20. https://doi.org/https://doi.org/10.34188/bjaerv5n1-043

Valenzuela, A. (2024). *Integración de tecnologías y técnicas de mejora genética en el cultivo del maíz* . (Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo). https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16250

Vásquez, J. (2024). *Caracterización agro morfológica de genotipos de Theobroma cacao L. cacao élite, como estrategia de conservación genética bajo condiciones de trópico seco, Utcubamba, Amazonas, Perú.* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo). https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/13281

Vázquez, R. E., Olivares Sáenz, E., del Carmen Ojeda Zacarías, M., Aguirre Arzola, V. E., Elizondo Luévano, J. H., & Ramírez, N. (2024). Impacto de los Factores Abióticos en las Propiedades Fisico-químicas del Fruto de Opuntia spp. *Scientia Agricolis Vita, 1*(3), 15-25. https://agricolis.uanl.mx/index.php/revista/article/view/13

Velázquez, Z., Moreno, I., Moreno, S., Rodríguez, G., Vega, R., & Loperena, M. (2023). Variabilidad morfológica/patogénica de Fusarium verticillioides en la Ciénega/Chapala, México y evaluación de técnicas de inoculación. *Agronomía Mesoamericana, 34*(1), 9. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8749753

Velez, K. P. (2024). *Importancia de los insectos polinizadores del cultivo de cacao Theobroma cacao L. en asociación con el plátano (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024).* (Tesis de pregrado, Universidad de Babahoyo). https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17069

Verga, A., Vega, C., Kees, S., Salto, C., López, D., Carloni, E., & Peri, P. (2024). Consideraciones finales y lineamientos futuros. In *El cultivo del algarrobo en Argentina.* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/247625

Villarroel, T., Alvarado, J., Concha, G., Vicuña, D., & Oyonarte, R. (2024). Maduración de la Sutura Palatina Media En Adolescentes y Adultos Jóvenes Chilenos: Estudio Transversal. *International journal of interdisciplinary dentistry, 14*(2), 140-143. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S2452-55882021000200140&script=sci_arttext

WorldVeg. (2015). Datos de caracterización de accesiones de amaranto (Amaranthus spp.) de la colección del banco de genes WorldVeg. *Genesys*. Obtenido de https://www.genesys-pgr.org/datasets/15e26d5a-ef67-4cf3-82ad-5d754ddf8a9c

Wu, H. (2024). *Estudio de algunos aspectos de la fisiología de las plantas micropropagadas durante su aclimatación a condiciones ex vitro.* (Tesis de pregrado, Universidad de Alicante). https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/144110

Zubillaga, M. F. (2017). *Comportamiento del cultivo de amaranto en el valle inferior de Río Negro, Argentina.*

ANEXOS

Anexo 1

Análisis del suelo del área del predio utilizado para el ensayo

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	Cu Fe Mn Zn =	Olsen Modificado
		B =	Curcumina

INTERPRETACION					
pH				Elemento	
Ac =	Acido	N =	Neutro	B =	Bajo
LAc =	Liger. Acido	LAl =	Lige. 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 Potasion
Al+H =	Titulación NaOH

Firmado electrónicamente por:
JOSE ALONSO LUCERO MALATAY

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

Firmado electrónicamente por:
IVAN RODRIGO SAMANIEGO MAIGUA

LABORATORISTA

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