

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA
PROYECTO DE TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y
AGRONÓMICA DE 161 ACCESIONES DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa*) EN EL DISTRITO DE LONYA
CHICO, AMAZONAS

Autor:

Bach. Victor Hugo Baldera Chapoñan

Asesor:

M.Sc. Flavio Lozano Isla

Código: (.....)

CHACHAPOYAS - PERÚ

2025

1. Título

Caracterización morfológica y agronómica de 161 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) en el distrito de Lonya Chico, Amazonas.

2. Problema de la investigación

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal originario de las regiones andinas de América del Sur, es reconocida por su alto valor nutritivo (Abugoch James, 2009a). Sus semillas no contiene gluten, poseen un bajo índice glucémico y presentan un equilibrio excepcional de aminoácidos esenciales, fibra, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales (Maradini-Filho, 2017). Este cultivo ha ganado relevancia a nivel nacional e internacional debido a su capacidad para crecer en tierras marginales, donde otros cultivos no prosperan, convirtiéndose en una fuente de alimento clave para enfrentar desafíos globales como la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático (Abugoch James, 2009b).

Sin embargo, la diversidad genética de la quinua enfrenta un gran desafío: la erosión genética (pérdida progresiva de diversidad genética dentro de una especie). Este fenómeno, impulsado por la introducción de cultivares mejorados y la homogeneización de los sistemas agrícolas, ha reducido significativamente la variabilidad genética del cultivo (Taco *et al.*, 2020). En Perú, por ejemplo, las variedades ancestrales han sido desplazados por cultivares comerciales, lo que ha disminuido la diversidad genética (Quispe *et al.*, 2024). Esta pérdida no solo limita la capacidad de los cultivos para adaptarse a los cambios ambientales, como el calentamiento global o la aparición de nuevas plagas, sino que también amenaza y pone en riesgo el legado cultural y agrícola de las comunidades andinas, que han preservado estas variedades durante generaciones.

Además, la disminución de prácticas agrícolas tradicionales que fomentaban el cultivo de diversos genotipos locales ha afectado negativamente la variabilidad genética de la quinua (Fuentes *et al.*, 2009). A esto se suma la creciente amenaza que enfrentan las variedades silvestres de quinua, esenciales para mantener la variabilidad genética, debido al cambio climático y la destrucción de sus hábitats naturales (Pilatásig Molina, 2023). Estos factores no solo amenazan la conservación de recursos genéticos valiosos, sino que también limitan la capacidad de la quinua para enfrentar futuros desafíos ambientales y alimentarios. Por ello, preservar esta diversidad es una

necesidad tanto científica como cultural, ya que constituye un patrimonio biológico y agrícola irremplazable.

Si bien se ha logrado progresos en la preservación de la variabilidad genética de la quinua, muchas de las accesiones aún no cuentan con una caracterización morfológica detallada. Esta limitación ha limitado su aprovechamiento en programas de mejoramiento genético y en la selección de genotipos con rasgos agronómicos deseables. La escasez de investigación e información ha dificultado la identificación de nuevas accesiones con características morfológicas sobresalientes, como tamaño de planta, forma de panoja, color de grano, entre otros, así como rasgos agronómicos clave, como un alto rendimiento, tolerancia a factores abióticos (salinidad, sequía) y bióticos (plagas y enfermedades). Además, la ausencia de estudios de caracterización limita el desarrollo de estrategias efectivas para la conservación y el uso sostenible de estos recursos genéticos.

Por ello, este estudio se enfoca en la caracterización morfológica de las accesiones de quinua, con el objetivo de evaluar su diversidad fenotípica y su potencial agronómico. A través de la descripción y comparación de características como altura de planta, forma de panoja, color de grano y rendimiento, se busca identificar genotipos con rasgos sobresalientes que puedan ser utilizados en programas de mejoramiento. La información obtenida no solo contribuirá a preservar la diversidad fenotípica de la quinua, sino que también proporcionará una base científica para la selección de genotipos adaptados a condiciones específicas, promoviendo así un uso más sostenible y eficiente de este recurso.

En este contexto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las características morfológica y agronómica de 161 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) bajo condiciones del distrito de Lonya Chico, Amazonas?

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

- Caracterizar a nivel morfológico y agronómico de las accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) bajo condiciones del distrito de Lonya Chico, Amazonas.

3.2. Objetivos específicos

- Describir las características morfológicas de las accesiones de quinua durante las etapas de floración y madurez fisiológica, usando los descriptores para el cultivo de quinua.
- Determinar los caracteres morfológicos y agronómicos que discriminan las accesiones de quinua.
- Identificar genotipos sobresalientes en base a sus características morfológicas y agronómicas para su uso en programas de mejoramiento.

4. Antecedentes de la investigación

La quinua (*Chenopodium quinoa*), pseudocereal nativo de la región andina de América del sur, se destaca por su alto valor nutricional y su adaptabilidad para crecer en ambientes adversos, tales como suelos pobres, sequía y salinidad (Shen *et al.*, 2022). Sin embargo, a pesar de su importancia, la diversidad genética de este cultivo se ha visto amenazada en las últimas décadas debido a factores como la erosión genética, el desplazamiento de variedades tradicionales por cultivares comerciales y la pérdida de hábitats naturales (Molina Sagua, 2016).

La variabilidad genética es importante para la resiliencia y adaptabilidad de los cultivos frente a los nuevos desafíos ambientales, como el calentamiento global y la emersión de plagas y enfermedades (Bhargava *et al.*, 2007). En este sentido, la caracterización morfológica y agronómica de las accesiones de quinua se convierte en una herramienta esencial para identificar genotipos con características favorables, como alta tolerancia a estrés abiótico, resistencia a enfermedades y alto rendimiento productivo (Laura, 2023).

Diversos estudios han demostrado que la caracterización morfológica de la quinua ha permitido identificar rasgos sobresalientes y agrupamientos fenotípicos, los cuales son fundamentales para programas de conservación y mejoramiento genético. Por ejemplo, Naim *et al.*, (2024) analizaron la diversidad morfológica y agronómica de seis genotipos de quinua, identificando genotipos con características sobresalientes, como alto rendimiento y maduración temprana, lo que resalta la importancia de seleccionar materiales promisorios para programas de mejoramiento. De manera similar, Moosavi *et al.* (2022) evaluaron 16 genotipos de quinua y encontraron que

características como el diámetro de la panícula y el índice de cosecha están altamente correlacionados con el rendimiento, lo que sugiere que estos rasgos pueden ser utilizados como criterios clave en la selección de genotipos superiores.

En este contexto, León (2020) llevó a cabo una investigación en el Instituto Nacional de Innovación Agraria “Santa Ana”-Huancayo, durante la campaña agrícola 2016–2017, se realizó una investigación como línea base del proyecto “Genotipificación por secuenciamiento (GBS) y su asociación con caracteres agronómicos de la quinua”. Utilizando accesiones del Banco de Germoplasma del INIA, colectadas en Junín, Ayacucho, Puno y Cusco, se caracterizaron rasgos morfológicos cualitativos y cuantitativos, y se evaluaron componentes de rendimiento bajo un diseño de Bloques Completamente Randomizado. El tratamiento CQA-023 destacó con el mayor rendimiento (2500 kg/ha), y el análisis de regresión identificó que el diámetro y longitud de la panoja fueron los componentes que más influyeron en el rendimiento.

En la Estación Experimental de Canaán de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, se evaluaron 36 cultivares de quinua procedentes de Puno bajo condiciones ambientales de Ayacucho (2750 m.s.n.m.) durante 2012-2013. Utilizando un diseño experimental Látice Balanceado Simple, se analizaron descriptores morfológicos y agronómicos, como días a la emergencia, madurez fisiológica, altura de planta, longitud de panoja y rendimiento. Los resultados mostraron una amplia variabilidad fenotípica, agrupándose los cultivares en 12 morfotipos. Las entradas T13 y T15 destacaron por su alto rendimiento (12.1 y 11.95 T /ha, respectivamente), mientras que características como el peso de 1000 semillas, peso de grano por panoja y longitud de panoja mostraron una alta correlación con el rendimiento (Arotinco Palomino, 2013).

La conservación de la diversidad morfológica de la quinua no solo es crucial para garantizar la seguridad alimentaria, sino también para preservar el patrimonio cultural y agrícola de las comunidades andinas, que han cultivado y conservado estas variedades durante siglos (Chevarria-Lazo *et al.*, 2014). Sin embargo, la falta de caracterización detallada de muchas accesiones de quinua limita su aprovechamiento en programas de mejoramiento y conservación.

En este sentido, la evaluación de la diversidad morfológica y agronómica en 161 accesiones de quinua permitirá identificar genotipos con potencial adaptativo y productivo, contribuyendo a su conservación y uso sostenible.

5. Hipótesis

Las 161 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) establecidas en el distrito de Lonya Chico, Amazonas, presentan diferencias significativas en sus características morfológicas y agronómicas.

6. Metodología

6.1. Entorno de trabajo

Esta investigación será realizada en el distrito de Lonya Chico, ubicado en la región de Amazonas, con coordenadas geográficas 6°13'11.4"S 77°57'20.2"W y una altitud de 2300 m.s.n.m. La zona ha sido seleccionada debido a sus condiciones climáticas favorables para el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*).

Las actividades de campo incluirán la siembra, manejo agronómico y evaluación de las accesiones en parcelas experimentales establecidas en la localidad. Se garantizará que las características de suelo y las prácticas de manejo agronómico sean uniformes, mientras que las variables climáticas (precipitación, temperatura, humedad) serán monitoreadas para contextualizar los resultados.

La recopilación de datos se realizará directamente en campo, donde se evaluarán las características morfológicas y agronómicas de las accesiones.

6.2. Población, muestra y muestreo

Población: La población estará compuesta por las accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) provenientes del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), las cuales serán establecidas y evaluadas bajo las condiciones agroclimáticas del distrito de Lonya Chico, Amazonas.

Muestra: Estará compuesta por 161 accesiones de quinua establecidas en el distrito de Lonya Chico, Amazonas.

Muestreo: El muestreo será probabilístico, ya que se evaluarán la totalidad de las 161 accesiones de quinua disponibles en la colección. Este enfoque permitirá caracterizar de manera exhaustiva las características morfológicas y agronómicas presentes en las accesiones de quinua.

6.3. Variable del estudio

6.3.1. Variable independiente

- Las 161 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*)

6.3.2. Variable dependiente

La diversidad morfológica y agronómica en 161 accesiones de quinua, serán evaluadas de acuerdo a los descriptores mínimos para quinua por Bioversity International et al., (2013).

- **Características morfológica y agronómica:**
 - Altura de planta (cm)
 - Diámetro del tallo (cm)
 - Hábito de crecimiento
 - Color del tallo principal
 - Forma del tallo interior
 - Forma de la panoja
 - Longitud de la panoja (cm)
 - Diámetro de la panoja (cm)
 - Densidad de la panoja (cm)
 - Color de la panoja al 50 % de la floración
 - Color de la panoja al 50% madurez fisiológica
 - Número de días hasta el 50% de floración
 - Número de días hasta el 50% de la madurez fisiológica
 - Contenido de clorofila al 50% de floración
 - Acame
 - Índice de cosecha
 - Presencia de plagas y enfermedades
 - Forma del grano
 - Diámetro del grano (mm)
 - Peso de 1000 granos (g)

- Rendimiento de semilla por planta (g)
- Grado de dehiscencia
- Color del pericarpio
- Color de la episperma

6.4. Operacionalización de variables

Hace referencia al proceso mediante el cual se traduce un concepto abstracto en indicadores medibles y observables dentro de una investigación científica. Este proceso incluye identificar dimensiones, indicadores y herramientas que permitan analizar cada variable con claridad y precisión (**Véase Tabla 01**). Según Arias Gonzáles (2021), la operacionalización es fundamental para garantizar la relación entre la teoría y práctica de la investigación, facilitando la medición adecuada de los fenómenos estudiados.

Tabla 01

Matriz de operación de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO / ESCALA
Variable Independiente	Accesiones de quinua que corresponden a distintos genotipos de <i>Chenopodium quinoa</i> , los cuales presentan variabilidad fenotípica en sus características morfológicas, agronómicas y fisiológicas.	Conjunto de 161 accesiones de quinua colectadas y evaluadas en el estudio para analizar su diversidad morfológica y agronómica.	Accesiones	Número de accesiones	-
Variable Dependiente	Diversidad morfoagronómica presente en las accesiones de quinua, expresada a través de la variabilidad en sus características morfológicas, agronómicas y fisiológicas, que permiten identificar diferencias entre genotipos.	Medición de la variabilidad en las accesiones de quinua mediante el análisis de parámetros fenotípicos y agronómicos, considerando rasgos como altura de planta, tamaño y forma de la panoja, días a floración, rendimiento de grano, entre otros.	Características morfológica y agronómica	Altura de planta	Cinta métrica / cm
				Diámetro del tallo	Vernier / cm
				Hábito de crecimiento	Observación directa
				Color del tallo principal	Escala de colores
				Forma del tallo principal	Descripción cualitativa
				Forma de la panoja	Clasificación morfológica
				Longitud de la panoja	Cinta métrica / cm
				Diámetro de la panoja	Cinta métrica / cm
				Densidad de la panoja	Escala de densidad
				Color de la panoja al 50 % de la floración	Escala de colores

Color de la panoja al 50% de la madurez fisiológica	Escala de colores
Número de días hasta el 50% de floración	Registro de días
Número de días hasta el 50% de la madurez fisiológica	Registro de días
Contenido de clorofila al 50% de floración	Medidor SPAD
Acame	Escala de acame
Índice de cosecha	Balanza digital / Porcentaje
Presencia de plagas y enfermedades	Observación y registro
Forma del grano	Clasificación morfológica
Diámetro del grano	Vernier / mm
Peso de 1000 granos	Balanza digital / g
Rendimiento de semillas por planta	Balanza digital / g
Grado de dehiscencia	Escala de dehiscencia
Color de pericarpio	Escala de colores
Color de la episperma	Escala de colores

6.5. Métodos

6.5.1. Tipo y nivel de la investigación

Este trabajo corresponde a una investigación básica o fundamental, ya que se busca generar conocimiento científico sobre la caracterización morfológica y agronómica en 161 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*). Su propósito es evaluar y describir sus características morfológicas y agronómicas, sin un objetivo aplicado inmediato, pero sentará las bases para futuras investigaciones, así como para iniciativas de mejora genética, conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos genéticos de la quinua.

De nivel descriptivo, cuyo objetivo es caracterizar y documentar la diversidad en 161 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*) mediante la evaluación de sus características morfológicas y agronómicas. Dado que no se manipularán las variables dependientes, sino que se observarán y tomarán datos de las accesiones en su entorno natural, este estudio permitirá identificar accesiones sobresalientes y generar información relevante para su posible uso en programas de mejoramiento y conservación

6.5.2. Diseño de la investigación

El estudio empleará un diseño de investigación no experimental, dado que no se manipularán variables ni se aplicarán tratamientos. Para la evaluación de las accesiones de quinua, se implementará un Diseño Aumentado, que permite evaluar un gran número de accesiones sin necesidad de repeticiones en todos los tratamientos, pero incluyendo testigos repetidos como referencia. Este diseño es adecuado para estudios de caracterización agronómica, ya que permite analizar la diversidad existente en condiciones homogéneas.

6.5.3. Técnicas e instrumentos para la recopilación de datos

Método y técnica: Para desarrollar el estudio, se utilizará un método descriptivo en la que se utilizarán técnicas como la observación directa y el análisis cuantitativo y cualitativo para medir variables dependientes como la caracterización morfológica y agronómica de las 161 accesiones de quinuas. El objetivo de ello es la recopilación de datos tomados en campo, utilizando instrumentos y herramientas especializados para garantizar la precisión y confiabilidad en las mediciones.

6.5.4. Procedimiento e instrumentos para recopilación de datos

El presente estudio se llevará a cabo utilizando un total de 161 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa*), procedentes del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH). Estas accesiones representan una amplia diversidad genética, recolectada de diversas zonas agroecológicas del Perú, y serán establecidas en el distrito de Lonya Chico, Amazonas, para su evaluación bajo condiciones locales.

La caracterización morfológica y agronómica de la quinua se realizará mediante un análisis detallado durante las etapas de floración y madurez fisiológica, siguiendo los descriptores mínimos establecidos por International et al. (2013). Cada variable será evaluada a través de métodos estandarizados que incluyen mediciones directas en campo, observaciones sistemáticas y registros precisos, utilizando tanto tabletas como cuadernos de campo. Este enfoque garantiza la obtención de datos confiables y comparables, fundamentales para el análisis posterior.

En cuanto a la caracterización morfológica, se evaluarán aspectos como el hábito de crecimiento, clasificado mediante observación directa como herbáceo o arbustivo; la altura de la planta, medida con una cinta métrica; y el diámetro del tallo, determinado con un vernier. Además, se describirá el color del tallo principal mediante una escala de colores y se registrará la forma del tallo a través de una descripción cualitativa. Respecto a la

panoja, se analizará su forma mediante clasificación morfológica, se medirá su longitud y diámetro, se evaluará su densidad utilizando una escala específica. Asimismo, se registrará el color de la panoja al 50 % de la floración y al 50 % de la madurez fisiológica, empleando una escala de colores.

En el ámbito agronómico, se documentará el número de días hasta alcanzar el 50 % de floración y madurez fisiológica mediante registros diarios. El contenido de clorofila se medirá en campo con un medidor SPAD, mientras que el acame se evaluará utilizando una escala específica. El índice de cosecha se calculará con una balanza digital, aplicando la fórmula $IC = \frac{Pg}{Pb+Pg} * 100$, donde Pg representa el peso del grano y Pb el peso de la broza International et al. (2013).

También se registrará la presencia de plagas y enfermedades mediante observaciones y registros sistemáticos. En cuanto al grano, se analizará su forma mediante clasificación morfológica, se medirá su diámetro, y se determinará el peso de 1000 granos y el rendimiento de semillas por planta utilizando una balanza digital. Finalmente, se evaluará el grado de dehiscencia mediante una escala específica, y se registrarán los colores del pericarpio y la episperma empleando escalas de colores.

Este enfoque integral permitirá una evaluación exhaustiva de las características morfológicas y agronómicas de las accesiones de quinua, proporcionando información valiosa para futuros estudios, mejoramiento genético y conservación de este importante cultivo.

6.6. Cronograma

Figura 01

Diagrama de Gantt de la planificación de actividades

ID	Nombre de la Actividad	Duración (meses)	Inicio	Fin	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	1. Elaboración del proyecto	1	10/01/2025	10/02/2025	x											
2	2. Revisión bibliográfica	1	10/01/2025	10/02/2025	x											
3	3. Redacción del proyecto	1	10/01/2025	10/02/2025	x											
4	3. Revisión y corrección del proyecto	1	10/02/2025	10/03/2025		x	x									
5	4. Instalación del estudio	8	10/01/2025	10/08/2025	x	x	x	x	x	x	x	x				
6	4.1. Preparación de terreno	1	10/01/2025	10/02/2025	x											
7	4.2. Siembra	1	10/02/2025	10/03/2025	x											
8	4.3. Fertilización	1	10/03/2025	10/04/2025		x										
9	4.4. Desahije	1	10/03/2025	10/04/2025		x	x									
10	4.5. Control de malezas	3	10/03/2025	10/06/2025		x	x	x								
11	4.6. Control fitosanitario	3	10/03/2025	10/07/2025		x	x	x	x							
12	4.7. Cosecha	2	10/06/2025	20/07/2025							x	x				
13	5. Recolección de datos	5	10/03/2025	10/07/2025				x	x	x	x	x				
14	5.1. Evaluación caracterización morfológica	5	10/03/2025	10/07/2025				x	x	x	x	x				
15	5.2. Evaluación de características agronómicas	5	10/03/2025	10/07/2025				x	x	x	x	x				
16	6. Análisis de datos	2	10/06/2025	10/08/2025							x	x	x			
17	7. Elaboración de informe	1	10/09/2025	10/10/2025									x	x		
18	8. Revisión y corrección de informe	1	10/10/2025	10/11/2025											x	
19	9. Presentación y sustentación	1												x
Total de meses		12	10/01/2025	10/12/2025	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

6.7. Diseño experimental

En la investigación se empleará un diseño aumentado, adecuado para evaluar un total de 158 accesiones de quinua junto con 3 testigos (cultivares mejorados). El experimento estará compuesto por 16 bloques, donde cada uno contiene tanto las accesiones como los testigos distribuidos aleatoriamente para minimizar el efecto de la variabilidad ambiental.

Cada bloque se organiza en 13 columnas y 16 filas, distribuyendo las unidades experimentales de manera que los testigos se repiten en cada bloque, mientras que las accesiones se encuentran sin repetición, lo que caracteriza el diseño aumentado. Las parcelas experimentales tendrán dimensiones de 3 metros de largo por 0.75 metros de ancho, con una distancia entre plantas de 0.10 metros.

Figura 02

Diseño aumentado, adecuado para evaluar un total de 161 accesiones de quinua.

Augmented RCBD Layout 16 x 13

16	0	0	161	1	160	159	158	157	156	155	3	2	154
15	144	3	145	146	147	148	149	150	151	1	152	153	2
14	143	142	141	3	140	139	2	138	137	1	136	135	134
13	124	125	126	127	1	128	129	3	130	131	2	132	133
12	123	122	121	120	119	118	3	1	117	2	116	115	114
11	04	05	06	07	08	1	2	09	110	111	112	3	113
10	03	2	02	01	1	00	99	3	98	97	96	95	94
9	84	2	85	86	87	1	88	89	3	90	91	92	93
8	83	82	81	2	80	79	3	78	77	1	76	75	74
7	64	65	66	1	67	68	2	69	70	71	3	72	73
6	3	63	62	1	61	60	59	58	2	57	56	55	54
5	44	1	45	46	3	47	48	49	50	51	52	53	2
4	43	42	41	40	39	3	38	1	37	2	36	35	34
3	3	24	25	26	27	1	28	29	30	31	2	32	33
2	23	22	3	21	20	1	2	19	18	17	16	15	14
1	4	5	6	7	8	1	3	9	10	11	2	12	13
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

COLUMNS

6.8. Análisis de datos

Se realizará mediante el software R versión 4.4.3 (R Core Team, 2025), un lenguaje de programación y entorno de código abierto ampliamente reconocido por su capacidad para gestionar, analizar y visualizar datos de manera eficiente y reproducible. Este programa permite realizar análisis estadísticos avanzados, aplicar modelos de regresión, pruebas de hipótesis y análisis multivariado, lo cual es ideal para proyectos científicos que requieren un manejo robusto y preciso de grandes conjuntos de datos (Giorgi et al., 2022).

Dentro de las técnicas que se implementaran en R, se encuentran :

- (i) Análisis de Varianza (ANOVA). Es un método estadístico que se emplea para determinar si existe diferencias significativas entre los promedios de dos o más grupos. Utilizada en una amplia gama de experimentos científicos para determinar si existen efectos significativos dentro de los tratamientos o factores estudiados (Boqué & Maroto, 2004). Funcionen como “aov” y “anova” en R facilita la implantación del análisis (Okoye et al., 2024).

- (ii) Análisis de componentes principales (PCA por sus siglas en ingles). Es un método estadístico que facilita la reducción de la dimensionalidad de un conjunto de variables correlacionadas a un conjunto de componentes principales no correlacionados; es útil, pues permite visualizar estructuras o patrones en datos multivariados (Holland, 2008). Para su implementación, se utilizará el paquete FactoMineR (Lê *et al.*, 2008), una herramienta especializada en análisis exploratorio multivariado en R. Asimismo, se considerarán solo las variables cuantitativas. Por otro lado, se realizará un Análisis Factorial de Datos Mixtos (FAMD) en el mismo paquete de R para así integrar la data cualitativa y cuantitativa.

- (iii) Cluster analysis. Es un conjunto de métodos estadísticos diseñados para identificar estructuras de grupos o clases dentro de un conjunto de datos. Esta técnica permite agrupar observaciones en clústeres según su similitud u homogeneidad, lo que facilita la detección de patrones naturales en los datos (Flynt & Dean, 2016).

7. Referencias bibliográficas.

- Abugoch James, L. E. (2009a). Chapter 1 Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): *Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties*. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1–31. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Abugoch James, L. E. (2009b). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): *composition, chemistry, nutritional, and functional properties*. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1–31. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(09\)58001-1](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(09)58001-1)
- Arias Gonzáles, J. L. (2021). Guía para elaborar la operacionalización de variables. *Espacio I+D: Innovación Más Desarrollo*, 10(28).
- Arotinco Palomino, J. (2013). *Respuesta agro-morfológica de 36 cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) altiplánicas, cultivadas a 2750 msnm Ayacucho* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/6bd169fa-b6a3-4e11-8a6e-a9ec56caf2fd>
- Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF & FIDA. (2013). *Descriptores para quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres*. Bioversity International.
- Boqué, R., & Maroto, A. (2004). El análisis de la varianza (ANOVA) 1. Comparación de múltiples poblaciones. *Téc. Lab*, 294, 680-683.
- Chevarria-Lazo, M., Bazile, D., Dessauw, D., Louafi, S., Trommetter, M., & Hocde, H. (2014). Los sistemas que regulan el intercambio de los recursos genéticos: importancia para el acceso, la circulación y la innovación en el caso de la quinua. En D. Bazile, H. D. Bertero, & C. Nieto (Eds.), *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013* (pp. 95-123). FAO-CIRAD. https://www.fao.org/quinoa-2013/publications/detail/es/item/279313/icode/?no_mobile=1

- Flynt, A., & Dean, N. (2016). A Survey of Popular R Packages for Cluster Analysis. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 41(2), 205-225. <https://doi.org/10.3102/1076998616631743>
- Fuentes, F. F., Maughan, P. J., & Jellen, E. N. (2009). Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Revista geográfica de Valparaíso*, 42, 20-33.
- Giorgi, F. M., Ceraolo, C., & Mercatelli, D. (2022). The R Language: An Engine for Bioinformatics and Data Science. In *Life* (Vol. 12, Issue 5). <https://doi.org/10.3390/life12050648>
- Holland, S. M. (2008). Principal components analysis (PCA). *Department of Geology, University of Georgia, Athens, GA, 30602*, 2501.
- Laura, R. (2023). Caracterización agronómica y morfológica de las accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) obtenidas ancestralmente vía Descriptor Bioversity International. *Revista de Investigaciones*, 12, 1-14.
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- León, P. (2020). Caracterización morfológica y componentes de rendimiento de cien accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cuatro regiones del país [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6428>
- Maradini-Filho, A. M. (2017). Quinoa: Nutritional aspects. *Journal of Nutraceuticals and Food Science*, 2(1), 3.
- Molina Sagua, M. (2016). Evaluación fenológica y variación del rendimiento de cultivares nativos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) en tres zonas agroecológicas de Puno [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/12130>
- Moosavi, S. S., Moradi Rizvandi, R., Abdollahi, M. R., & Bagheri, M. (2022). Evaluation of Diversity and Application of Agronomic, Morphological, and Physiological Traits to Improve Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grain Yield. *Isfahan University of Technology - Journal of Crop*

Production and Processing, 11(4), 53–68.
<https://doi.org/10.47176/JCPP.11.4.26417>

Naim, J., Khatun, S. M., Das, B., Mim, M. H., Akter, S., Shakil, M. R., Shozib, H. B., Toderich, K., & Hossain, M. A. (2024). Phenotyping of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes for Morphological, Yield and Nutritional Quality Traits. *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 93(12), 3443–3463.
<https://doi.org/10.32604/PHYTON.2024.058786>

Okoye, K. y Hosseini, S. (2024). Análisis de varianza (ANOVA) en R: ANOVA unidireccional y bidireccional. En *Programación R: Análisis estadístico de datos en investigación* (pp. 187-209). Singapur: Springer Nature Singapore.

Pilatásig Molina, F. E. (2023). *Los efectos del cambio climático sobre la producción de quinua y la capacidad de adaptación de los agricultores de la comunidad de San José de la parroquia Juan Montalvo del cantón Latacunga* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi].
<https://repositorio.utc.edu.ec/items/2c3e1565-ab4e-4709-9c56-74a12b90a252>

Quispe, J. H., Prudencio, L. M., Quispe, J. H., & Prudencio, L. M. (2024). Sostenibilidad de la producción de quinua en las comunidades andinas de Anta, Cusco - Perú antes de la pandemia. *Idesia (Arica)*, 42(4), 12–22. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292024000400012>

R Core Team. (2025). *R: A language and environment for statistical computing* (Versión 4.4.3). R Foundation for Statistical Computing.

Shen, Z. J., Xu, S. X., Huang, Q. Y., Li, Z. Y., Xu, Y. D., Lin, C. S., & Huang, Y. J. (2022). TMT proteomics analysis of a pseudocereal crop, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), during seed maturation. *Frontiers in Plant Science*, 13, 975073. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2022.975073>

Taco, R. E. P., Pando, L. R. G., & Otiniano, A. M. J. (2020). Sostenibilidad ambiental de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los valles interandinos del Perú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3), 1–17.
https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1309