



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA ECONÓMICA
UNIDAD DE SEGUNDA ESPECIALIDAD



**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE VARIEDADES DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN QUISUARANI,
MELGAR, PUNO - 2024**

TESIS

PRESENTADA POR:

JOSE DAVID APAZA CALCINA

PARA OPTAR EL TÍTULO DE SEGUNDA ESPECIALIDAD EN

FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE

PROYECTOS DE INVERSIÓN

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE VARIETADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN QUISUARANI, MELGAR

AUTOR

JOSE DAVID APAZA CALCINA

RECuento de palabras

21898 Words

RECuento de caracteres

120809 Characters

RECuento de páginas

124 Pages

Tamaño del archivo

3.1MB

Fecha de entrega

Oct 17, 2024 7:41 PM GMT+7

Fecha del informe

Oct 17, 2024 7:43 PM GMT+7

● 5% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


Dr. Ronald Paul Avila Choque
COLEGIATURA C.E.P. Nº 128



Dr. Fortunato Escobar Mamani
COORDINADOR INVESTIGACIÓN
SEGUNDA ESPECIALIDAD - FIE

Resumen



DEDICATORIA

A mis amados padres, Hermelinda y Esteban, quienes siempre estuvieron a mi lado, ofreciéndome su apoyo y sus sabios consejos, ayudándome a ser una mejor persona. A mi compañera de vida, Rosan, le agradezco profundamente por su amor, confianza, y apoyo para desarrollarme profesionalmente. A mis queridos hijos, Joseph y Arlet, quienes son mi motivación e inspiración constante para seguir adelante.

Jose David Apaza Calcina.



AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por las bendiciones que me otorga cada día y por su constante guía en mi vida.
- A la Universidad Nacional del Altiplano, por darme la oportunidad de cursar la Segunda Especialidad en Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión.
- A los docentes que compartieron su conocimiento y me guiaron a lo largo de mis estudios.
- A mi asesor, Dr. Ronald Paul Ávila Choque, por su valiosa orientación en la culminación de este trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado, cuya orientación, revisión y sugerencias hicieron posible la finalización de esta tesis.
- A mi familia, que es mi fuente de fortaleza para seguir adelante, les expreso mi más profundo agradecimiento.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. Pregunta general.....	15
1.2.2. Preguntas específicas	15
1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.3.1. Hipótesis general.....	16
1.3.2. Hipótesis específicas	16
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1. Objetivo general	17
1.4.2. Objetivos específicos	17
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	18
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES	20
2.2. MARCO TEÓRICO	26



2.3. MARCO CONCEPTUAL	38
CAPÍTULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	41
3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	43
3.3. MATERIAL UTILIZADO.....	43
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	43
3.5. MÉTODO	44
3.6. PROCEDIMIENTO.....	44
3.7. VARIABLES	47
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. RESULTADOS.....	49
4.2. DISCUSIÓN	82
V. CONCLUSIONES.....	89
VI. RECOMENDACIONES.....	91
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS.....	100

Área: Ciencias agrícolas

Tema: Caracterización agronómica de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Quisuarani, Melgar, Puno – 2024.

Fecha de sustentación: 01/Oct/2024



INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Comparación de la variable altura de planta entre las ocho variedades de quinua.....	52
Figura 2 Comparación de la variable diámetro de tallo entre las ocho variedades de quinua.....	54
Figura 3 Comparación de la variable diámetro de panoja entre las ocho variedades de quinua.....	56
Figura 4 Comparación de la variable longitud de panoja entre las ocho variedades de quinua.....	58
Figura 5 Comparación de la variable días hasta madurez fisiológica entre las ocho variedades de quinua.....	60
Figura 6 Comparación de la variable susceptibilidad a <i>Peronospora</i> sp. entre las ocho variedades de quinua.....	62
Figura 7 Comparación de la variable Susceptibilidad a <i>Eurysacca</i> sp. entre las ocho variedades de quinua.....	64
Figura 8 Comparación de la variable reacción a sequía entre las ocho variedades de quinua.....	66
Figura 9 Comparación de la variable peso de 1000 granos entre las ocho variedades de quinua.....	68
Figura 10 Comparación de la variable rendimiento de semilla por planta entre las ocho variedades de quinua.....	70
Figura 11 Comparación de la variable rendimiento de semilla por hectárea entre las ocho variedades de quinua.....	72



Figura 12	Correlación de Pearson de variables cuantitativas evaluadas en las ocho variedades de quinua.....	75
Figura 13	Análisis de componentes principales de variables cuantitativas evaluadas en las ocho variedades de quinua. Biplot de las variables (A) y variedades (B).	78
Figura 14	Análisis dendrograma de las ocho variedades de quinua, basado en variables cuantitativas. Árbol filogenético (A) y agrupamiento de variedades de quinua (B).	81



INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Prueba de SNK al 5% para altura de planta de ocho variedades de quinua.	51
Tabla 2 Prueba de SNK al 5% para diámetro de tallo de ocho variedades de quinua.	53
Tabla 3 Prueba de SNK al 5% para diámetro de panoja de ocho variedades de quinua.	55
Tabla 4 Prueba de SNK al 5% para longitud de panoja de ocho variedades de quinua.	57
Tabla 5 Prueba de SNK al 5% para número de días a madurez fisiológica de ocho variedades de quinua.....	59
Tabla 6 Prueba de SNK al 5% para susceptibilidad a Peronospora sp. de ocho variedades de quinua.....	61
Tabla 7 Prueba de SNK al 5% para susceptibilidad a Eurysacca sp. de ocho variedades de quinua.....	63
Tabla 8 Prueba de SNK al 5% para reacción a sequía de ocho variedades de quinua.	65
Tabla 9 Prueba de SNK al 5% para peso de 1000 granos de ocho variedades de quinua.	67
Tabla 10 Prueba de SNK al 5% para rendimiento de semilla por planta de ocho variedades de quinua.....	69
Tabla 11 Prueba de SNK al 5% para rendimiento de semilla por hectárea de ocho variedades de quinua.....	71



ACRÓNIMOS

FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
MIDAGRI	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
RSE	Reacción a la sequía
SPER	Susceptibilidad a <i>Peronospora sp.</i>
AP	Altura de la planta
DT	Diámetro del tallo principal
DP	Diámetro de la panoja
LP	Longitud de la panoja
DMF	Número de días hasta el 50% de la madurez fisiológica
SEUR	Susceptibilidad a <i>Eurysacca sp.</i>
PG	Peso de 1000 granos
RSP	Rendimiento de semilla por planta
RPH	Rendimiento por hectárea



RESUMEN

La versatilidad agronómica de la quinua permite su cultivo en un amplio rango de altitudes y condiciones climáticas. Sin embargo, a pesar de su inherente resistencia y adaptabilidad, el rendimiento y la adaptación pueden variar significativamente dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas locales. Bajo este contexto, el objetivo de la investigación es evaluar las características agronómicas de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Quisuarani, Melgar, Puno – 2024. La investigación tiene un enfoque cuantitativo, alcance explicativo y diseño experimental. El trabajo de investigación constó de ocho tratamientos (variedades de quinua), con cinco repeticiones, con un total de 40 unidades experimentales, con un diseño de bloques completamente al azar. Como resultado, se obtuvo que las variedades Altiplano, Blanca de Junín, Huallhuas y Pasankalla se destacaron por su mayor capacidad de desarrollo vegetativo. Las variedades Pasankalla y Altiplano destacaron por sus mayores pesos de 1000 granos, con medias de 3.36 g y 2.9 g, respectivamente. En términos de rendimiento por hectárea, Illpa INIA con 3241.65 Kg.ha⁻¹ y Altiplano con 3031.49 Kg.ha⁻¹ demostraron los mayores rendimientos. Illpa INIA mostró mayor resistencia a *Peronospora sp.* y *Eurysacca sp.* En relación a la tolerancia a sequía, Pasankalla y Kankolla demostraron ser las más tolerantes. En conclusión, las variedades Illpa INIA, Altiplano, y Pasankalla fueron las más prometedoras con un buen equilibrio en crecimiento vegetativo, rendimiento y tolerantes a factores adversos.

Palabras clave: Adaptabilidad, características agronómicas, mildiu, quinua, rendimiento.



ABSTRACT

The agronomic versatility of quinoa allows its cultivation in a wide range of altitudes and climatic conditions. However, despite its inherent resistance and adaptability, performance and adaptation can vary significantly depending on local climatic and soil conditions. Under this context, the objective of the research is to evaluate the agronomic characteristics of quinoa varieties (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Quisuarani, Melgar, Puno – 2024. The research has a quantitative approach, explanatory scope and experimental design. The research work consisted of eight treatments (quinoa varieties), with five repetitions, with a total of 40 experimental units, with a completely randomized block design. As a result, it was found that the Altiplano, Blanca de Junín, Huallhuas and Pasankalla varieties stood out for their greater capacity for vegetative development. The Pasankalla and Altiplano varieties stood out for their higher weights per 1000 grains, with averages of 3.36 g and 2.9 g, respectively. In terms of yield per hectare, Illpa INIA with 3241.65 Kg.ha⁻¹ and Altiplano with 3031.49 Kg.ha⁻¹ demonstrated the highest yields. Illpa INIA showed greater resistance to *Peronospora sp.* and *Eurysacca sp.* In relation to drought tolerance, Pasankalla and Kankolla proved to be the most tolerant. In conclusion, the varieties Illpa INIA, Altiplano, and Pasankalla were the most promising with a good balance in vegetative growth, yield and tolerance to adverse factors.

Keywords: Adaptability, agronomic characteristics, mildew, quinoa, yield.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se ha consolidado como un cultivo de gran relevancia en la agricultura andina, no solo por su alto valor nutritivo, sino también por su capacidad de adaptarse a diversas condiciones agroecológicas. Originaria de los Andes, la quinua es reconocida por su perfil nutricional excepcional, que incluye proteínas completas, altos niveles de fibra, vitaminas y minerales esenciales, lo que la convierte en un alimento crucial para la seguridad alimentaria en muchas regiones andinas (Pathan & Siddiqui, 2022). Su versatilidad agronómica permite su cultivo en una amplia gama de altitudes y condiciones climáticas, desde el nivel del mar hasta los 4.000 metros sobre el nivel del mar (Basantes-Morales et al., 2019). Sin embargo, a pesar de su resistencia inherente y adaptabilidad, el rendimiento y la adaptación de las variedades de quinua pueden variar significativamente dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas locales.

En la región de Puno, ubicada en el altiplano andino del sur de Perú, las características agroecológicas presentan desafíos particulares para el cultivo de quinua. Esta región se caracteriza por un clima frío y semiárido, con temperaturas que pueden variar drásticamente entre el día y la noche. Las temperaturas medias anuales en Puno oscilan entre 5°C y 10°C, con una amplitud térmica diaria que puede llevar las mínimas nocturnas hasta -5°C y las máximas diurnas hasta 20°C. Estas condiciones extremas pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que las fluctuaciones térmicas



pueden inducir estrés y limitar el desarrollo óptimo de las variedades de quinua (Basantes-Morales et al., 2019; Jacobsen et al., 2003).

Adicionalmente, los suelos de la región son generalmente pobres en nutrientes, lo que presenta un reto adicional para la producción de quinua. La deficiencia en nutrientes esenciales puede limitar el crecimiento vegetativo y el rendimiento de los cultivos, requiriendo el uso de prácticas de manejo que mejoren la fertilidad del suelo o la selección de variedades adaptadas a condiciones de baja fertilidad (Ruiz, 2023). Además, la alta irradiación solar y las limitadas precipitaciones, que se concentran principalmente entre diciembre y marzo, contribuyen a la aridez del suelo y aumentan la competencia por recursos hídricos.

La presencia de factores bióticos y abióticos adversos también representa un desafío significativo. El ataque de patógenos como *Peronospora sp.* y *Eurysacca sp.* puede reducir considerablemente el rendimiento y la calidad del grano de quinua, mientras que la sequía prolongada puede afectar negativamente la viabilidad del cultivo (Colque-Little et al., 2021; Jacobsen et al., 2003). Estos factores contribuyen a un entorno agroecológico complejo en el que la adaptación de las variedades de quinua puede determinarse por su capacidad para resistir y prosperar en condiciones adversas.

Ante este contexto, surge la necesidad de evaluar las características agronómicas de distintas variedades de quinua bajo estas condiciones específicas, con el fin de identificar aquellas con mayor potencial de rendimiento y adaptación. La variabilidad en el desarrollo vegetativo, el rendimiento de semilla y la resistencia a factores adversos son aspectos clave que pueden influir en la productividad y sostenibilidad del cultivo. La identificación de variedades con características superiores no solo contribuiría a optimizar la producción en la zona, sino que también proporciona información valiosa para la



selección de cultivares en otras zonas con condiciones agroecológicas similares (Basantes-Morales et al., 2019).

En este sentido, la presente investigación se enfoca en evaluar de manera exhaustiva las características agronómicas de ocho variedades de quinua en Quisuarani, Melgar, Puno. A través de un análisis detallado de parámetros como la altura de planta, diámetro de tallo, diámetro y longitud de panoja, así como el rendimiento de semilla y su resistencia a factores bióticos y abióticos, se busca identificar las variedades con mayor potencial para su cultivo en esta región y otras áreas con desafíos agroecológicos similares.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Pregunta general

¿Cuáles son las características agronómicas de las variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Quisuarani, Melgar, Puno – 2024?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cuáles son las diferencias en el desarrollo vegetativo de las ocho variedades de quinua en términos de altura de planta, diámetro de tallo, diámetro y longitud de panoja?
- ¿Cómo responden las variedades de quinua a factores bióticos como *Peronospora sp.* y *Eurysacca sp.*, y abióticos como la sequía, y qué impacto tienen estas respuestas en su viabilidad y sostenibilidad?



- ¿Qué niveles de rendimiento de semilla y sus componentes (peso de 1000 granos, rendimiento por planta, y rendimiento por hectárea) presentan las ocho variedades de quinua, y cuáles de ellas son más productivas?

1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Hipótesis general

Existe diferencias significativas en las características agronómicas de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Quisuarani, Melgar, Puno – 2024.

1.3.2. Hipótesis específicas

- Existen diferencias significativas en el desarrollo vegetativo de las ocho variedades de quinua, manifestadas en variaciones en la altura de planta, diámetro de tallo, diámetro y longitud de panoja.
- Las variedades de quinua responden de manera diferencial a factores bióticos como *Peronospora sp.* y *Eurysacca sp.*, y abióticos como la sequía, con ciertas variedades demostrando una mayor viabilidad y sostenibilidad debido a su mayor resistencia y adaptabilidad a estos factores.
- Las ocho variedades de quinua presentan niveles de rendimiento de semilla y sus componentes (peso de 1000 granos, rendimiento por planta, y rendimiento por hectárea) significativamente distintos, con algunas variedades mostrando una mayor productividad.



1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las características agronómicas de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Quisuarani, Melgar, Puno – 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las diferencias en el desarrollo vegetativo de las ocho variedades de quinua en términos de altura de planta, diámetro de tallo, diámetro y longitud de panoja.
- Evaluar la resistencia y susceptibilidad de las variedades de quinua a factores bióticos y abióticos, como *Peronospora sp.*, *Eurysacca sp.* y la sequía, para determinar su viabilidad y sostenibilidad.
- Evaluar el rendimiento de semilla y sus componentes (peso de 1000 granos, rendimiento por planta, y rendimiento por hectárea) en cada una de las ocho variedades de quinua, identificando aquellas con mayor productividad.



1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El presente estudio se justifica debido a la creciente importancia de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) como un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola, especialmente en regiones de alta altitud como Quisuarani, Melgar, Puno. Este cultivo ha sido ampliamente reconocido no solo por su alto valor nutricional, sino también por su adaptabilidad a condiciones agroecológicas adversas, lo que lo convierte en una opción viable para la diversificación de cultivos en zonas marginales (Basantes-Morales et al., 2019; Jacobsen et al., 2005).

La zona de Quisuarani, ubicada en el altiplano de Puno, presenta un entorno caracterizado por suelos ácidos, bajas temperaturas nocturnas y escasa disponibilidad de agua, factores que limitan la producción agrícola tradicional. En este contexto, la identificación de variedades de quinua con alto potencial de rendimiento y adaptación es crucial para mejorar la productividad agrícola, garantizar la seguridad alimentaria local y promover prácticas agrícolas sostenibles (Mukhopadhyay et al., 2021).

El análisis del comportamiento agronómico de las ocho variedades seleccionadas permitirá identificar aquellas que presentan ventajas competitivas en términos de desarrollo vegetativo, rendimiento de semilla, y resistencia a factores bióticos y abióticos. Estos aspectos son fundamentales para determinar la viabilidad de cada variedad en las condiciones específicas y, por ende, para optimizar las decisiones de manejo agrícola en la región (Curti et al., 2014; Vergara et al., 2020).

Además, la evaluación de la resistencia de estas variedades a enfermedades como *Peronospora sp.* y plagas como *Eurysacca sp.*, así como su capacidad para tolerar la sequía, es esencial para seleccionar variedades que no solo ofrezcan altos rendimientos,



sino que también sean resilientes frente a los desafíos climáticos y biológicos que enfrentan los agricultores locales (Jacobsen et al., 2003).

Este estudio contribuirá a la generación de conocimiento técnico y científico que puede ser aplicado para la mejora de la productividad agrícola en Quisuarani y en otras regiones con condiciones similares. Además, los resultados obtenidos servirán como base para futuros programas de mejoramiento genético y manejo agronómico, orientados a fortalecer la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria en el contexto de un clima cambiante.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

EL-Harty et al. (2021) informaron que el cultivo de quinua se ha extendido globalmente desde América del Sur, gracias a su notable adaptabilidad y valor nutricional. En su estudio de 32 genotipos de quinua en Arabia Saudita durante 2018-2019, evaluaron 17 rasgos cualitativos y 11 cuantitativos. Observaron amplias variaciones en características como la altura de las plantas, que osciló entre 60 y 180 cm, y el periodo de maduración, que varió de 98 a 177 días. Las formas de las hojas se presentaron como romboidales o triangulares con bordes dentados o aserrados, predominando el color verde en las hojas y panículas durante la floración, y otros colores como blanco, morado, y blanco-rojo en los gránulos de las hojas. A través de un análisis de clúster, dividieron los genotipos en cuatro grupos principales basados en sus características morfológicas y genéticas. Utilizando el análisis molecular, encontraron una alta variabilidad genética, especialmente en los genotipos de América del Sur, lo que subraya su potencial para programas de mejoramiento de quinua.

Vergara et al. (2020) se propusieron en su estudio describir las características morfológicas que distinguen los diferentes cultivares y evaluar las características agronómicas que influyen en el rendimiento de quinua cultivada en el sur de Rio Grande do Sul. La quinua, un grano originario de los Andes, se consume mundialmente debido a su valor nutricional. Dado que su introducción y producción en Brasil son relativamente nuevas, es crucial realizar investigaciones que impulsen su cultivo. Se examinaron aspectos del tallo, hojas e inflorescencias, así como el número de semillas por rama, el



número de ramas y el peso de mil semillas, para determinar las características agronómicas. El rendimiento de los cultivares se calculó utilizando una fórmula ajustada para el rendimiento estimado. Los resultados mostraron que las características de las hojas podrían ser útiles para diferenciar entre los cultivares, y que es posible prever el rendimiento del cultivo mediante una fórmula específica.

Coronado et al. (2021) destacan la importancia de la quinua como un cultivo andino de alto valor nutricional y económico, adaptado a diversas condiciones ambientales. En Colombia, específicamente en regiones como Cundinamarca, Nariño y Boyacá, se ha notado una escasez de semillas de calidad, lo que presenta desafíos significativos para su cultivo. El estudio en cuestión se centró en evaluar las características agromorfológicas de 50 genotipos de quinua del germoplasma de Boyacá, utilizando un diseño experimental completamente al azar en un campo en Tunja. Se utilizaron análisis multivariados y técnicas de agrupamiento para analizar 16 descriptores cualitativos, como la forma de la panícula y el color del epispermo, y cinco descriptores cuantitativos, incluyendo la altura de la planta y el número de panículas. Los hallazgos indicaron una variación considerable en las características relacionadas con el rendimiento, donde el análisis de componentes principales (ACP) de los descriptores cuantitativos reveló que los principales contribuyentes a la variabilidad fueron la altura, longitud, diámetro y número de panículas, explicando el 88% de la variación total. Además, se identificaron grupos de características tanto cuantitativas como cualitativas, destacando aspectos como la forma del tallo y el color de las axilas. La caracterización agromorfológica demostró una amplia diversidad genética y fenotípica, subrayando la necesidad de preservar esta variabilidad para su aprovechamiento en programas de mejoramiento genético de la quinua.



Infante et al. (2018) informan que en Boyacá se cultivan diversas variedades de *Chenopodium quinoa* Willd., lo que resulta en una variedad en tamaño de grano y niveles de saponinas, impactando así la calidad y el rendimiento de los productos derivados y su mercado. Dependiendo de la necesidad específica del comprador, se seleccionan variedades dulces para productos de panadería o aquellas con alto contenido de saponina para la industria de detergentes. El estudio se centró en comparar los caracteres morfológicos y parámetros fisiológicos de seis variedades de quinua durante sus etapas vegetativas y reproductivas para facilitar su identificación mediante una clave taxonómica. Las pruebas incluyeron la observación de germinación, medición del peso y diámetro de las semillas, además de la evaluación de la altura total de las plántulas, la longitud del hipocótilo y de la lámina cotiledonar, y los cambios en la pigmentación roja. Los resultados mostraron variaciones significativas entre las variedades: Blanca Real tuvo la más alta germinación (98%), Amarilla Marangani destacó por el mayor peso y tamaño de semillas, y cotiledones más largos, mientras que las plántulas de las variedades Negra y Piartal fueron más bajas. Las variedades Blanca de Jericó, Blanca Real y Piartal mostraron pigmentaciones rojizas débiles. Identificar correctamente estas variedades permitirá optimizar los procesos de producción, comercialización y procesamiento.

Hussain et al. (2020) realizaron un estudio sobre la quinua, un cultivo halófilo conocido por su resistencia a varios estreses abióticos, como la salinidad. En su investigación, evaluaron la tolerancia a la salinidad de seis variedades de quinua de la costa de Chile, analizando parámetros agrofisiológicos como altura de la planta, número de ramas y panículas por planta, longitud de la panícula, así como características bioquímicas como el porcentaje de carbono y nitrógeno en hojas, contenido proteico del grano y rendimiento bajo tres niveles de salinidad (0, 10 y 20 dS m⁻¹ de NaCl). La investigación también examinó la estabilidad del rendimiento de las semillas a través de



la varianza ambiental estática y la ecovalencia dinámica de Wricke. Los hallazgos revelaron variaciones significativas en los atributos agromorfológicos y de rendimiento en respuesta a la salinidad. Con niveles crecientes de salinidad, se observó una reducción en el número de panículas y la longitud de las mismas, así como en los contenidos de carbono y nitrógeno en las hojas. El genotipo AMES13761 destacó por su mayor rendimiento de semillas y estabilidad bajo diferentes condiciones salinas. La salinidad redujo el rendimiento de semillas a un 44,48% y un 60% en salinidades de 10 y 20 dS m⁻¹, respectivamente. La proteína del grano fue más alta en el genotipo NSL106398 y más baja en Q29 bajo tratamiento salino. Se observaron correlaciones positivas entre la altura de la planta y otros rasgos de rendimiento, mientras que se registraron correlaciones negativas significativas entre el contenido de nitrógeno, la proteína y el rendimiento de semillas. Los resultados también mostraron que algunos genotipos, como Q21 y AMES13761, son especialmente adecuados para las condiciones arenosas del desierto en Dubai, Emiratos Árabes Unidos, debido a su alto rendimiento de semillas, mientras que NSL106398 mostró un alto contenido proteico. Este estudio subraya la importancia de conservar la diversidad genética de la quinua para mejorar el establecimiento, supervivencia y rendimiento en ambientes desérticos como los de los Emiratos Árabes Unidos.

Manjarres-Hernández et al. (2021) describen la quinua como un cultivo tradicional de la región andina, conocido por su capacidad de adaptación a diversas condiciones agroclimáticas, su alto valor nutricional y su variabilidad genética. El estudio se centró inicialmente en la caracterización morfológica de la quinua, lo que es crucial para seleccionar materiales que cumplan con las expectativas de agricultores y consumidores. El objetivo fue evaluar las características fenotípicas de treinta variedades genéticas de *C. quinoa*, con el fin de identificar aquellas con rendimiento superior y



calidad de grano óptima. Se aplicó un diseño de bloques completos al azar con nueve repeticiones por accesión en un entorno controlado de invernadero. Se examinaron nueve descriptores cuantitativos y doce cualitativos utilizando análisis descriptivo, correlación de varianza de Spearman, y técnicas de análisis multivariado y de conglomerados. Los resultados indicaron que las variedades con alturas superiores al promedio (>176.72 cm) y panículas más largas (>57.94 cm) tendieron a tener rendimientos más bajos y semillas más pequeñas, afectando negativamente la calidad del grano. A través de los análisis multivariado y de conglomerados, se identificaron grupos de variedades con buenos rendimientos (>62.02 g de semillas por planta) y características morfológicas consistentes. El índice de selección desarrollado, que incorpora componentes de rendimiento y descriptores morfológicos, recomendó cuatro variedades como progenitores potenciales para futuros programas de mejoramiento de quinua en Colombia.

Moosavi et al. (2022) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la diversidad y anticipar la respuesta a la selección en diversos rasgos de 16 genotipos de quinua. Este estudio se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completos al azar en dos ubicaciones, Karaj y Kermanshah. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.01$) entre los genotipos para la mayoría de los rasgos, y se observó una distribución en cuatro regiones biplot. Los genotipos 14, 15 y 16 mostraron los rendimientos de grano más altos, mientras que los genotipos 5 y 6 exhibieron los más bajos. Se identificaron varios rasgos que presentaron una alta correlación positiva con el rendimiento, como el diámetro de la panícula principal y el índice de cosecha de grano. Por otro lado, el rasgo del día a las diez hojas mostró una conexión negativa fuerte. Se observó una alta distancia genética entre el primer y tercer grupo, lo que sugiere que cruzar genotipos de estos dos grupos podría generar una mayor diversidad genética en las



generaciones descendientes. El índice de cosecha de grano y el diámetro de la panícula principal fueron identificados como rasgos deseables con alta heredabilidad y progresión genética, sugiriendo una selección positiva para estos rasgos en futuros programas de mejoramiento. Además, se propuso un nuevo parámetro genético, la "diferencia porcentual entre el coeficiente de variación fenotípica y genotípica", como una herramienta útil para seleccionar rasgos agromorfofisiológicos deseables, especialmente considerando la limitación de la selección directa para mejorar el rendimiento de grano.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Importancia de la quinua en la agricultura andina

La quinua es un cultivo ancestral originario de la región andina, donde ha sido cultivada durante más de 7,000 años. Su importancia radica no solo en su valor nutricional, sino también en su capacidad de adaptación a las duras condiciones climáticas y edáficas de los Andes, lo que la convierte en un alimento esencial para las comunidades locales y un recurso estratégico para la seguridad alimentaria global (Bazile et al., 2016).

Desde el punto de vista nutricional, la quinua es reconocida por su alto contenido de proteínas de calidad, que incluye todos los aminoácidos esenciales, lo que la diferencia de otros cultivos de granos. Además, es rica en fibra dietética, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos, como los flavonoides, que tienen propiedades antioxidantes. Estas características han impulsado su popularidad a nivel mundial, especialmente en el contexto de la creciente demanda de alimentos saludables y sostenibles (Pathan & Siddiqui, 2022).

En cuanto a su capacidad de adaptación, la quinua se cultiva en una amplia gama de altitudes, desde el nivel del mar hasta más de 4,000 metros de altitud, y es resistente a condiciones de sequía, suelos salinos y bajas temperaturas. Esta adaptabilidad es clave para su cultivo en el altiplano andino, donde las condiciones agroecológicas pueden ser extremadamente variables y desafiantes. La quinua ha demostrado ser capaz de mantener una producción estable incluso en años con condiciones climáticas adversas, lo que la convierte en un cultivo resiliente frente al cambio climático (Jacobsen et al., 2005).



La región de Puno es un ejemplo de un entorno donde la quinua desempeña un papel crucial en la economía y la seguridad alimentaria local. La altitud de 3,825 metros sobre el nivel del mar, combinada con la variabilidad climática típica del altiplano, presenta desafíos significativos para la agricultura. Sin embargo, la quinua ha demostrado ser una de las pocas especies que puede prosperar en estas condiciones, lo que subraya su importancia para la subsistencia de las comunidades locales (Curti et al., 2014).

Además de su valor nutricional y capacidad de adaptación, la quinua también es importante desde una perspectiva cultural. Para las comunidades andinas, la quinua es más que un simple alimento; es un elemento central de su identidad cultural y sus prácticas agrícolas tradicionales. La producción de quinua está intrínsecamente ligada a los conocimientos ancestrales y las prácticas agrícolas sostenibles que han sido transmitidas de generación en generación. Estas prácticas no solo aseguran la producción continua del cultivo, sino que también contribuyen a la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad de los sistemas agroecológicos en los Andes (Cárdenas-Castillo et al., 2021).

Por último, el cultivo de quinua ha ganado una relevancia creciente en los mercados internacionales debido a su alto valor nutricional y a su reconocimiento como un "superalimento". Esto ha llevado a un aumento en la demanda global y ha abierto nuevas oportunidades económicas para los agricultores andinos. Sin embargo, también plantea desafíos relacionados con la sostenibilidad y la equidad en la distribución de los beneficios económicos, lo que subraya la necesidad de enfoques que aseguren la conservación de las variedades tradicionales y la mejora de las condiciones de vida de los pequeños agricultores (Murphy et al., 2016).



2.2.2. Desarrollo vegetativo de la quinua y sus parámetros agronómicos

El desarrollo vegetativo de la quinua es un proceso crucial que influye directamente en el rendimiento y la calidad del cultivo. Este proceso abarca una serie de etapas fenológicas que incluyen la germinación, el crecimiento del tallo, la formación de hojas, la elongación de la panoja y la maduración de los granos. Cada una de estas etapas es influenciada por factores genéticos y ambientales, y su estudio es esencial para comprender el comportamiento agronómico de diferentes variedades de quinua bajo distintas condiciones agroecológicas (Bertero et al., 1999).

2.2.2.1. Altura de planta

La altura de la planta es uno de los parámetros agronómicos más importantes en el desarrollo vegetativo de la quinua, ya que está relacionada con la capacidad de la planta para competir por luz, su resistencia al vuelco, y su capacidad para sostener una mayor carga de grano. Diversos estudios han demostrado que la altura de la planta puede variar significativamente entre diferentes variedades de quinua, dependiendo de factores como la altitud, la disponibilidad de agua, y la fertilidad del suelo. Por ejemplo, en condiciones de altiplano andino, se ha observado que las variedades de quinua pueden alcanzar alturas de entre 80 cm y 160 cm, siendo la altura un indicador de su adaptabilidad a condiciones locales (Jacobsen et al., 2005).

2.2.2.2. Diámetro de tallo

El diámetro del tallo es otro factor clave en el desarrollo vegetativo de la quinua. Un mayor diámetro de tallo generalmente se asocia con una



mayor robustez de la planta, lo que la hace más resistente al vuelco y a condiciones adversas como vientos fuertes. Además, un tallo más grueso puede tener una mayor capacidad para transportar agua y nutrientes, lo que favorece el crecimiento y desarrollo general de la planta. Sin embargo, el diámetro del tallo también puede estar influenciado por la densidad de siembra y el manejo agronómico, por lo que es un parámetro que debe ser evaluado en conjunto con otros indicadores de rendimiento (Infante et al., 2018).

2.2.2.3. Diámetro y longitud de panoja

La panoja, que es la estructura floral de la quinua, juega un papel fundamental en la determinación del rendimiento del grano. El diámetro y la longitud de la panoja son indicadores directos de la capacidad de la planta para producir granos, ya que una panoja más grande puede sostener un mayor número de flores y, por ende, un mayor número de semillas. El tamaño de la panoja puede variar considerablemente entre diferentes variedades de quinua y es altamente influenciado por las condiciones ambientales y el manejo agronómico. Un adecuado desarrollo de la panoja es crucial para maximizar el rendimiento del cultivo (Bhargava et al., 2007).

2.2.2.4. Factores que afectan el desarrollo vegetativo

El desarrollo vegetativo de la quinua está influenciado por una combinación de factores genéticos y ambientales. La interacción entre estos factores determina el potencial de rendimiento de las variedades de quinua. Entre los factores ambientales más críticos se encuentran la



temperatura, la disponibilidad de agua, la altitud, y la calidad del suelo. La quinua es particularmente sensible a las bajas temperaturas durante la fase de floración, lo que puede causar una reducción en el tamaño de la panoja y en el número de granos producidos. Asimismo, la disponibilidad de agua es crucial para el desarrollo de la planta, ya que el estrés hídrico puede afectar negativamente la altura de la planta, el diámetro del tallo, y el tamaño de la panoja (Geerts et al., 2008).

Además de los factores ambientales, el manejo agronómico, como la densidad de siembra, la fertilización, y el control de malezas, también juega un papel fundamental en el desarrollo vegetativo de la quinua. Una densidad de siembra adecuada puede optimizar la competencia entre plantas por recursos como la luz y los nutrientes, lo que a su vez puede mejorar el desarrollo vegetativo y el rendimiento del cultivo. Por otro lado, la fertilización adecuada es esencial para proporcionar a la planta los nutrientes necesarios para un crecimiento saludable y para maximizar el rendimiento de grano (Basantes-Morales et al., 2019).

2.2.2.5. Importancia del estudio del desarrollo vegetativo

El estudio del desarrollo vegetativo es fundamental para la identificación de variedades de quinua con alto potencial de rendimiento y adaptación a condiciones específicas. Comprender cómo las diferentes variedades de quinua responden a las condiciones ambientales y al manejo agronómico permite a los agricultores y a los investigadores seleccionar las variedades más adecuadas para optimizar la producción en distintas regiones agroecológicas. En la región de Puno, donde se realizó esta



investigación, la identificación de variedades que muestran un desarrollo vegetativo robusto y adaptado a las condiciones locales es clave para mejorar la productividad y la sostenibilidad del cultivo de quinua (Snowball et al., 2022).

2.2.3. Rendimiento de semilla y componentes del rendimiento en quinua

El rendimiento de la semilla en la quinua es un parámetro esencial que determina la productividad y el éxito económico de este cultivo. El rendimiento no solo depende de la cantidad de semillas producidas por planta o por hectárea, sino también de la calidad de estas semillas, medida a través de componentes clave como el peso de 1000 granos, el rendimiento por planta, y el rendimiento total por hectárea. Estos componentes son influenciados por factores genéticos, ambientales, y de manejo agronómico, haciendo que su evaluación sea crucial para la identificación de variedades de quinua con alto potencial productivo (Bazile et al., 2016).

2.2.3.1. Peso de 1000 granos

El peso de 1000 granos es un indicador directo de la calidad y tamaño de las semillas de quinua, que está relacionado con la capacidad de la planta para asimilar y depositar nutrientes en los granos durante la fase de llenado de semillas. Un mayor peso de 1000 granos generalmente se asocia con una mejor calidad de semilla, lo cual es deseable tanto para el consumo como para la siembra. Diversos estudios han mostrado que el peso de 1000 granos puede variar considerablemente entre diferentes variedades de quinua, influenciado por factores como la altitud, la disponibilidad de agua, y las prácticas de manejo agronómico. Además,



las condiciones de estrés, como la sequía o la salinidad, pueden afectar negativamente este componente, reduciendo el tamaño y el peso de los granos (Infante et al., 2018).

2.2.3.2. Rendimiento por planta

El rendimiento por planta es un parámetro que refleja la capacidad productiva individual de cada planta de quinua y es influenciado por su desarrollo vegetativo y reproductivo. Este rendimiento está determinado por factores como la cantidad de panojas producidas por planta, el número de granos por panoja, y el tamaño de los granos. Las variedades de quinua que muestran un alto rendimiento por planta son generalmente preferidas en programas de mejoramiento genético y en la selección de cultivares para condiciones específicas. Es importante destacar que el rendimiento por planta también está afectado por la densidad de siembra y las prácticas de manejo, como la fertilización y el riego, que pueden optimizar la capacidad de la planta para producir más granos de mayor calidad (Cárdenas-Castillo et al., 2021; Curti et al., 2014).

2.2.3.3. Rendimiento por hectárea

El rendimiento por hectárea es uno de los parámetros más importantes en la evaluación del potencial productivo de las variedades de quinua, ya que integra los rendimientos individuales de las plantas dentro de una unidad de área específica. Este parámetro es fundamental para determinar la viabilidad económica del cultivo a nivel comercial y es influenciado por la densidad de siembra, las condiciones del suelo, el clima, y las prácticas de manejo agronómico. En estudios realizados en la



región andina, se ha reportado que el rendimiento por hectárea de la quinua puede variar entre 1 y 3 toneladas por hectárea, dependiendo de las variedades utilizadas y las condiciones de cultivo. Es por ello que la identificación de variedades con alto rendimiento por hectárea es crucial para mejorar la productividad y sostenibilidad del cultivo de quinua en diferentes regiones agroecológicas (Ali et al., 2020; Hussain et al., 2020).

2.2.3.4. Factores que influyen en el rendimiento de semilla

El rendimiento de semilla en la quinua está determinado por una compleja interacción de factores genéticos, ambientales y de manejo. Los factores genéticos incluyen la capacidad inherente de la variedad para producir un gran número de granos grandes y pesados, mientras que los factores ambientales, como la altitud, la temperatura, y la disponibilidad de agua, pueden influir significativamente en el rendimiento final (Geerts et al., 2008). Por ejemplo, se ha observado que en altitudes más elevadas, la quinua puede experimentar una mayor exposición a radiación solar, lo que puede favorecer el llenado de los granos y aumentar el rendimiento. Sin embargo, las bajas temperaturas y el estrés hídrico pueden limitar el crecimiento de la planta y reducir el rendimiento de semilla (Gaju et al., 2016; Jacobsen et al., 2003).

El manejo agronómico, incluyendo la fertilización, el riego, y la densidad de siembra, también desempeña un papel crucial en la determinación del rendimiento de la semilla. La fertilización adecuada es esencial para proporcionar los nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta y el llenado de granos, mientras que el riego oportuno puede



mitigar los efectos del estrés hídrico y mejorar la productividad. Además, la densidad de siembra óptima puede maximizar la eficiencia en el uso de recursos como la luz y los nutrientes, lo que a su vez puede mejorar el rendimiento por planta y por hectárea (Jacobsen et al., 2003).

2.2.3.5. Importancia del estudio del rendimiento de semilla

El estudio del rendimiento de semilla y sus componentes es fundamental para la selección de variedades de quinua con alto potencial productivo. Comprender cómo estos componentes varían entre diferentes variedades y bajo distintas condiciones ambientales y de manejo agronómico permite a los agricultores y a los investigadores identificar las variedades más adecuadas para maximizar la productividad y la calidad del cultivo (Basantes-Morales et al., 2019). En la región de Puno, donde se llevó a cabo esta investigación, el enfoque en el rendimiento de semilla es especialmente relevante dado el potencial de la quinua para convertirse en un cultivo clave para la seguridad alimentaria y el desarrollo económico (Cárdenas-Castillo et al., 2021; Lozano-Isla et al., 2023).

2.2.4. Resistencia y susceptibilidad de las variedades de quinua a factores bióticos y abióticos

La resistencia y susceptibilidad de las variedades de quinua a factores bióticos y abióticos es un aspecto crítico en la evaluación del potencial de adaptación de este cultivo a diferentes entornos. La quinua es conocida por su notable capacidad para crecer en condiciones adversas, lo que incluye resistencia a diversas enfermedades, plagas, y tolerancia a condiciones extremas como la sequía, la salinidad, y las bajas temperaturas. No obstante, estas características



pueden variar significativamente entre las diferentes variedades, lo que subraya la importancia de evaluar estos factores en un contexto específico como el de la región de Puno (Apaza, 2017).

2.2.4.1. Resistencia a factores bióticos

Los factores bióticos, como las enfermedades y plagas, representan una amenaza constante para el cultivo de quinua, pudiendo afectar negativamente su rendimiento y calidad. Entre las enfermedades más comunes que atacan a la quinua se encuentra la *Peronospora variabilis*, agente causal del mildiu, que puede devastar cultivos si no se controla adecuadamente. La resistencia a este patógeno es variable entre las diferentes variedades de quinua, y su evaluación es esencial para la selección de cultivares que puedan mantener una producción estable bajo condiciones de alta presión de la enfermedad (Colque-Little et al., 2021).

Otra plaga significativa es el lepidóptero *Eurysacca melanocampta*, conocido como la polilla de la quinua. Este insecto es un problema particularmente en las etapas reproductivas de la planta, ya que se alimenta de las panojas, reduciendo drásticamente el rendimiento. La susceptibilidad a esta plaga también varía entre las variedades, y su estudio permite identificar aquellas con mayor resistencia, lo cual es crucial para reducir las pérdidas y minimizar el uso de pesticidas en los sistemas de cultivo (Infante et al., 2018).

Además de estas, otras plagas como los pulgones y los nematodos también pueden representar desafíos importantes, y la selección de variedades con resistencia genética a estos organismos puede contribuir



significativamente a la sostenibilidad del cultivo de quinua (Coronado et al., 2021).

2.2.4.2. Tolerancia a factores abióticos

La tolerancia de la quinua a factores abióticos como la sequía, la salinidad, y las bajas temperaturas es una de las razones por las que este cultivo ha ganado popularidad a nivel mundial, especialmente en regiones con condiciones agroecológicas adversas. En los Andes, donde se encuentra Puno, estas condiciones son comunes, y la capacidad de la quinua para adaptarse a ellas es vital para garantizar la seguridad alimentaria (Jacobsen et al., 2005).

La sequía es uno de los principales desafíos en la producción de quinua, especialmente en áreas con precipitaciones erráticas. La capacidad de la quinua para tolerar la sequía se debe a una combinación de factores fisiológicos y morfológicos, como un sistema radicular profundo y eficiente, la reducción de la transpiración a través del cierre estomático, y la acumulación de osmoprotectores como prolina y azúcares solubles. Sin embargo, la tolerancia a la sequía varía entre las diferentes variedades de quinua, lo que hace necesario identificar aquellas que pueden mantener una alta productividad bajo condiciones de estrés hídrico (Geerts et al., 2008; Saddiq et al., 2021).

La resistencia de la quinua a las bajas temperaturas, incluyendo la tolerancia a las heladas, es otra característica clave para su cultivo en regiones andinas de alta altitud. Las bajas temperaturas pueden afectar el crecimiento y desarrollo de la planta, retrasar la floración, y reducir el



rendimiento final. Algunas variedades de quinua han desarrollado mecanismos de resistencia que les permiten soportar temperaturas cercanas o incluso por debajo de 0 °C, lo cual es esencial para la producción en zonas donde las heladas son frecuentes (Jacobsen et al., 2005).

2.2.4.3. Evaluación de la viabilidad y sostenibilidad

La identificación de variedades de quinua con alta resistencia a factores bióticos y tolerancia a factores abióticos es esencial para asegurar la viabilidad y sostenibilidad del cultivo en diferentes entornos. Las variedades que combinan alta resistencia a plagas y enfermedades con una robusta tolerancia a condiciones adversas no solo permiten una producción más estable y predecible, sino que también reducen la dependencia de insumos químicos, como pesticidas y fertilizantes, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles (Afzal et al., 2023; Colque-Little et al., 2021).

En el contexto de la región Puno, donde las condiciones climáticas pueden ser extremas y las presiones de plagas y enfermedades son altas, la selección de variedades de quinua que sean resistentes y tolerantes es crucial para maximizar el rendimiento y garantizar la seguridad alimentaria de las comunidades locales. Asimismo, el estudio de estos factores puede proporcionar información valiosa para los programas de mejoramiento genético, orientados a desarrollar nuevas variedades que puedan enfrentar mejor los desafíos climáticos y bióticos emergentes (Basantes-Morales et al., 2019; Jacobsen et al., 2005).



2.3. MARCO CONCEPTUAL

Quinua: Planta herbácea perteneciente a la familia *Amaranthaceae*, nativa de la región andina de Sudamérica. Es conocida por su alto valor nutricional, destacando por su contenido en proteínas y aminoácidos esenciales. La quinua se cultiva principalmente en zonas de altura, donde se adapta a diversas condiciones agroecológicas.

Variedad: Grupo de plantas dentro de una especie que presenta características agronómicas y fenotípicas específicas, como la altura de la planta, el color de la semilla o la resistencia a plagas y enfermedades. En el contexto de la quinua, las variedades son seleccionadas y evaluadas para determinar su adaptabilidad y rendimiento en condiciones específicas.

Evaluación agronómica: Proceso científico que implica la observación, medición y análisis de diversas características de las plantas cultivadas bajo condiciones específicas. Este proceso incluye la evaluación del desarrollo vegetativo, rendimiento de semilla, resistencia a enfermedades, y la adaptabilidad a factores ambientales adversos.

Desarrollo vegetativo: Fase del ciclo de vida de la planta en la que se producen el crecimiento y desarrollo de estructuras vegetativas como hojas, tallos y raíces. En la evaluación agronómica de la quinua, el desarrollo vegetativo se mide mediante parámetros como la altura de la planta y el diámetro del tallo.

Rendimiento de semilla: Cantidad de semilla producida por planta o por unidad de área (por ejemplo, hectárea). Este es un indicador clave del éxito del cultivo y se determina a través de la evaluación de componentes como el peso de 1000 granos y el número de granos por panoja.



Panoja: Estructura floral de la quinua donde se desarrollan y maduran las semillas. La panoja es un racimo de flores que puede variar en tamaño, forma y densidad, según la variedad. La longitud y diámetro de la panoja son características importantes en la evaluación agronómica.

Factores bióticos: Elementos del entorno biológico que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas, como las plagas, enfermedades, y la competencia con otras especies vegetales. En la evaluación agronómica, se estudia la resistencia de las variedades de quinua a plagas y enfermedades específicas, como *Peronospora sp.* y *Eurysacca sp.*

Factores abióticos: Condiciones ambientales no vivas que pueden influir en el crecimiento de las plantas, tales como la temperatura, humedad, radiación solar, y disponibilidad de agua. La resistencia de las variedades de quinua a factores abióticos como la sequía y la salinidad es crucial para determinar su adaptabilidad a diferentes ambientes.

Resistencia a enfermedades: Capacidad de una planta para prevenir o mitigar el daño causado por patógenos. En la quinua, la resistencia a enfermedades como el mildiu (causado por *Peronospora sp.*) es fundamental para asegurar un rendimiento estable en condiciones desfavorables.

Adaptabilidad: Capacidad de una planta para ajustarse y prosperar en diferentes condiciones agroecológicas. En el caso de la quinua, la adaptabilidad se evalúa observando el rendimiento y desarrollo de diversas variedades bajo las condiciones específicas.

Biodiversidad: Variedad y variabilidad de organismos vivos en un ecosistema. En la agricultura, la biodiversidad se refiere a la diversidad genética dentro de las especies



cultivadas, así como la interacción entre las plantas y otros organismos. La preservación de la biodiversidad en cultivos como la quinua es esencial para la resiliencia del sistema agrícola.

Seguridad alimentaria: Condición en la que todas las personas tienen acceso físico y económico a alimentos suficientes, seguros y nutritivos para satisfacer sus necesidades dietéticas y preferencias alimenticias para una vida activa y saludable. El cultivo de quinua contribuye a la seguridad alimentaria, especialmente en regiones andinas donde es un alimento tradicional y nutritivo.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

3.1.1. Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Comunidad Campesina Quisuarani, ubicada en el distrito de Orurillo, dentro de la provincia de Melgar, en la región de Puno, Perú. Esta zona se sitúa en el altiplano andino, una vasta meseta elevada que se extiende a lo largo de los Andes centrales. La altitud promedio de la zona es de 3,823 metros sobre el nivel del mar, lo que la coloca en una posición elevada con respecto al nivel del mar y proporciona un ambiente único caracterizado por bajas temperaturas.

La ubicación del experimento está geográficamente situada en las coordenadas -14.675897 de latitud sur y -70.434168 de longitud oeste, lo que la coloca en la zona UTM 19L. La zona se distingue por su paisaje montañoso, su suelo andino y sus prácticas agrícolas adaptadas a las condiciones extremas de altitud. El entorno natural, con sus características particulares de temperatura y precipitaciones, influye significativamente en las prácticas agrícolas y en la adaptación de las variedades de cultivos a las condiciones locales.

3.1.2. Condiciones climáticas y edáficas

El área de estudio se caracteriza por un clima frío y semiárido, con una temperatura media anual que varía entre 5°C y 10°C. Esta zona experimenta una marcada variación diurna en las temperaturas, con mínimas que pueden descender



hasta los -5°C durante la noche y máximas que alcanzan hasta los 20°C durante el día. Esta amplitud térmica presenta un reto significativo para las plantas, ya que deben ser capaces de adaptarse a cambios drásticos en la temperatura en un corto período de tiempo.

La precipitación media anual en la zona se sitúa alrededor de 450 mm. Esta precipitación se concentra principalmente durante los meses de diciembre a marzo, período en el que se registran las lluvias más intensas. El resto del año, la zona presenta condiciones secas con poca o ninguna lluvia, lo que contribuye a la aridez del suelo y la necesidad de que los cultivos sean altamente resistentes a la sequía.

Además de la baja cantidad de precipitación, el área se enfrenta a un alto índice de irradiación solar, lo que significa que las plantas reciben una gran cantidad de luz solar, especialmente durante el verano. La alta irradiación puede tener efectos tanto positivos como negativos sobre el crecimiento de las plantas; por un lado, puede promover una rápida fotosíntesis, pero por otro, puede aumentar la evaporación del agua del suelo y el estrés térmico en las plantas.

Los suelos de la zona son generalmente pobres en nutrientes, lo que añade una capa adicional de dificultad al cultivo de plantas que requieren una nutrición constante para crecer de manera óptima. La falta de nutrientes puede limitar el desarrollo de las raíces y el crecimiento general de las plantas, haciendo necesario el uso de prácticas de manejo del suelo que mejoren la fertilidad o la elección de variedades que sean más tolerantes a estas condiciones adversas.

Las condiciones climáticas extremas y las características edáficas de esta zona representan un desafío significativo para el cultivo de quinua. Sin embargo,



estas mismas condiciones ofrecen una oportunidad ideal para estudiar la adaptación y resiliencia de diferentes variedades de quinua. Evaluar cómo estas variedades responden a las fluctuaciones extremas de temperatura, la limitada disponibilidad de agua y los suelos deficientes en nutrientes puede proporcionar información valiosa sobre su capacidad para prosperar en condiciones adversas, y contribuir al desarrollo de estrategias de cultivo más efectivas y sostenibles en regiones similares.

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo durante un período de nueve meses, comenzando el 25 de octubre de 2023 y concluyendo el 30 de julio de 2024. Este intervalo de tiempo permitió una exploración de los aspectos relevantes del estudio, abarcando tanto la fase de planificación como la ejecución y análisis de los resultados.

3.3. MATERIAL UTILIZADO

Las semillas de quinua utilizadas en la investigación fueron proporcionadas por el área de granos andinos de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Estas semillas se obtuvieron específicamente para fines investigativos, asegurando así su calidad y adecuación para los objetivos del estudio.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

3.4.1. Población

La población de estudio estaba compuesta por 250 plantas de quinua en cada unidad experimental. En total, se establecieron 40 unidades experimentales, lo que sumó un total de 10,000 plantas de quinua para el estudio.



3.4.2. Muestra

La muestra consistió en 10 plantas seleccionadas al azar en cada unidad experimental, siguiendo las recomendaciones establecidas por la FAO en el descriptor de quinua y sus parientes silvestres (International Bioiversity et al., 2013). En total, se evaluaron 400 plantas a lo largo del estudio.

3.5. MÉTODO

Este estudio se basa en un enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo y un diseño experimental. En la investigación, la variable independiente, consistió en la selección de variedades de quinua, con el propósito de evaluar las características agronómicas de ocho variedades diferentes.

El experimento se diseñó utilizando un esquema de bloques completamente al azar, con ocho tratamientos y cinco repeticiones, lo que resultó en un total de 40 unidades experimentales. Cada parcela experimental tenía dimensiones de 5 metros de largo por 3 metros de ancho.

3.6. PROCEDIMIENTO

La siembra se realizó mediante el método de chorro continuo en surcos de 5 metros de largo y 0.6 metros de ancho, asegurando una distribución homogénea de las semillas a lo largo de cada surco. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 5 surcos, lo que permitió un manejo adecuado del espacio y una evaluación más precisa de las variedades de quinua.

Después de la siembra, se llevaron a cabo prácticas de manejo agronómico que incluyeron control de malezas, aplicación de abono orgánico y aporque, con el fin de garantizar el desarrollo óptimo de las plantas. Estas labores se realizaron hasta que las



plantas alcanzaron la madurez fisiológica, momento crítico en el cual las características agronómicas son más estables y representativas para su evaluación.

En esta etapa de madurez fisiológica se evaluaron la mayoría de las variables dependientes, tales como altura de planta, diámetro de tallo, peso de mil granos, y rendimiento por hectárea, entre otras. Estas mediciones fueron fundamentales para analizar y comparar el comportamiento agronómico de las ocho variedades de quinua en estudio.

Altura de la planta (AP): Evaluado en la madurez fisiológica. Medida desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja. Expresado en centímetro (cm). Promedio de 10 plantas por unidad experimental (Bioversity International et al., 2013).

Diámetro del tallo principal (DT): Evaluado en la madurez fisiológica. Medido en la parte media del tercio inferior de la planta. Expresado en milímetro (mm). Promedio de 10 plantas por unidad experimental (Bioversity International et al., 2013).

Diámetro de la panoja (DP): Evaluado en la madurez fisiológica. Registrar el diámetro máximo de la panoja principal. Expresado en centímetro (cm). Promedio de 10 plantas por unidad experimental (Bioversity International et al., 2013).

Longitud de la panoja (LP): Evaluado en la madurez fisiológica. Medido desde la base hasta el ápice de la panoja principal. Expresado en centímetro (cm). Promedio de 10 plantas por unidad experimental (Bioversity International et al., 2013).

Número de días hasta el 50% de la madurez fisiológica (DMF): Evaluado en la madurez fisiológica. Desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan alcanzado madurez fisiológica. Expresar en días. Considerar un solo valor por unidad experimental (Bioversity International et al., 2013).



Susceptibilidad a *Peronospora sp.* (SPER): Evaluado en la floración. Registrar los daños (amarillamiento, manchas necrotóficas) en el tercio medio de la planta. Expresar en porcentaje (%). Promedio de 10 plantas por unidad experimental. Bioversity International et al. (2013), presenta a esta variable como categórico; sin embargo, el autor del documento lo consideran como cuantitativo para análisis estadístico (Adaptado de Bioversity International et al., 2013).

Susceptibilidad a *Eurysacca sp.* (SEUR): Evaluado en la madurez fisiológica. Registrar los daños (granos partidos) en toda la panoja. Expresar en porcentaje (%). Promedio de 10 plantas por unidad experimental. Bioversity International et al. (2013), presenta a esta variable como categórico; sin embargo, el autor del documento lo consideran como cuantitativo para análisis estadístico (Adaptado de Bioversity International et al., 2013).

Reacción a la sequía (RSE): Evaluado en inicio de panojamiento. Registrar en base a la vigorosidad de las plantas después de un estrés hídrico. Expresar en porcentaje (%). Considerar un solo valor por unidad experimental. Bioversity International et al. (2013) presenta a esta variable como categórico; sin embargo, el autor del documento lo consideran como cuantitativo para análisis estadístico (Adaptado de Bioversity International et al., 2013).

Peso de 1000 granos (PG): Evaluado en la postcosecha. Registro del peso sin considerar el perigonio en una balanza de precisión con 2 dígitos. Expresar en gramos (g). Considerar un solo valor por unidad experimental (Bioversity International et al., 2013).



Rendimiento de semilla por planta (RSP): Evaluar en la postcosecha. Pesar los granos de quinua cosechados por planta. Expresar en gramos (g) (Bioversity International et al., 2013).

Rendimiento por hectárea (RSD): Se calcula una vez evaluado el rendimiento de semilla por planta. A través de regla de tres simples, se realiza el cálculo simple de la siguiente manera, si en 0.6 m² se tiene 10 plantas entonces cuántas plantas se tendrá en 10000 m². Como resultado se 166 666 plantas por hectárea. Finalmente se multiplica el rendimiento por semilla en gramos por 166, es así que se obtiene el rendimiento por hectárea en kg (Adaptado de Bioversity International et al., 2013).

3.7. VARIABLES

Variable independiente: Variedades de quinua

Niveles: Negra Collana, Altiplano, Blanca de Junín, Huallhuas, Illpa INIA, Salcedo INIA, Pasankalla y Kankolla.

Variables dependientes:

- Altura de la planta
- Diámetro del tallo principal
- Diámetro de la panoja
- Longitud de la panoja
- Número de días hasta el 50% de la madurez fisiológica
- Suceptibilidad a *Peronospora sp.*
- Suceptibilidad a *Eurysacca sp.*



- Reacción a la sequía
- Peso de 1000 granos
- Rendimiento de semilla por planta
- Rendimiento por hectárea.

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Una vez recolectados los datos, se llevó a cabo un proceso de curación para asegurar su calidad y precisión. Este paso es crucial para identificar y corregir posibles errores o inconsistencias antes del análisis estadístico. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existen diferencias significativas entre las variedades en cada una de las variables evaluadas. Con el ANOVA se identificó la variabilidad dentro y entre los grupos, proporcionando una base para posteriores análisis.

Después del ANOVA, se llevó a cabo una prueba de comparación de medias utilizando el método SNK (Student-Newman-Keuls). Con esta prueba se identificó cuáles de las variedades presentan los valores más altos o destacados en cada una de las variables evaluadas. La comparación de medias es esencial para determinar la superioridad relativa de las diferentes variedades.

Así mismo, se realizó un análisis multivariado, que incluyó técnicas como el análisis de componentes principales (PCA) o el análisis de conglomerados. Con este análisis se identificó las variables más determinantes y cómo se agrupan las variedades de quinua según sus características. El análisis multivariado proporciona una visión más completa y holística de la variabilidad genética y fenotípica de las variedades de quinua. Estos análisis se realizaron en el aplicativo Yupana a través del Software R versión 4.4.0.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Determinación de las diferencias en el desarrollo vegetativo de las ocho variedades de quinua en términos de altura de planta, diámetro de tallo, diámetro y longitud de panoja

El análisis de varianza realizado ha permitido identificar diferencias altamente significativas en la fuente de variación relacionada con las variedades, lo que sugiere que existen diferencias marcadas entre las variedades estudiadas en la mayoría de las variables evaluadas. Esto indica que las variedades difieren unas de otras en las características analizadas, como la altura de la planta, el diámetro de la panoja, la longitud de la panoja, el número de días hasta el 50% de la madurez fisiológica, la susceptibilidad a *Peronospora sp.*, la susceptibilidad a *Eurysacca sp.*, la reacción a la sequía, el peso de 1000 granos, el rendimiento de semilla por planta y el rendimiento por hectárea (Anexo 1 - 11).

Es relevante destacar que la variable "diámetro de tallo" no mostro significancia estadística en comparación con las otras variables (Anexo 2). Esto podría indicar que esta característica no varía de manera considerable entre las variedades estudiadas, o que las diferencias observadas no son lo suficientemente consistentes para ser estadísticamente significativas. Esta observación sugiere la necesidad de un análisis más profundo o un posible ajuste en el diseño experimental o en la selección de variedades para futuras investigaciones.



La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "altura de planta" (Tabla 1) reveló cinco rangos de significancia, clasificados en función de las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Este análisis permite identificar diferencias estadísticas claras entre las variedades, proporcionando una herramienta eficaz para seleccionar aquellas que presentan características superiores en términos de crecimiento.

Las variedades Altiplano, Blanca de Junín, Huallhuas y Pasankalla se destacaron significativamente al alcanzar las mayores alturas de planta, con medias de 132.4 cm, 114.4 cm, 117.6 cm y 115.6 cm, respectivamente. Estos resultados las ubican en el primer y segundo rango de significancia, lo que sugiere un mejor desarrollo vegetativo en comparación con las otras variedades evaluadas. Este mayor crecimiento podría estar relacionado con una mejor adaptación a las condiciones agroecológicas de la zona de estudio, como la disponibilidad de nutrientes, la capacidad de captación de luz y la eficiencia en el uso del agua, factores que influyen directamente en la altura de la planta.

Por otro lado, las variedades Kankolla y Negra Collana mostraron los valores más bajos de altura de planta, con medias de 97.6 cm y 88.8 cm, respectivamente, ubicándose en los rangos cuarto y quinto de significancia. Estas variedades, al presentar un menor desarrollo en comparación con las anteriores, podrían estar limitadas por factores genéticos o ambientales, lo que afecta su capacidad de crecimiento. Sin embargo, es importante destacar que, aunque estas variedades presenten menores alturas, podrían poseer otras características agronómicas favorables, como una mayor tolerancia a factores adversos o una mejor calidad del grano, lo que también debe ser considerado en el proceso de selección varietal (Figura 1).



Tabla 1

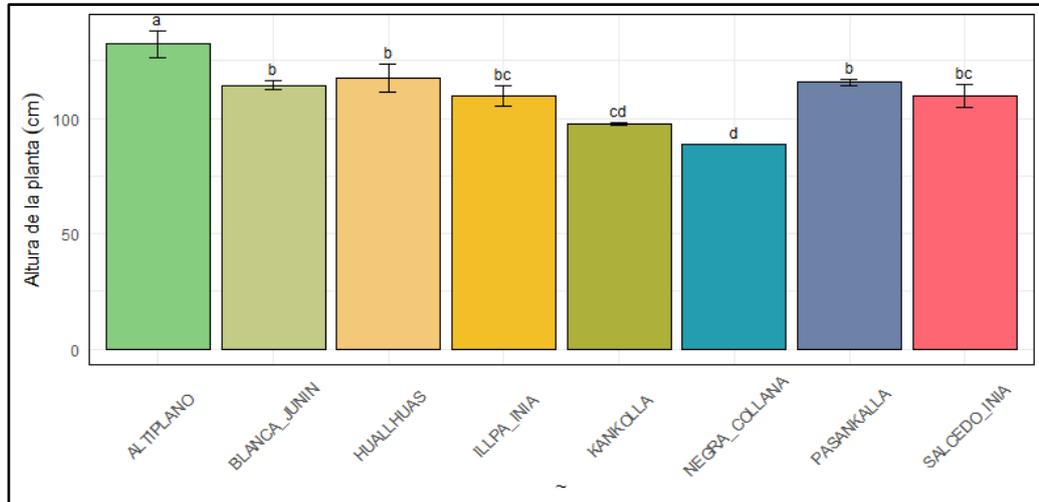
Prueba de SNK al 5% para altura de planta de ocho variedades de quinua

VARIEDAD	AP	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Altiplano	132.4	12.93	5.78	4	118	147	a
Blanca de Junín	114.4	4.51	2.01	4	111	122	b
Huallhuas	117.6	13.39	5.99	4	102	129	b
Pasankalla	115.6	2.51	1.12	4	112	118	b
Illpa INIA	110	10	4.47	4	95	120	bc
Salcedo INIA	109.8	11.28	5.04	4	98	122	bc
Kankolla	97.6	0.89	0.4	4	97	99	cd
Negra Collana	88.8	0.45	0.2	4	88	89	d

Nota: La variable altura de planta fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. AP: Altura de planta (cm), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 1

Comparación de la variable altura de planta entre las ocho variedades de quinua.



Nota: La variable altura de planta fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "diámetro del tallo principal" (Tabla 2) reveló sólo un rango de significancia según las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Donde las variedades Pasankalla, Illpa INIA y Salcedo INIA presentaron los mayores diámetros de tallo, con medias de 10.82 mm, 10.29 mm y 10.74 mm, respectivamente (Figura 2).

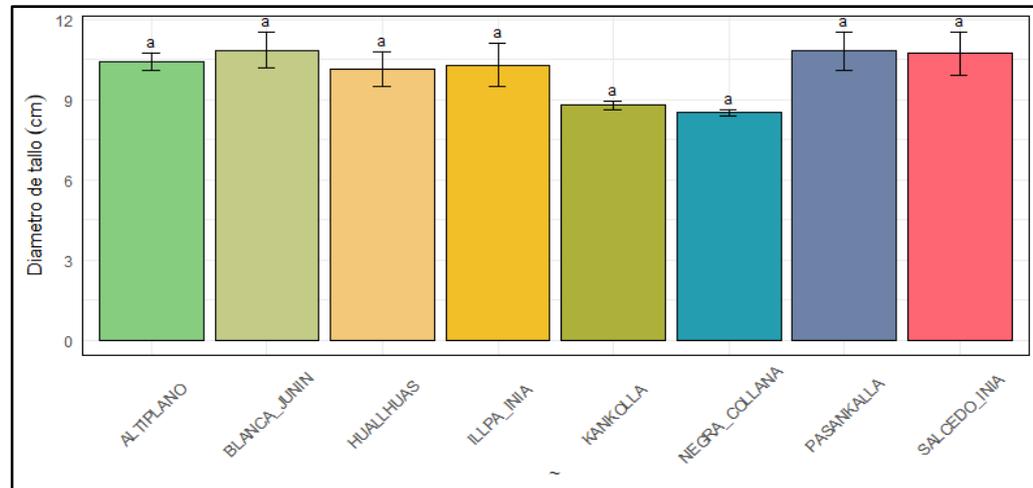
Tabla 2*Prueba de SNK al 5% para diámetro de tallo de ocho variedades de quinua*

VARIEDAD	DT	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Pasankalla	10.82	1.63	0.73	0.62	9.31	12.82	a
Illpa INIA	10.29	1.8	0.81	0.62	8.24	12.81	a
Salcedo INIA	10.74	1.82	0.81	0.62	8.39	12.75	a
Blanca de Junín	10.86	1.49	0.67	0.62	9.06	12.3	a
Huallhuas	10.14	1.47	0.66	0.62	8.54	12.05	a
Altiplano	10.43	0.75	0.34	0.62	9.6	11.2	a
Kankolla	8.79	0.35	0.15	0.62	8.41	9.17	a
Negra Collana	8.51	0.27	0.12	0.62	8.07	8.74	a

Nota: La variable diámetro de tallo fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. DT: Diámetro de tallo (mm), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 2

Comparación de la variable diámetro de tallo entre las ocho variedades de quinua



Nota: La variable diámetro de tallo fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "diámetro de la panoja" (Tabla 3) reveló siete rangos de significancia según las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Las variedades Pasankalla, Illpa INIA y Salcedo INIA se destacaron por presentar los mayores diámetros de panoja, con medias de 6.47 cm, 5.58 cm y 5.42 cm, respectivamente, ubicándolas en el primer, segundo y tercer rango de significancia. En contraste, las variedades Huallhuas y Blanca de Junín mostraron los menores diámetros de panoja, con medias de 4.17 cm y 3.56 cm, respectivamente, ubicándose en el sexto y séptimo rango de significancia (Figura 3).

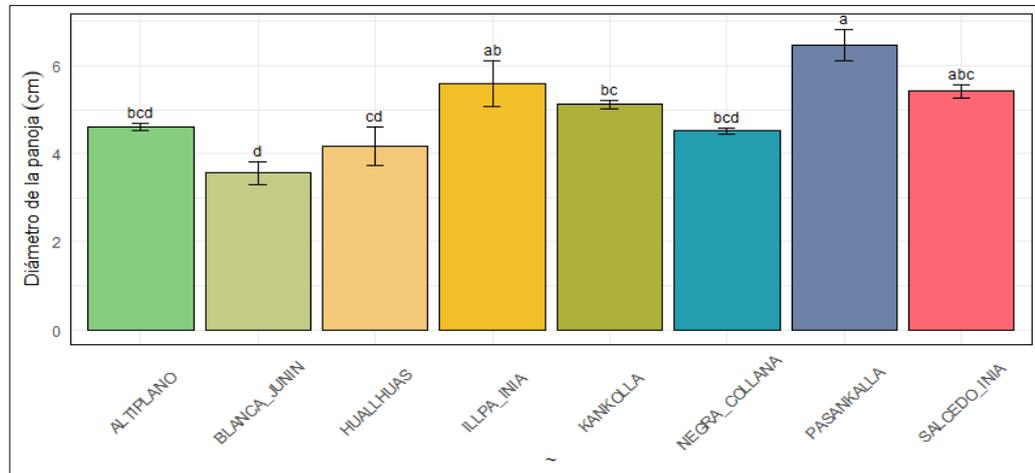
Tabla 3*Prueba de SNK al 5% para diámetro de panoja de ocho variedades de quinua*

VARIEDAD	DP	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Pasankalla	6.47	0.8	0.36	0.31	5.52	7.26	a
Illpa INIA	5.58	1.15	0.52	0.31	4.31	7.01	ab
Salcedo INIA	5.42	0.32	0.15	0.31	5.11	5.93	abc
Kankolla	5.12	0.2	0.09	0.31	4.93	5.34	bc
Altiplano	4.61	0.19	0.09	0.31	4.46	4.91	bcd
Negra Collana	4.52	0.15	0.07	0.31	4.28	4.65	bcd
Huallhuas	4.17	0.97	0.43	0.31	3.18	5.65	cd
Blanca de Junín	3.56	0.57	0.25	0.31	2.96	4.44	d

Nota: La variable diámetro de panoja fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. DP: Diámetro de panoja (cm), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 3

Comparación de la variable diámetro de panoja entre las ocho variedades de quinua



Nota: La variable diámetro de panoja fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "longitud de la panoja" (Tabla 4) reveló cinco rangos de significancia según las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Las variedades Blanca de Junín, Huallhuas y Illpa INIA se destacaron por presentar los mayores diámetros de panoja, con medias de 39.6 cm, 32.4 cm y 31.2 cm, respectivamente, ubicándolas en el primer y segundo rango de significancia. En contraste, las variedades Kankolla, Pasankalla y Negra Collana mostraron los menores diámetros de panoja, con medias de 23.4 cm, 22.6 cm y 20 cm, respectivamente, ubicándose en el cuarto y quinto rango de significancia (Figura 4).



Tabla 4

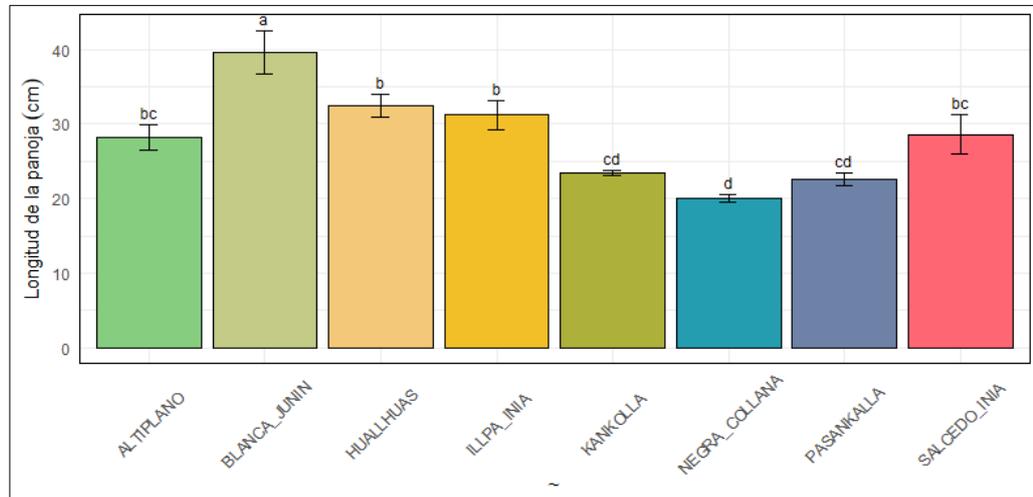
Prueba de SNK al 5% para longitud de panoja de ocho variedades de quinua

VARIEDAD	LP	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Blanca de	39.6	6.58	2.94	1.86	32	48	a
Junín							
Huallhuas	32.4	3.36	1.5	1.86	29	38	b
Illpa INIA	31.2	4.44	1.98	1.86	25	36	b
Altiplano	28.2	3.7	1.66	1.86	24	33	bc
Salcedo INIA	28.6	5.81	2.6	1.86	22	34	bc
Kankolla	23.4	0.89	0.4	1.86	22	24	cd
Pasankalla	22.6	1.95	0.87	1.86	20	25	cd
Negra Collana	20	1	0.45	1.86	19	21	d

Nota: La variable longitud de panoja fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. LP: Longitud de panoja (cm), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 4

Comparación de la variable longitud de panoja entre las ocho variedades de quinua



Nota: La variable longitud de panoja fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "número de días hasta el 50% de la madurez fisiológica" (Tabla 5) reveló cinco rangos de significancia según las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Las variedades Huallhuas, Blanca de Junín y Kankolla fueron las más tardías, con medias de 173.8 días, 171 días y 171.8 días, respectivamente, ubicándolas en el primer y segundo rango de significancia. En contraste, las variedades Illpa INIA, Pasankalla y Negra Collana fueron las más precoces, con medias de 147.6 días, 145.8 días y 140.8 días, respectivamente, ubicándose en el cuarto y quinto rango de significancia (Figura 5).

Tabla 5

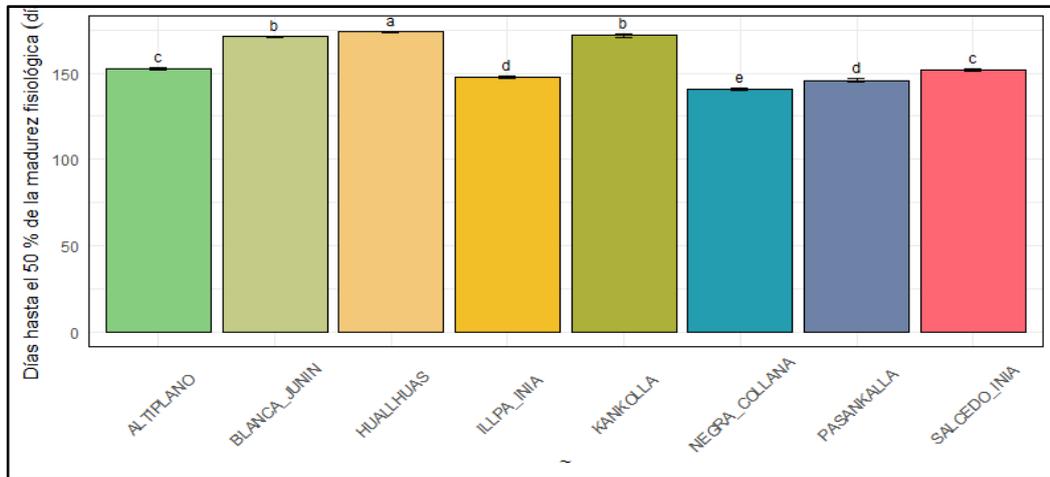
Prueba de SNK al 5% para número de días a madurez fisiológica de ocho variedades de quinua

VARIEDAD	DMF	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Huallhuas	173.8	1.3	0.58	0.68	172	175	a
Blanca de Junín	171	1	0.45	0.68	170	172	b
Kankolla	171.8	2.05	0.92	0.68	170	174	b
Altiplano	152.4	1.14	0.51	0.68	151	154	c
Salcedo INIA	151.6	1.52	0.68	0.68	150	154	c
Illpa INIA	147.6	1.67	0.75	0.68	145	149	d
Pasankalla	145.8	1.79	0.8	0.68	144	148	d
Negra Collana	140.8	1.3	0.58	0.68	139	142	e

Nota: La variable número de días a madurez fisiológica fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. DMF: Número de días a madurez fisiológica (días), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 5

Comparación de la variable días hasta madurez fisiológica entre las ocho variedades de quinua



Nota: La variable días a madurez fisiológica fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

4.1.2. Evaluación de la resistencia y susceptibilidad de las variedades de quinua a factores bióticos y abióticos, como *Peronospora sp.*, *Eurysacca sp.* y la sequía, para determinar su viabilidad y sostenibilidad

La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "susceptibilidad a *Peronospora sp.*" (Tabla 6) reveló seis rangos de significancia según las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Las variedades Blanca de Junín y Huallhuas fueron las más susceptibles, frente *Peronospora sp.*, con medias de 86 % y 81.4 %, respectivamente, ubicándolas en el primer y segundo rango de significancia. En contraste, las variedades Illpa INIA, Negra Collana y Altiplano mostraron la mayor resistencia a *Peronospora sp.*, con medias de 13.8



%, 13.8 % y 11.6 %, respectivamente, ubicándose en el quinto y sexto rango de significancia (Figura 6).

Tabla 6

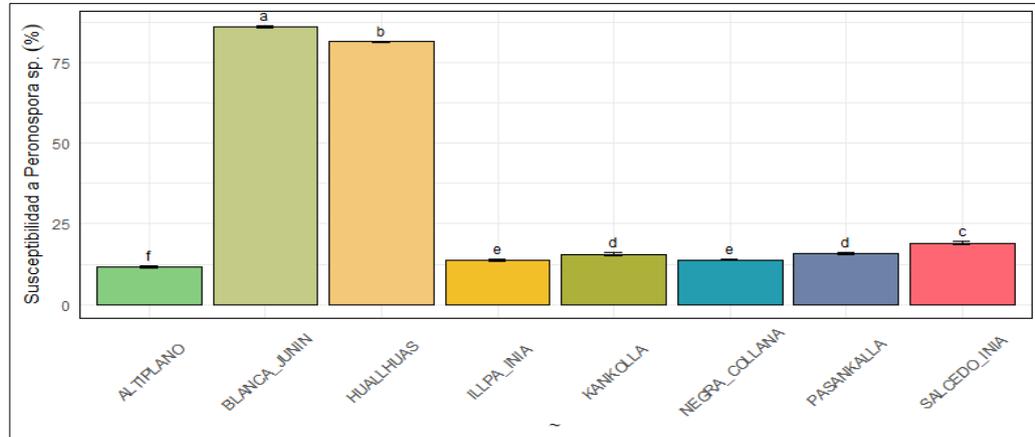
Prueba de SNK al 5% para susceptibilidad a Peronospora sp. de ocho variedades de quinua

VARIEDAD	SPER	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Blanca de Junín	86	1	0.45	0.35	85	87	a
Huallhuas	81.4	0.55	0.24	0.35	81	82	b
Salcedo INIA	19	1	0.45	0.35	18	20	c
Kankolla	15.6	0.89	0.4	0.35	15	17	d
Pasankalla	15.8	0.84	0.37	0.35	15	17	d
Illpa INIA	13.8	0.84	0.37	0.35	13	15	e
Negra Collana	13.8	0.45	0.2	0.35	13	14	e
Altiplano	11.6	0.89	0.4	0.35	10	12	f

Nota: La variable susceptibilidad a *Peronospora sp.* fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. SPER: Susceptibilidad a *Peronospora sp.* (%), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 6

Comparación de la variable susceptibilidad a *Peronospora sp.* entre las ocho variedades de quinua



Nota: La variable susceptibilidad a *Peronospora sp.* fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "susceptibilidad a *Eurysacca sp.*" (Tabla 7) reveló cinco rangos de significancia según las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Las variedades Negra Collana, Huallhuas y Kankolla fueron las más susceptibles, frente *Eurysacca sp.*, con medias de 66.6 %, 61 % y 62.4 %, respectivamente, ubicándolas en el primer y segundo rango de significancia. En contraste, las variedades Blanca de Junín, Illpa INIA, Pasankalla y Altiplano mostraron la mayor resistencia a *Eurysacca sp.*, con medias de 11.6 %, 10.4 %, 11.8 % y 6.6 %, respectivamente, ubicándose en el cuarto y quinto rango de significancia (Figura 7).

Tabla 7

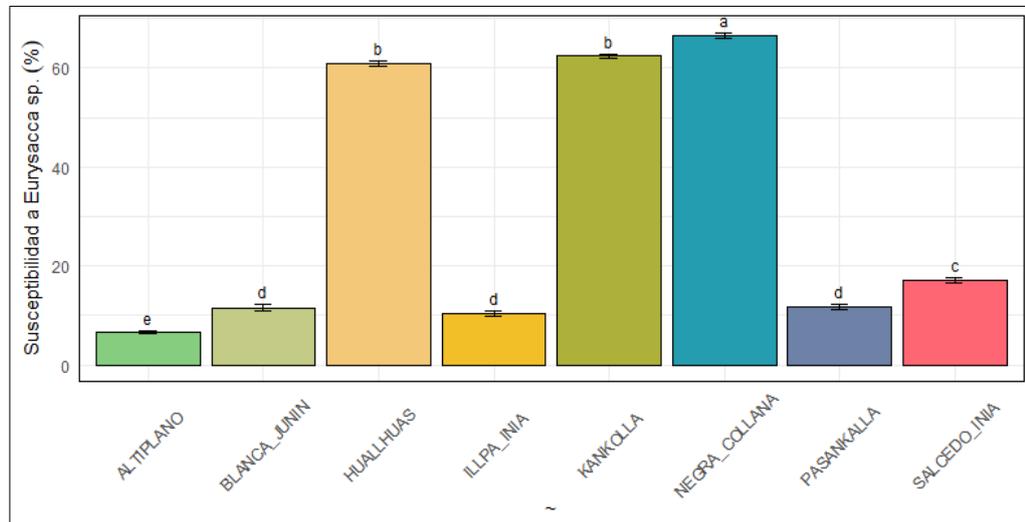
Prueba de SNK al 5% para susceptibilidad a Eurysacca sp. de ocho variedades de quinua

VARIEDAD	SEUR	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Negra Collana	66.6	1.34	0.6	0.53	65	68	a
Huallhuas	61	1.22	0.55	0.53	60	63	b
Kankolla	62.4	0.89	0.4	0.53	61	63	b
Salcedo INIA	17	1.22	0.55	0.53	15	18	c
Blanca de Junín	11.6	1.34	0.6	0.53	10	13	d
Illpa INIA	10.4	1.34	0.6	0.53	8	11	d
Pasankalla	11.8	1.3	0.58	0.53	10	13	d
Altiplano	6.6	0.55	0.24	0.53	6	7	e

Nota: La variable susceptibilidad a *Eurysacca sp.* fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. SEUR: Susceptibilidad a *Eurysacca sp.* (%), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 7

Comparación de la variable Susceptibilidad a *Eurysacca sp.* entre las ocho variedades de quinua



Nota: La variable susceptibilidad a *Eurysacca sp.* fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "reacción a la sequía" (Tabla 8) reveló seis rangos de significancia según las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Las variedades Negra Collana y Altiplano fueron las más susceptibles, frente a la sequía, con medias de 19.2 % y 16.6 %, respectivamente, ubicándolas en el primer y segundo rango de significancia. En contraste, las variedades Pasankalla y Kankolla mostraron la mayor tolerancia a la sequía, con medias de 10.4 % y 4.2 %, respectivamente, ubicándose en el quinto y sexto rango de significancia (Figura 8).

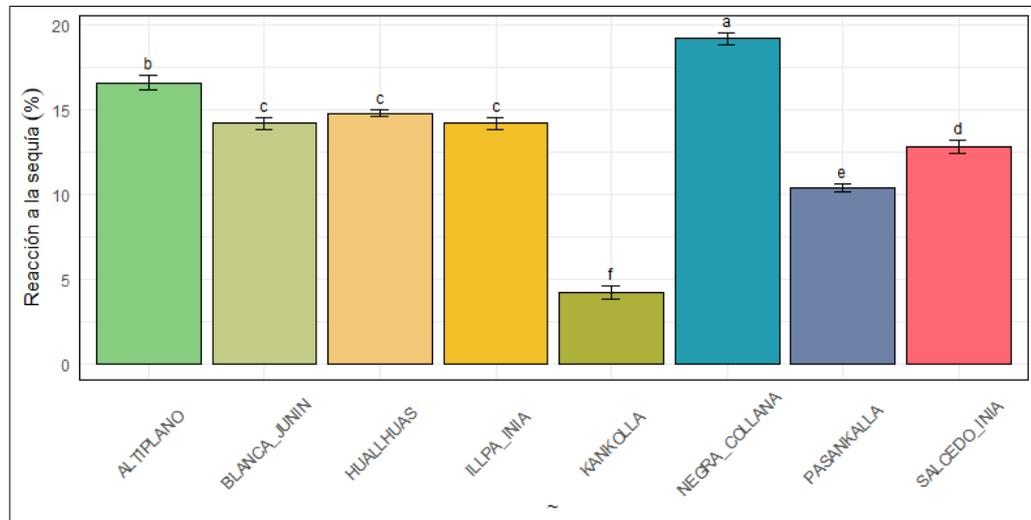
Tabla 8*Prueba de SNK al 5% para reacción a sequía de ocho variedades de quinua*

VARIEDAD	RSE	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Negra Collana	19.2	0.84	0.37	0.34	18	20	a
Altiplano	16.6	0.89	0.4	0.34	15	17	b
Blanca de Junín	14.2	0.84	0.37	0.34	13	15	c
Huallhuas	14.8	0.45	0.2	0.34	14	15	c
Illpa INIA	14.2	0.84	0.37	0.34	13	15	c
Salcedo INIA	12.8	0.84	0.37	0.34	12	14	d
Pasankalla	10.4	0.55	0.24	0.34	10	11	e
Kankolla	4.2	0.84	0.37	0.34	3	5	f

Nota: La variable reacción a sequía fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. RSE: Reacción a sequía (%), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 8

Comparación de la variable reacción a sequía entre las ocho variedades de quinua



Nota: La variable reacción a sequía fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

4.1.3. Evaluación del rendimiento de semilla y sus componentes (peso de 1000 granos, rendimiento por planta, y rendimiento por hectárea) en cada una de las ocho variedades de quinua, identificando aquellas con mayor productividad

La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "peso de 1000 granos" (Tabla 9) reveló siete rangos de significancia según las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Las variedades Pasankalla y Altiplano se destacaron por presentar los mayores pesos de 1000 granos, con medias de 3.36 g y 2.9 g, respectivamente, ubicándolas en el primer y segundo rango de significancia. En contraste, las variedades Negra Collana y Kankolla mostraron los menores pesos de 1000 granos, con medias de 2.54 g y 2.25 g,



respectivamente, ubicándose en el sexto y séptimo rango de significancia (Figura 9).

Tabla 9

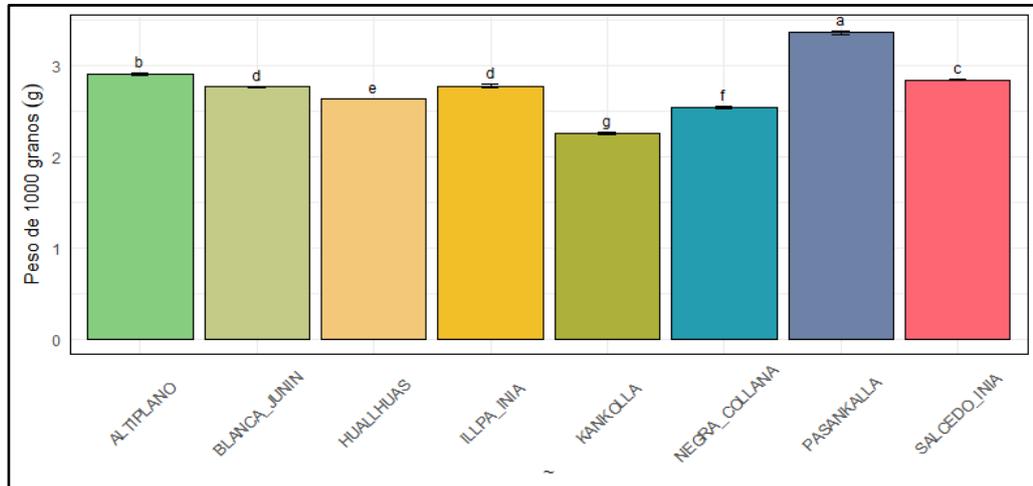
Prueba de SNK al 5% para peso de 1000 granos de ocho variedades de quinua.

VARIEDAD	PG	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Pasankalla	3.36	0.04	0.02	0.01	3.31	3.4	a
Altiplano	2.9	0.02	0.01	0.01	2.88	2.93	b
Salcedo INIA	2.84	0.02	0.01	0.01	2.8	2.86	c
Blanca de Junín	2.76	0.02	0.01	0.01	2.73	2.78	d
Illpa INIA	2.77	0.04	0.02	0.01	2.7	2.8	d
Huallhuas	2.63	0.01	0	0.01	2.62	2.65	e
Negra Collana	2.54	0.03	0.01	0.01	2.51	2.58	f
Kankolla	2.25	0.02	0.01	0.01	2.21	2.27	g

Nota: La variable peso de 1000 granos fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. PG: Peso de 1000 granos (g), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 9

Comparación de la variable peso de 1000 granos entre las ocho variedades de quinua



Nota: La variable peso de 1000 granos fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "rendimiento de semilla por planta" (Tabla 10) reveló siete rangos de significancia según las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Las variedades Illpa INIA, Altiplano y Huallhuas se destacaron por presentar los mayores pesos de semilla por planta, con medias de 19.53 g, 18.26 g y 18.52 g, respectivamente, ubicándolas en el primer y segundo rango de significancia. En contraste, las variedades Negra Collana y Kankolla mostraron los menores pesos de semilla por planta, con medias de 10.56 g y 8.43 g, respectivamente, ubicándose en el sexto y séptimo rango de significancia (Figura 10).

Tabla 10

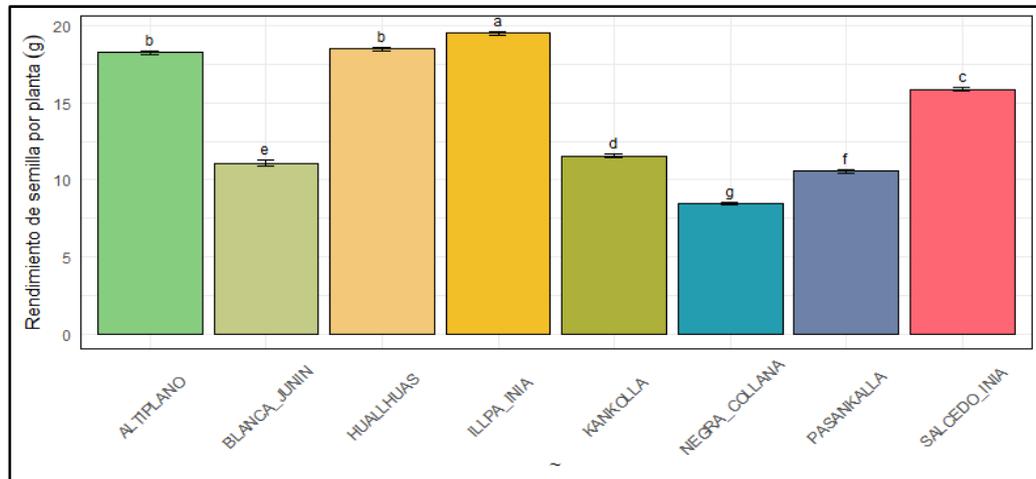
Prueba de SNK al 5% para rendimiento de semilla por planta de ocho variedades de quinua.

VARIEDAD	RSP	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Illpa INIA	19.53	0.3	0.13	0.12	19.07	19.87	a
Altiplano	18.26	0.26	0.11	0.12	18.07	18.67	b
Huallhuas	18.52	0.27	0.12	0.12	18.27	18.9	b
Salcedo INIA	15.89	0.2	0.09	0.12	15.64	16.08	c
Kankolla	11.55	0.26	0.12	0.12	11.23	11.82	d
Blanca de Junín	11.09	0.37	0.17	0.12	10.67	11.63	e
Pasankalla	10.56	0.32	0.14	0.12	10.21	10.93	f
Negra Collana	8.43	0.18	0.08	0.12	8.27	8.72	g

Nota: La variable rendimiento de semilla por planta fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. RSP: Rendimiento de semilla por planta (g), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 10

Comparación de la variable rendimiento de semilla por planta entre las ocho variedades de quinua



Nota: La variable rendimiento de semilla por planta fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

La prueba de SNK ($p < 0.05$) realizada para la variable "rendimiento por hectárea" (Tabla 11) reveló siete rangos de significancia según las medias obtenidas para las ocho variedades de quinua evaluadas. Las variedades Illpa INIA, Altiplano y Huallhuas se destacaron por presentar los mayores pesos de semilla por hectárea, con medias de $3241.65 \text{ Kg.ha}^{-1}$, $3031.49 \text{ Kg.ha}^{-1}$ y $3074.98 \text{ Kg.ha}^{-1}$, respectivamente, ubicándolas en el primer y segundo rango de significancia. En contraste, las variedades Negra Collana y Kankolla mostraron los menores pesos de semilla por hectárea, con medias de $1753.29 \text{ Kg.ha}^{-1}$ y $1400.04 \text{ Kg.ha}^{-1}$, respectivamente, ubicándose en el sexto y séptimo rango de significancia (Figura 11).

Tabla 11

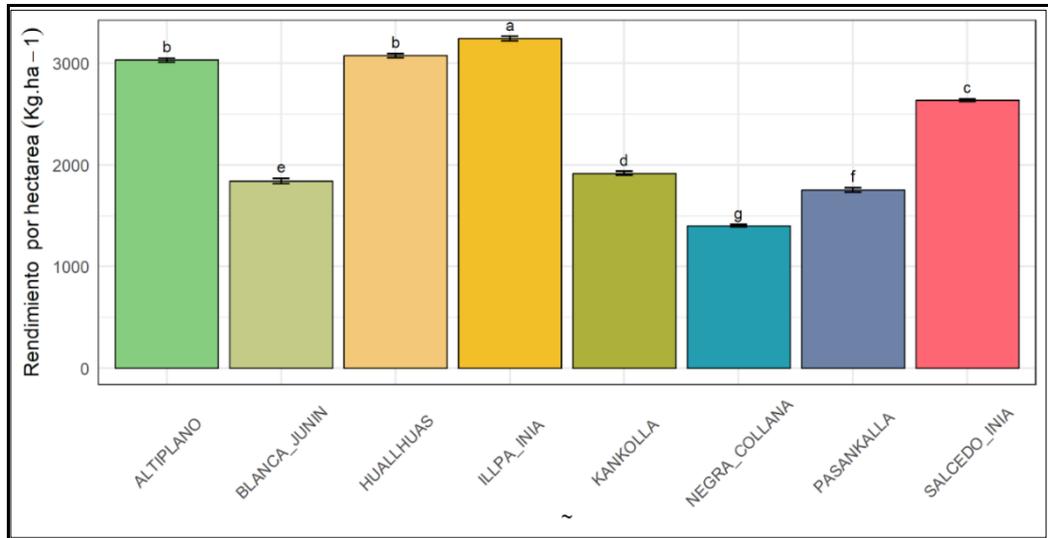
Prueba de SNK al 5% para rendimiento de semilla por hectárea de ocho variedades de quinua.

VARIEDAD	RPH	STD	STE	SE	MIN	MAX	SIG
Illpa INIA	3241.65	49.15	21.98	20.24	3165.62	3298.42	a
Altiplano	3031.49	42.54	19.02	20.24	2999.62	3099.22	b
Huallhuas	3074.98	44.1	19.72	20.24	3032.82	3137.4	b
Salcedo INIA	2637.08	32.73	14.64	20.24	2596.24	2669.28	c
Kankolla	1917.3	43.18	19.31	20.24	1864.18	1962.12	d
Blanca de Junín	1840.61	61.89	27.68	20.24	1771.22	1930.58	e
Pasankalla	1753.29	53.06	23.73	20.24	1694.86	1814.38	f
Negra Collana	1400.04	29.57	13.22	20.24	1372.82	1447.52	g

Nota: La variable rendimiento de semilla por hectárea fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. RSH: Rendimiento de semilla por hectárea (Kg.ha^{-1}), STD: Desviación estándar, R: Repetición, STE: Error estándar, SE: Error estándar de la media, MIN: Mínimo, MAX: Máximo y SIG: Significancia estadística.

Figura 11

Comparación de la variable rendimiento de semilla por hectárea entre las ocho variedades de quinua



Nota: La variable rendimiento de semilla por hectárea fue registrada durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua. Las diferentes letras indican los rangos de significativas entre las variedades. Las barras con su error experimental representan a las variedades.

4.1.4. Evaluación de las características agronómicas de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Quisuarani, Melgar, Puno – 2024

En la Figura 12, se presenta un análisis de las correlaciones entre las variables cuantitativas evaluadas en las ocho variedades de quinua, proporcionando una visión integral de las relaciones entre diversas características agronómicas. Este análisis es crucial para entender cómo las diferentes variables interactúan entre sí y cómo estas interacciones pueden influir en el rendimiento y adaptabilidad de las variedades.

Una de las relaciones más destacadas es la alta correlación del 77% entre la altura de la planta y el diámetro del tallo, lo que sugiere una fuerte asociación



entre el crecimiento vertical y la robustez estructural de la planta. Esta relación indica que, en general, las plantas más altas también desarrollan tallos más gruesos, lo cual podría ser beneficioso en términos de estabilidad de la planta y su capacidad para soportar el peso de la inflorescencia y resistir condiciones adversas, como el viento o la carga de agua durante las lluvias.

Asimismo, se observa una correlación intermedia del 49% entre la altura de la planta y la longitud de la panoja, lo que señala una relación coherente entre el crecimiento vertical y el desarrollo de la inflorescencia. Este hallazgo sugiere que las variedades que alcanzan mayor altura también tienden a desarrollar panojas más largas, lo cual podría tener implicaciones directas en el potencial de producción de semillas, dado que una panoja más larga podría albergar más flores y, por ende, más semillas.

El análisis también revela un patrón interesante en cuanto a la madurez fisiológica y el desarrollo vegetativo de las variedades de quinua. Se ha identificado que las variedades con un ciclo vegetativo más prolongado tienden a mostrar un desarrollo arquitectónico más robusto y complejo. Esto sugiere que el tiempo adicional de crecimiento permite a las plantas no solo alcanzar mayores alturas, sino también desarrollar estructuras más complejas y resistentes, lo que podría mejorar su capacidad para soportar cargas pesadas y adaptarse a diversas condiciones ambientales.

Además, se observa una correlación intermedia del 42% entre el rendimiento por planta y la longitud de la panoja. Esta relación implica que, aunque no es tan fuerte como otras, existe una conexión notable entre la longitud de la inflorescencia y la cantidad de semillas producidas por planta. Esta

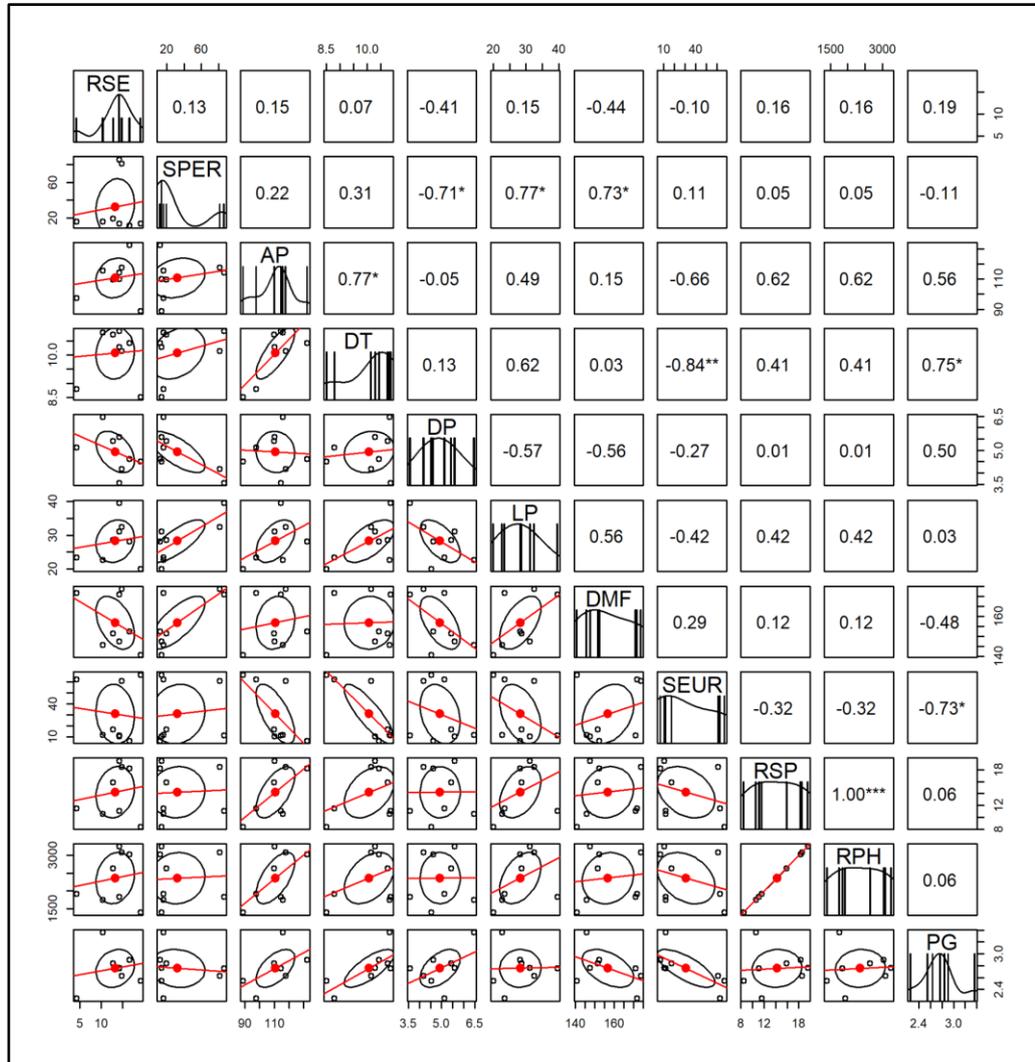


información es valiosa para los programas de mejoramiento genético que buscan maximizar el rendimiento de la quinua.

Por otro lado, el análisis revela correlaciones negativas entre las variables de crecimiento (como la altura de la planta y el diámetro del tallo) y la susceptibilidad a *Peronospora sp.*, susceptibilidad a *Eurysacca sp.*, y la reacción a sequía. Estas correlaciones negativas sugieren que las plantas con un mayor crecimiento y desarrollo estructural tienden a ser más resistentes a factores bióticos, como enfermedades, y a factores abióticos, como la sequía. Esto podría indicar que un mayor vigor vegetativo no solo contribuye a un mejor rendimiento, sino que también confiere una mayor tolerancia a condiciones adversas, lo cual es un aspecto crucial para la sostenibilidad del cultivo en diferentes entornos agroecológicos.

Figura 12

Correlación de Pearson de variables cuantitativas evaluadas en las ocho variedades de quinua



Nota: Los datos fueron registrados durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de comparar entre las ocho variedades de quinua y determinar la correlación entre las variables. AP, altura de la planta; DT, diámetro del tallo; DP, diámetro de panoja; LP, longitud de panoja; DMF, días a madurez fisiológica; SPER, susceptibilidad a *Peronospora sp.*; SEUR, susceptibilidad a *Eurysacca sp.*; RSE, reacción a sequía; PG, peso de 1000 granos; RSP, rendimiento de semilla por planta; RPH, rendimiento de semilla por hectárea. (*), significancia al 5%; (**) significancia al 1%, (***) significancia al 0.001%.

En la Figura 13, se presenta un análisis detallado de la distribución de las variables cuantitativas en las dos dimensiones principales del análisis de componentes principales (ACP). Este enfoque multivariado permite visualizar



cómo se agrupan y relacionan las diferentes características agronómicas de las ocho variedades de quinua, proporcionando una comprensión más profunda de las interacciones entre estas variables y cómo influyen en el comportamiento general de las variedades.

En la primera dimensión, se observa una clara agrupación de las variables relacionadas con el desarrollo vegetativo y el rendimiento de la semilla. Estas variables, como altura de la planta, longitud de panoja, peso de 1000 granos y rendimiento por planta, se alinean en la misma dirección, lo que indica que están altamente correlacionadas entre sí. Esta agrupación sugiere que las variedades que exhiben un mayor desarrollo vegetativo tienden a producir mayores rendimientos de semilla, lo cual es coherente con la idea de que un crecimiento vegetativo robusto favorece la producción de biomasa y, consecuentemente, de semillas.

Por otro lado, la variable susceptibilidad a *Eurysacca sp.* muestra una dirección opuesta en las dos dimensiones principales, lo que indica una relación inversa con las variables de desarrollo vegetativo y rendimiento. Esto significa que las variedades más vigorosas y productivas son más resistentes a esta plaga, lo que resalta la importancia de seleccionar variedades con buen desarrollo vegetativo para mejorar la resistencia a *Eurysacca sp.* y otros factores bióticos.

En cuanto a la variable "días a madurez fisiológica" y "susceptibilidad a *Peronospora sp.*", ambas muestran una dirección similar en el espacio bidimensional, pero opuesta a la variable "diámetro de panoja". Este patrón sugiere que las variedades que tardan más en alcanzar la madurez fisiológica y son más susceptibles a *Peronospora sp.* tienden a desarrollar panojas de menor diámetro. Esta información es clave para los programas de mejoramiento, ya que



la selección de variedades con madurez temprana y resistencia a enfermedades podría contribuir a mejorar el diámetro de la panoja, un rasgo importante para el rendimiento.

En el segundo gráfico de la Figura 09, se visualiza el posicionamiento de las ocho variedades de quinua evaluadas en estas dos dimensiones principales, basándose en las variables cuantitativas previamente analizadas. Aquí, se observa que las variedades Altiplano, Illpa INIA y Salcedo INIA se agrupan en la región asociada con un mayor desarrollo vegetativo y rendimiento, lo que las posiciona como variedades prometedoras en términos de productividad. Sin embargo, estas mismas variedades muestran una mayor susceptibilidad a la sequía, lo que puede representar una limitación en áreas con disponibilidad limitada de agua o bajo condiciones de estrés hídrico.

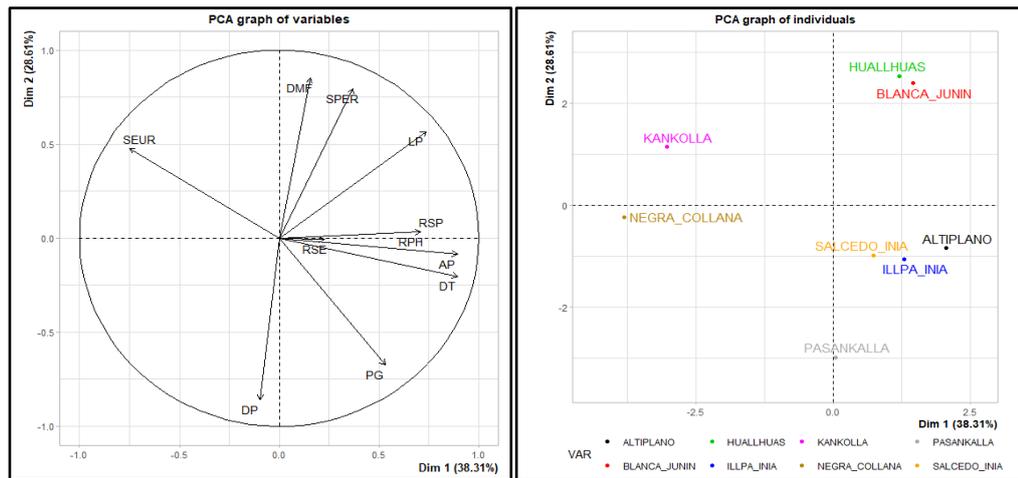
En contraste, las variedades Huallhua y Blanca de Junín se ubican en la dirección opuesta, caracterizándose por ser las más tardías en cuanto a ciclo vegetativo y las más susceptibles a *Peronospora sp.* Además, estas variedades desarrollaron panojas de menor diámetro, lo cual podría limitar su rendimiento de semilla. La combinación de susceptibilidad a enfermedades y menor rendimiento hace que estas variedades sean menos atractivas para condiciones donde la resistencia a enfermedades y la productividad son prioridades.

Finalmente, las variedades Kankolla y Negra Collana se agrupan en la región que corresponde a plantas más pequeñas, de menor rendimiento, y con una alta susceptibilidad a *Eurysacca sp.* No obstante, estas variedades muestran una notable tolerancia a la sequía, lo que sugiere que, aunque menos productivas, podrían ser valiosas en regiones con condiciones climáticas áridas. Esta dualidad

resalta la importancia de seleccionar variedades no solo por su rendimiento potencial, sino también por su adaptabilidad a condiciones específicas de cultivo.

Figura 13

Análisis de componentes principales de variables cuantitativas evaluadas en las ocho variedades de quinua. Biplot de las variables (A) y variedades (B)



Nota: Los datos fueron registrados durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de determinar los conglomerados de variedades en la proyección de sus variables. AP, altura de la planta; DT, diámetro del tallo; DP, diámetro de panoja; LP, longitud de panoja; DMF, días a madurez fisiológica; SPER, susceptibilidad a *Peronospora sp.*; SEUR, susceptibilidad a *Eurysacca sp.*; RSE, reacción a sequía; PG, peso de 1000 granos; RSP, rendimiento de semilla por planta; RPH, rendimiento de semilla por hectárea.

En la Figura 14, se observa una clara estructuración en tres clústers distintos, cada uno de los cuales exhibe diferencias significativas en las variables cuantitativas evaluadas para las ocho variedades de quinua. Esta agrupación refleja cómo diferentes combinaciones de características agronómicas influyen en el comportamiento y potencial de cada variedad, ofreciendo una visión detallada de sus fortalezas y limitaciones.

El clúster rojo agrupa las variedades que se destacan por su mayor crecimiento vegetativo y rendimiento de semilla. Estas variedades no solo alcanzan una mayor altura y volumen de biomasa, sino que también producen un



mayor número de semillas, lo que las hace altamente productivas. Este clúster incluye variedades que podrían ser particularmente valiosas en sistemas de cultivo donde la maximización del rendimiento es una prioridad, siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables para su desarrollo. El vigor vegetativo de estas variedades también podría conferirles cierta resistencia a condiciones adversas como vientos fuertes o competencia por luz, aunque su manejo agronómico podría requerir una mayor atención en términos de soporte y control de plagas.

El clúster negro, por otro lado, agrupa las variedades que muestran una alta tolerancia a la sequía, lo que las hace especialmente adecuadas para regiones con limitaciones hídricas. Estas variedades han desarrollado mecanismos que les permiten sobrevivir y producir bajo condiciones de estrés hídrico, lo que las convierte en una opción estratégica para cultivos en zonas áridas o en temporadas de escasa lluvia. Sin embargo, estas mismas variedades son susceptibles a *Eurysacca sp.*, lo que implica que, si bien son resilientes ante la falta de agua, podrían requerir un manejo fitosanitario intensivo para protegerlas de esta plaga. Este clúster representa un compromiso entre la adaptación al estrés hídrico y la necesidad de estrategias de control de plagas.

El clúster verde agrupa a las variedades más tardías, aquellas que requieren un ciclo vegetativo más largo para alcanzar la madurez fisiológica. Estas variedades son también las más susceptibles a *Peronospora sp.*, lo que sugiere una mayor vulnerabilidad a enfermedades durante su prolongado ciclo de crecimiento. Como consecuencia, su crecimiento y rendimiento son intermedios, lo que significa que, si bien no alcanzan el vigor vegetativo ni la productividad del clúster rojo, tampoco son tan resistentes o especializadas como las variedades del clúster

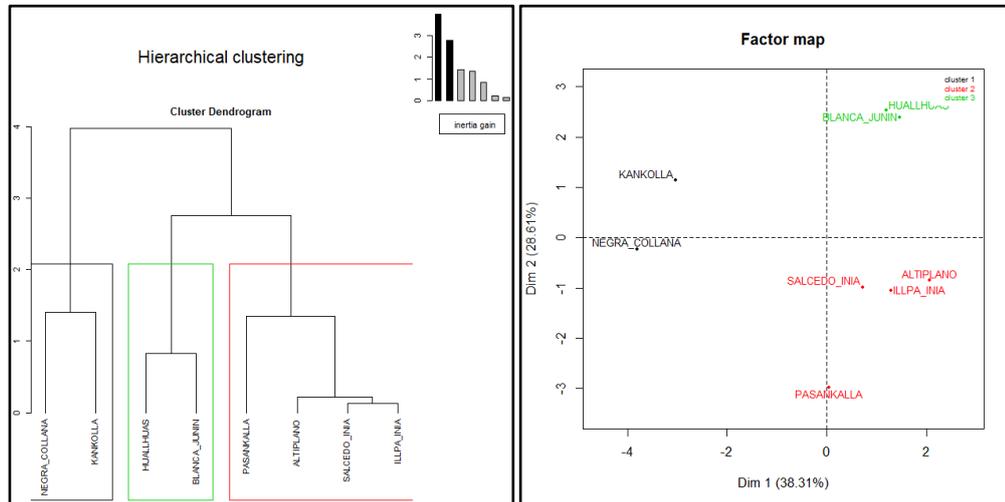


negro. Este clúster podría representar variedades que, aunque no sobresalen en ninguna característica específica, ofrecen una combinación balanceada de crecimiento y rendimiento, con la desventaja de una mayor susceptibilidad a enfermedades.

En síntesis, la estructura de clústers presentada en la Figura 11 proporciona una herramienta valiosa para la selección de variedades de quinua, permitiendo a los agricultores, inversionistas y mejoradores identificar qué variedades son más adecuadas para sus necesidades y condiciones específicas. Cada clúster refleja un conjunto de características que pueden ser explotadas según los objetivos de producción, ya sea maximizar el rendimiento, garantizar la resistencia a la sequía, o equilibrar el crecimiento y la susceptibilidad a enfermedades. Este tipo de análisis es fundamental para el desarrollo de estrategias de cultivo que optimicen el uso de los recursos disponibles y maximicen la sostenibilidad y productividad del cultivo de quinua.

Figura 14

Análisis dendrograma de las ocho variedades de quinua, basado en variables cuantitativas. Árbol filogenético (A) y agrupamiento de variedades de quinua (B)



Nota: Los datos fueron registrados durante la campaña agrícola 2023/2024, con el propósito de determinar los conglomerados de variedades en la proyección de sus variables. AP, altura de la planta; DT, diámetro del tallo; DP, diámetro de panoja; LP, longitud de panoja; DMF, días a madurez fisiológica; SPER, susceptibilidad a *Peronospora sp.*; SEUR, susceptibilidad a *Eurysacca sp.*; RSE, reacción a sequía; PG, peso de 1000 granos; RSP, rendimiento de semilla por planta; RPH, rendimiento de semilla por hectárea.



4.2. DISCUSIÓN

Determinación de las diferencias en el desarrollo vegetativo de las ocho variedades de quinua en términos de altura de planta, diámetro de tallo, diámetro, longitud de panoja y días a madurez fisiológica. El crecimiento vegetativo, medido a través de la altura de la planta, el diámetro de la panoja y la longitud de la panoja, muestra diferencias significativas entre variedades, lo cual es clave para entender el rendimiento potencial de las plantas. La altura de la planta es un indicador crítico de la capacidad de la planta para captar luz solar y realizar la fotosíntesis, afectando directamente el rendimiento final del cultivo (Jacobsen et al., 2005). Este estudio ha demostrado que las variedades como Altiplano, Blanca de Junín, Huallhuas y Pasankalla presentan alturas superiores, lo que sugiere una ventaja en la captación de recursos esenciales para el crecimiento y desarrollo (Ali et al., 2020). Este comportamiento es consistente con investigaciones que señalan que una mayor altura está correlacionada con un mejor acceso a la luz y, por ende, con un aumento en la tasa de fotosíntesis (Gaju et al., 2016). La longitud y el diámetro de la panoja también son factores cruciales, ya que una panoja más larga y gruesa puede sostener un mayor número de semillas, incrementando así el rendimiento de la planta (Moosavi et al., 2022). En particular, las variedades Pasankalla, Illpa INIA y Salcedo INIA han mostrado una mayor longitud y diámetro de panoja, lo cual es beneficioso para la productividad de semilla, apoyado por investigaciones que destacan la importancia de estas características en el rendimiento de cultivos (Manjarres-Hernández et al., 2021). La correlación observada entre la altura de la planta y la longitud de la panoja (49%) sugiere que las plantas más altas tienden a tener panojas más largas, lo que potencialmente mejora la producción de semillas (Jacobsen et al., 2005). En contraste, el diámetro del tallo no mostró diferencias significativas, indicando que este aspecto del crecimiento vegetativo podría no ser tan variable entre las variedades estudiadas (Jacobsen et al., 2003). La falta



de variabilidad en el diámetro del tallo podría deberse a un diseño experimental limitado o a una falta de diferenciación genética en esta característica entre las variedades evaluadas (Tang et al., 2024). A pesar de esto, se observó una correlación del 77% entre la altura de la planta y el diámetro del tallo, lo cual sugiere que las plantas más altas tienden a tener tallos más gruesos, lo que podría contribuir a una mayor estabilidad estructural de la planta (Fischer & Edmeades, 2010). La madurez fisiológica también mostró diferencias significativas entre las variedades, con Huallhuas y Blanca de Junín como las más tardías, mientras que Illpa INIA, Pasankalla y Negra Collana fueron las más precoces. Estas diferencias son relevantes para ajustar el calendario de cultivo en diferentes regiones, tal como lo subrayan estudios que abordan la importancia de la selección de variedades en función de su ciclo de crecimiento para optimizar la producción en distintas condiciones climáticas.

Evaluación de la resistencia y susceptibilidad de las variedades de quinua a factores bióticos y abióticos, como *Peronospora sp.*, *Eurysacca sp.* y la sequía, para determinar su viabilidad y sostenibilidad. La resistencia a enfermedades y la tolerancia a factores adversos son elementos cruciales para la adaptación y sostenibilidad de la quinua en condiciones difíciles. Estos atributos son especialmente importantes en el contexto de la agricultura en regiones con condiciones ambientales desafiantes, donde la selección de variedades resistentes es clave para mantener la productividad y estabilidad del cultivo. En particular, la susceptibilidad a *Peronospora sp.* y *Eurysacca sp.* ha demostrado ser variable entre diferentes variedades de quinua, lo que resalta la necesidad de una selección cuidadosa de las variedades más resistentes para su cultivo en áreas afectadas por estas plagas y enfermedades (Colque-Little et al., 2021; Jacobsen et al., 2005). Estudios han mostrado que variedades como Illpa INIA y Negra Collana presentan una resistencia superior a *Peronospora sp.*, lo cual es crucial para mitigar las pérdidas de rendimiento en



regiones propensas a este patógeno (Präger et al., 2018; Wang et al., 2020). La resistencia a *Eurysacca sp.*, un insecto plaga que afecta gravemente a la quinua, también es vital, ya que su presencia puede reducir drásticamente la calidad y cantidad del grano. Illpa INIA ha sido identificada como una variedad particularmente resistente, lo que la convierte en una opción preferida para áreas con alta incidencia de esta plaga (Salazar Suarez, 2018). Además de la resistencia a enfermedades, la tolerancia a la sequía es un factor determinante para la viabilidad de la quinua en regiones con recursos hídricos limitados. Con el aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías debido al cambio climático, la identificación de variedades que puedan prosperar en condiciones de estrés hídrico es cada vez más relevante (Bazile et al., 2016; Geerts & Raes, 2009). Variedades como Pasankalla y Kankolla han demostrado una alta tolerancia a la sequía, lo que las hace especialmente adecuadas para su cultivo en áreas donde la disponibilidad de agua es un factor limitante (Geerts & Raes, 2009; Saddiq et al., 2021). La tolerancia a la sequía en estas variedades no solo se refleja en su capacidad para mantener la productividad bajo condiciones de estrés hídrico, sino también en su eficiencia en el uso del agua, lo que les permite producir rendimientos aceptables con una menor cantidad de agua disponible (Curti et al., 2014; Jaikishun et al., 2019). Este atributo es fundamental en la agricultura de regiones áridas y semiáridas, donde el riego puede ser limitado o incluso inexistente, y donde la sostenibilidad del cultivo depende en gran medida de la capacidad de la planta para sobrevivir y producir bajo condiciones extremas (Bandurska, 2022; Jacobsen et al., 2003). La selección de variedades de quinua que sean resistentes a enfermedades como *Peronospora sp.* y *Eurysacca sp.*, así como tolerantes a la sequía, es esencial para asegurar la estabilidad y sostenibilidad de la producción en regiones con condiciones adversas. Las variedades Illpa INIA, Negra Collana, Pasankalla, y Kankolla se destacan



como opciones prometedoras en este contexto, ofreciendo un equilibrio entre rendimiento, calidad de semilla y adaptación a factores adversos.

Evaluación del rendimiento de semilla y sus componentes (peso de 1000 granos, rendimiento por planta, y rendimiento por hectárea) en cada una de las ocho variedades de quinua, identificando aquellas con mayor productividad. El rendimiento de semilla es un factor crucial en la evaluación de la productividad de las variedades de quinua, tanto a nivel de planta como por hectárea. En este contexto, las variedades Illpa INIA, Altiplano y Huallhuas han demostrado sobresalir en términos de productividad, lo que subraya su potencial para una mayor producción agrícola (Bhargava et al., 2007). Este hallazgo es coherente con estudios que han documentado la relación positiva entre el desarrollo vegetativo robusto, especialmente en términos de altura de la planta y diámetro de la panoja, y el aumento del rendimiento de semilla (Cárdenas-Castillo et al., 2021; Tang et al., 2024). La importancia de estas características se ha destacado en diversas investigaciones que indican que un crecimiento vegetativo vigoroso no solo favorece la eficiencia en la captura de recursos, como la luz y los nutrientes, sino que también mejora la capacidad de la planta para sostener un mayor número de granos, lo que finalmente se traduce en un mayor rendimiento (Gaju et al., 2016; Tang et al., 2024). Además del rendimiento por planta y por hectárea, el peso de 1000 granos es otro indicador clave tanto del rendimiento como de la calidad de la semilla. Las variedades Pasankalla y Altiplano se han destacado por presentar los mayores pesos, lo que sugiere que estas variedades no solo producen un mayor número de semillas, sino que también producen granos más grandes y potencialmente de mayor calidad (Curti et al., 2014). Este aspecto es crucial, ya que el peso de los granos está directamente relacionado con la calidad comercial y nutricional de la quinua, un factor que se ha vuelto cada vez más importante en los mercados internacionales (Cárdenas-Castillo et al., 2021; Präger et al., 2018). Por



otro lado, estudios han mostrado que las características como la densidad de siembra, el manejo del agua, y la fertilización, también influyen significativamente en el rendimiento de semilla y el peso de 1000 granos, lo que sugiere que un manejo agronómico optimizado podría maximizar el potencial productivo de estas variedades (Wang et al., 2020). La correlación positiva entre el desarrollo vegetativo robusto y el rendimiento de semilla se ha documentado en otros cultivos de grano, lo que apoya la importancia de seleccionar variedades con un crecimiento vegetativo óptimo para mejorar la producción (Sellami et al., 2021; Wang et al., 2020). La capacidad productiva de las variedades Illpa INIA, Altiplano, Huallhuas, Pasankalla y Altiplano destaca no solo por su rendimiento en términos de cantidad de semilla por planta y por hectárea, sino también por la calidad de las semillas producidas, lo que refuerza su potencial como variedades clave en la producción de quinua. Una limitación clave de esta investigación radica en el diseño experimental, que puede no haber capturado adecuadamente la variabilidad genética entre las diferentes variedades, especialmente en características como el diámetro del tallo. Esto sugiere la necesidad de adoptar un diseño más robusto y detallado que permita una evaluación más precisa de estas características, posiblemente integrando un mayor número de repeticiones y bloques aleatorios para reducir el error experimental. Además, el estudio se realizó bajo condiciones ambientales específicas, lo que restringe la aplicabilidad de los resultados a otros entornos con diferentes climas, suelos y prácticas agrícolas. Esta limitación es significativa, ya que la variabilidad en factores ambientales puede influir considerablemente en el rendimiento y la resistencia de las variedades. La investigación se desarrolló también en un único ciclo de cultivo, lo que podría no capturar la variabilidad interanual en el rendimiento y la resistencia de las variedades a enfermedades y estrés ambiental. La variabilidad climática entre años puede afectar de manera significativa el desempeño de las variedades, lo que subraya la necesidad de



realizar estudios a lo largo de varios ciclos de cultivo y en diversas estaciones, para obtener una comprensión más completa y precisa de la estabilidad y adaptabilidad de las variedades en diferentes condiciones agroclimáticas.

Evaluación de las características agronómicas de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Quisuarani, Melgar, Puno – 2024. En el análisis de variedades, las variedades Altiplano, Blanca de Junín, Huallhuas, y Pasankalla destacaron por su mayor altura de planta y capacidad de desarrollo vegetativo, sugiriendo un alto potencial productivo. En cuanto al peso de 1000 granos y rendimiento por hectárea, Pasankalla, Altiplano e Illpa INIA demostraron ser las más prometedoras. Illpa INIA, Negra Collana y Altiplano mostraron la mayor resistencia a *Peronospora* sp., mientras que Blanca de Junín, Illpa INIA, Pasankalla y Altiplano resistieron mejor *Eurysacca* sp.. Para la tolerancia a la sequía, Pasankalla y Kankolla se destacaron. Illpa INIA, Altiplano y Pasankalla fueron las variedades con mejor equilibrio entre rendimiento, tamaño de planta y resistencia a factores adversos. A continuación, se discuten los hallazgos principales y sus implicaciones, respaldados por literatura relevante. Futuras investigaciones deberían enfocarse en una evaluación más extensa y prolongada de las variedades de quinua, llevándose a cabo en múltiples ciclos de cultivo y en diversas ubicaciones geográficas. Este enfoque permitirá comprender mejor la estabilidad y adaptabilidad de las variedades en un rango más amplio de condiciones ambientales. Es fundamental que estos estudios se complementan con análisis genéticos detallados, para identificar marcadores moleculares asociados con características agronómicas deseables, como la resistencia a enfermedades, tolerancia a la sequía y potencial de rendimiento. Además, es esencial investigar la interacción entre genotipo y ambiente (GxE) para optimizar las prácticas de manejo agronómico específicas para cada variedad y entorno. La investigación también debería incluir estudios sobre la resiliencia de las variedades



ante condiciones climáticas extremas, como sequías prolongadas y olas de calor, que son cada vez más frecuentes debido al cambio climático. Asimismo, es crucial realizar análisis de viabilidad económica para evaluar la rentabilidad de la producción de quinua a gran escala, así como estudios sobre la aceptación social y cultural de estas variedades en las comunidades agrícolas. Esto último es especialmente importante para asegurar una adopción efectiva y sostenible de las nuevas variedades, considerando las preferencias y necesidades de los agricultores locales.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Las variedades Altiplano, Blanca de Junín, Huallhuas, y Pasankalla destacaron por su mayor capacidad de desarrollo vegetativo, sugiriendo un alto potencial productivo. En términos de rendimiento por hectárea, Altiplano, e Illpa INIA demostraron ser las más prometedoras, con los mayores rendimientos. En cuanto a la resistencia a enfermedades y condiciones adversas, Illpa INIA, Negra Collana, y Altiplano mostraron mayor resistencia a *Peronospora sp.* Para *Eurysacca sp.*, Blanca de Junín, Illpa INIA, Pasankalla, y Altiplano mostraron una mayor resistencia. En términos de tolerancia a la sequía, Pasankalla y Kankolla demostraron ser las más resistentes. Illpa INIA, Altiplano, y Pasankalla fueron las variedades con mejor equilibrio entre rendimiento, tamaño de planta y resistencia a factores adversos.

SEGUNDA: Las variedades Altiplano, Blanca de Junín, Huallhuas y Pasankalla destacaron por su mayor altura de planta y diámetro de panoja, indicando un mejor desarrollo vegetativo y potencial productivo. En contraste, Kankolla y Negra Collana presentaron menores alturas y diámetros de panoja, lo que puede limitar su rendimiento. El diámetro del tallo principal mostró uniformidad entre todas las variedades, mientras que Blanca de Junín, Huallhuas e Illpa INIA tuvieron las mayores longitudes de panoja, lo que sugiere una mejor capacidad para la formación de inflorescencias.

TERCERA: Las variedades Blanca de Junín y Huallhuas fueron las más susceptibles a *Peronospora sp.*, con altos porcentajes de infección, mientras que Illpa INIA, Negra Collana, y Altiplano demostraron una notable resistencia. En



cuanto a *Eurysacca sp.*, Negra Collana, Huallhuas, y Kankolla mostraron las mayores susceptibilidades, en contraste con Blanca de Junín, Illpa INIA, Pasankalla, y Altiplano, que exhibieron una mayor resistencia. Finalmente, en relación con la sequía, Negra Collana y Altiplano fueron las más afectadas, mientras que Pasankalla y Kankolla demostraron una mayor tolerancia.

CUARTA: Las variedades Pasankalla y Altiplano destacaron por sus mayores pesos de 1000 granos, con medias de 3.36 g y 2.9 g, respectivamente, lo que indica un mayor potencial de tamaño de semilla. En términos de rendimiento por hectárea, Illpa INIA con 3241.65 Kg.ha⁻¹, Altiplano con 3031.49 Kg.ha⁻¹ y Huallhuas con 3074.98 Kg.ha⁻¹ demostraron los mayores rendimientos, lo que refleja una mejor capacidad productiva en relación con Negra Collana y Kankolla, que mostraron los rendimientos más bajos. Estos resultados destacan las variedades Illpa INIA, Altiplano y Huallhuas como las más prometedoras en términos de producción y potencial de rendimiento.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Dado que Illpa INIA, Altiplano, y Pasankalla mostraron el mejor equilibrio entre rendimiento, tamaño de planta y resistencia a enfermedades y condiciones adversas, se recomienda priorizar estas variedades para la producción en áreas con condiciones adversas y para maximizar el rendimiento por hectárea. Además, estas variedades deben ser promovidas para la siembra en regiones con alta incidencia de *Peronospora sp.* y *Eurysacca sp.*, ya que demostraron mayor resistencia a estas plagas.

SEGUNDA: Dado que Altiplano, Blanca de Junín, Huallhuas, y Pasankalla demostraron un desarrollo vegetativo superior con mayor altura de planta y diámetro de panoja, se recomienda implementar prácticas de manejo que promuevan el crecimiento vegetativo, como la fertilización adecuada y el control de plagas.

TERCERA: Pasankalla y Kankolla mostraron mayor tolerancia a la sequía. Para las regiones propensas a condiciones secas, se debe fomentar el uso de estas variedades y considerar prácticas de manejo que complementen su resistencia, como la conservación de humedad del suelo y técnicas de riego eficiente, para maximizar su rendimiento en períodos de sequía.

CUARTA: Blanca de Junín y Huallhuas, a pesar de su alto rendimiento y desarrollo vegetativo, presentaron alta susceptibilidad a *Peronospora sp.* y *Eurysacca sp.*. Se recomienda desarrollar programas de investigación y mejoramiento para aumentar la resistencia de estas variedades a enfermedades específicas, con el fin de optimizar su uso en condiciones de riesgo.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afzal, I., Haq, M. Z. U., Ahmed, S., Hirich, A., & Bazile, D. (2023). Challenges and Perspectives for Integrating Quinoa into the Agri-Food System. *Plants*, 12(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/plants12193361>
- Ali, S., Chattha, M. U., Hassan, M. U., Khan, I., Chattha, M. B., Iqbal, B., Rehman, M., Nawaz, M., & Amin, M. Z. (2020). Growth, Biomass Production, and Yield Potential of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as Affected by Planting Techniques Under Irrigated Conditions. *International Journal of Plant Production*, 14(3), 427-441. <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00094-5>
- Apaza, C. J. D. (2017). Selección de líneas a partir de autofecundaciones S5 de seis cruizas simples, genéticamente distantes y cercanas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones ambientales de Puno. [Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/8792>
- Bandurska, H. (2022). Drought Stress Responses: Coping Strategy and Resistance. *Plants*, 11(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/plants11070922>
- Basantes-Morales, E. R., Alconada, M. M., & Pantoja, J. L. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Production in the Andean Region: Challenges and Potentials. *Journal of Experimental Agriculture International*, 36(6), Article 6. <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v36i630251>
- Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi, M. S., Ba, D., Breidy, J., Hassan, L., Mohammed, M. I., Mambetov, O., Otambekova, M., Sepahvand, N. A., Shams, A., Souici, D., Miri, K., & Padulosi, S. (2016). Worldwide Evaluations of Quinoa: Preliminary Results from Post International Year of Quinoa FAO Projects in Nine



- Countries. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00850>
- Bertero, H. D., King, R. W., & Hall, A. J. (1999). Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research*, 63(1), 19-34. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(99\)00024-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(99)00024-6)
- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2007). Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field Crops Research*, 101(1), 104-116. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.10.001>
- Cárdenas-Castillo, J. E., Delatorre-Herrera, J., Bascuñán-Godoy, L., & Rodríguez, J. P. (2021). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Seed Yield and Efficiency in Soils Deficient of Nitrogen in the Bolivian Altiplano: An Analytical Review. *Plants*, 10(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/plants10112479>
- Colque-Little, C., Amby, D. B., & Andreasen, C. (2021). A Review of *Chenopodium quinoa* (Willd.) Diseases—An Updated Perspective. *Plants*, 10(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/plants10061228>
- Coronado, A. C. M., Hernández, E. H. M., & Coronado, Y. M. (2021). Phenotypic diversity of agromorphological characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm in Colombia. *Scientia Agricola*, 79, e20210017. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2021-0017>
- Curti, R. N., de la Vega, A. J., Andrade, A. J., Bramardi, S. J., & Bertero, H. D. (2014). Multi-environmental evaluation for grain yield and its physiological determinants of quinoa genotypes across Northwest Argentina. *Field Crops Research*, 166, 46-57. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.011>



- EL-Harty, E. H., Ghazy, A., Alateeq, T. K., Al-Faifi, S. A., Khan, M. A., Afzal, M., Alghamdi, S. S., & Migdadi, H. M. (2021). Morphological and Molecular Characterization of Quinoa Genotypes. *Agriculture*, *11*(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040286>
- Fischer, R. A. (Tony), & Edmeades, G. O. (2010). Breeding and Cereal Yield Progress. *Crop Science*, *50*(S1), S-85-S-98. <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.10.0564>
- Gaju, O., DeSilva, J., Carvalho, P., Hawkesford, M. J., Griffiths, S., Greenland, A., & Foulkes, M. J. (2016). Leaf photosynthesis and associations with grain yield, biomass and nitrogen-use efficiency in landraces, synthetic-derived lines and cultivars in wheat. *Field Crops Research*, *193*, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.018>
- Geerts, S., & Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*, *96*(9), 1275-1284. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.04.009>
- Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Condori, O., Mamani, J., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taboada, C., Yucra, E., & Vacher, J. (2008). Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano? *Agricultural Water Management*, *95*(8), 909-917. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.02.012>
- Hussain, M. I., Muscolo, A., Ahmed, M., Asghar, M. A., & Al-Dakheel, A. J. (2020). Agro-Morphological, Yield and Quality Traits and Interrelationship with Yield Stability in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes under Saline Marginal Environment. *Plants*, *9*(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/plants9121763>



- Infante, H., Albesiano, S., Arrieta V, L., Gómez V, N., Infante R, H., Albesiano, S., Arrieta V, L., & Gómez V, N. (2018). MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF VARIETIES OF *Chenopodium quinoa* CULTIVATED IN THE DEPARTMENT OF BOYACÁ, COLOMBIA. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 21(2), 329-339. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.977>
- International Bioersivity, FAO, PROINPA, INIAF, & IFAD. (2013). *Descriptors for quinoa (Chenopodium quinoa Willd) and wild relatives*. Bioersivity International, Rome, Italy; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; International Fund for Agricultural Development, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. <https://hdl.handle.net/10568/69165>
- Jacobsen, S.-E., Monteros, C., Christiansen, J. L., Bravo, L. A., Corcuera, L. J., & Mujica, A. (2005). Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*, 22(2), 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2004.01.003>
- Jacobsen, S.-E., Mujica, A., & Jensen, C. R. (2003). The Resistance of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Adverse Abiotic Factors. *Food Reviews International*, 19(1-2), 99-109. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018872>
- Jaikishun, S., Li, W., Yang, Z., & Song, S. (2019). Quinoa: In Perspective of Global Challenges. *Agronomy*, 9(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040176>
- Lozano-Isla, F., Apaza, J.-D., Mujica Sanchez, A., Blas Sevillano, R., Haussmann, B. I. G., & Schmid, K. (2023). Enhancing quinoa cultivation in the Andean highlands



of Peru: A breeding strategy for improved yield and early maturity adaptation to climate change using traditional cultivars. *Euphytica*, 219(2), 26. <https://doi.org/10.1007/s10681-023-03155-8>

Manjarres-Hernández, E. H., Arias-Moreno, D. M., Morillo-Coronado, A. C., Ojeda-Pérez, Z. Z., & Cárdenas-Chaparro, A. (2021). Phenotypic Characterization of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for the Selection of Promising Materials for Breeding Programs. *Plants*, 10(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/plants10071339>

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>

Mukhopadhyay, R., Sarkar, B., Jat, H. S., Sharma, P. C., & Bolan, N. S. (2021). Soil salinity under climate change: Challenges for sustainable agriculture and food security. *Journal of Environmental Management*, 280, 111736. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111736>

Murphy, K. M., Bazile, D., Kellogg, J., & Rahmanian, M. (2016). Development of a Worldwide Consortium on Evolutionary Participatory Breeding in Quinoa. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00608>

Pathan, S., & Siddiqui, R. A. (2022). Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review. *Nutrients*, 14(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/nu14030558>



- Präger, A., Munz, S., Nkebiwe, P. M., Mast, B., & Graeff-Hönninger, S. (2018). Yield and Quality Characteristics of Different Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars Grown under Field Conditions in Southwestern Germany. *Agronomy*, 8(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/agronomy8100197>
- Ruiz, L. B.-G., María Reguera, Ángel Mujica, Néstor Fernández del Saz, Carolina Sanhueza, Catalina Castro, José Ortiz, Gabriel Barros, José Delatorre-Herrera, Karina B. (2023). Genotype and Environment as Key Factors Controlling Seed Quality in Latin-American Crops. En *Latin-American Seeds*. CRC Press.
- Saddiq, M. S., Wang, X., Iqbal, S., Hafeez, M. B., Khan, S., Raza, A., Iqbal, J., Maqbool, M. M., Fiaz, S., Qazi, M. A., Bakhsh, A., Jahanzaib, & Gulshan, A. B. (2021). Effect of Water Stress on Grain Yield and Physiological Characters of Quinoa Genotypes. *Agronomy*, 11(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/agronomy11101934>
- Salazar Suarez, T. A. (2018). Caracterización agromorfológica de 10 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su relación con el rendimiento, bajo condiciones de campo en la Costa Central. *Universidad Científica del Sur*. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/handle/20.500.12805/553>
- Sellami, M. H., Pulvento, C., & Lavini, A. (2021). Agronomic Practices and Performances of Quinoa under Field Conditions: A Systematic Review. *Plants*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/plants10010072>
- Snowball, R., Dhammu, H. S., D'Antuono, M. F., Troidahl, D., Biggs, I., Thompson, C., Warmington, M., Pearce, A., & Sharma, D. L. (2022). Adaptation of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to Australian Environments. *Agronomy*, 12(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092026>



- Tang, P., Ren, A., Jiang, Z., Wang, R., Cui, K., Wu, X., Sun, M., Gao, Z., & Anwar, S. (2024). Evaluation of Quinoa Varieties for Adaptability and Yield Potential in Low Altitudes and Correlation with Agronomic Traits. *Agronomy*, *14*(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040852>
- Vergara, R. de O., Martins, A. B. N., Soares, V. N., Carvalho, I. R., Barbosa, M. H., Conte, G. G., GAdotti, G. I., Ludke, R., & Villela, F. A. (2020). Agronomic and morphological characteristics of quinoa grown in the southern region of Rio Grande do Sul State. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, *8*(1), Article 1. <https://doi.org/10.15210/rbes.v8i1.18315>
- Wang, N., Wang, F., Shock, C. C., Meng, C., & Qiao, L. (2020). Effects of Management Practices on Quinoa Growth, Seed Yield, and Quality. *Agronomy*, *10*(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030445>



ANEXOS



ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de varianza de la variable altura de planta de ocho variedades de quinua.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	6043.4	863.34	10.7653	1.64E-06	***
Repetición	4	160.1	40.02	0.4991	0.7366	
Residuales	28	2245.5	80.2			

Media 110.78 cm, CV 8.08 %.

ANEXO 2. Análisis de varianza de la variable diámetro de tallo de ocho variedades de quinua.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	29.461	4.2088	2.1676	0.06873	ns
Repetición	4	2.92	0.7301	0.376	0.82376	
Residuales	28	54.366	1.9416			

Media 10.07 mm, CV 13.83 %



ANEXO 3. Análisis de varianza de la variable diámetro de panoja de ocho variedades de quinua.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	28.9457	4.1351	8.6003	1.30E-05	***
Repetición	4	0.2422	0.0605	0.1259	0.9719	
Residuales	28	13.4627	0.4808			

Media 4.93 cm, CV 14.06 %

ANEXO 4. Análisis de varianza de la variable longitud de panoja de ocho variedades de quinua.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	1391.9	198.843	11.4772	8.80E-07	***
Repetición	4	24.5	6.125	0.3535	0.8393	
Residuales	28	485.1	17.325			

Media 28.25 cm, CV 14.73%



ANEXO 5. Análisis de varianza de la variable número de días a madurez fisiológica de ocho variedades de quinua.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	6118.3	874.04	376.801	<2e-16	***
Repetición	4	7.8	1.96	0.846	0.508	
Residuales	28	65	2.32			

Media 156.85 días, CV 0.97 %

ANEXO 6. Análisis de varianza de la variable susceptibilidad a *Peronospora sp.* de ocho variedades de quinua.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	35676	5096.6	8154.6	<2e-16	***
Repetición	4	5	1.1	1.8	0.1569	
Residuales	28	17	0.6			

Media 32.12 %, CV 2.46 %



ANEXO 7. Análisis de varianza de la variable Susceptibilidad a *Eurysacca sp.* de ocho variedades de quinua.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	25570	3652.9	2646.3105	<2e-16	***
Repetición	4	6.2	1.5	1.1138	0.3697	
Residuales	28	38.7	1.4			

Media 30.92 %, CV 3.8 %

ANEXO 8. Análisis de varianza de la variable reacción a la sequía de ocho variedades de quinua.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	705.2	100.743	170.4411	<2e-16	***
Repetición	4	2.65	0.662	1.1208	0.3666	
Residuales	28	16.55	0.591			

Media 13.3 %, CV 5.78 %



ANEXO 9. Análisis de varianza de la variable peso de 1000 granos de ocho variedades de quinua.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	3.5538	0.50769	649.9895	<2e-16	***
Repetición	4	0.0045	0.00112	1.4371	0.2478	
Residuales	28	0.0219	0.00078			

Media 2.76 g, CV 1.01 %

ANEXO 10. Análisis de varianza de la variable rendimiento de semilla por planta de ocho variedades de quinua.

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	648.04	92.578	1245.0642	<2e-16	***
Repetición	4	0.33	0.083	1.1146	0.3694	
Residuales	28	2.08	0.074			

Media 14.23 g, CV 1.92 %

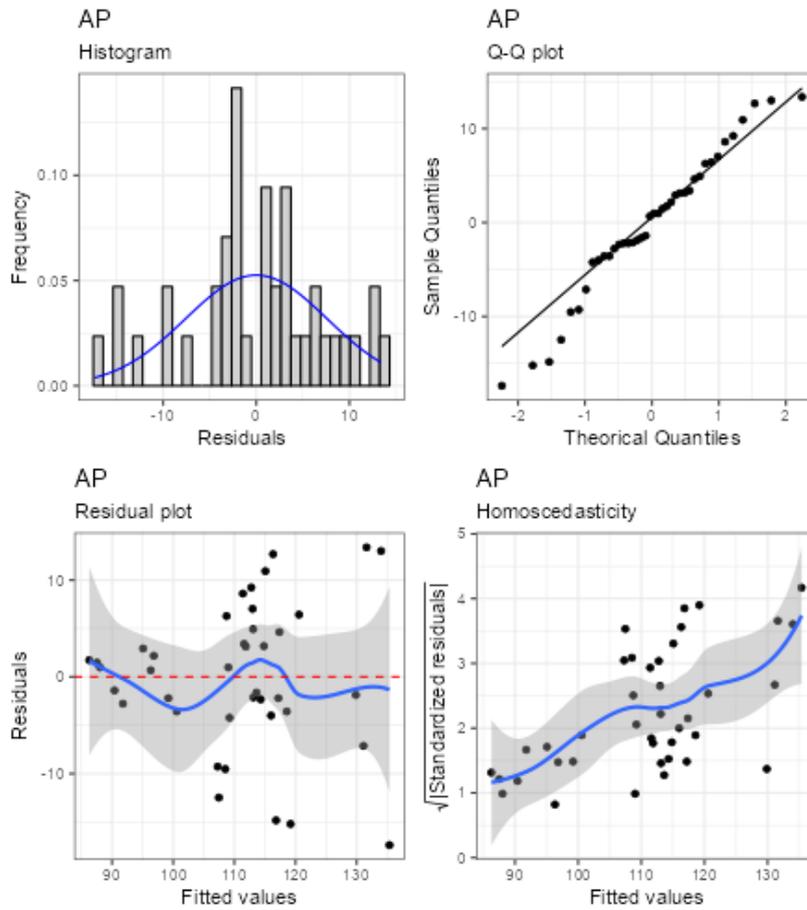


ANEXO 11. Análisis de varianza de la variable rendimiento de semilla por hectarea de ocho variedades de quinua.

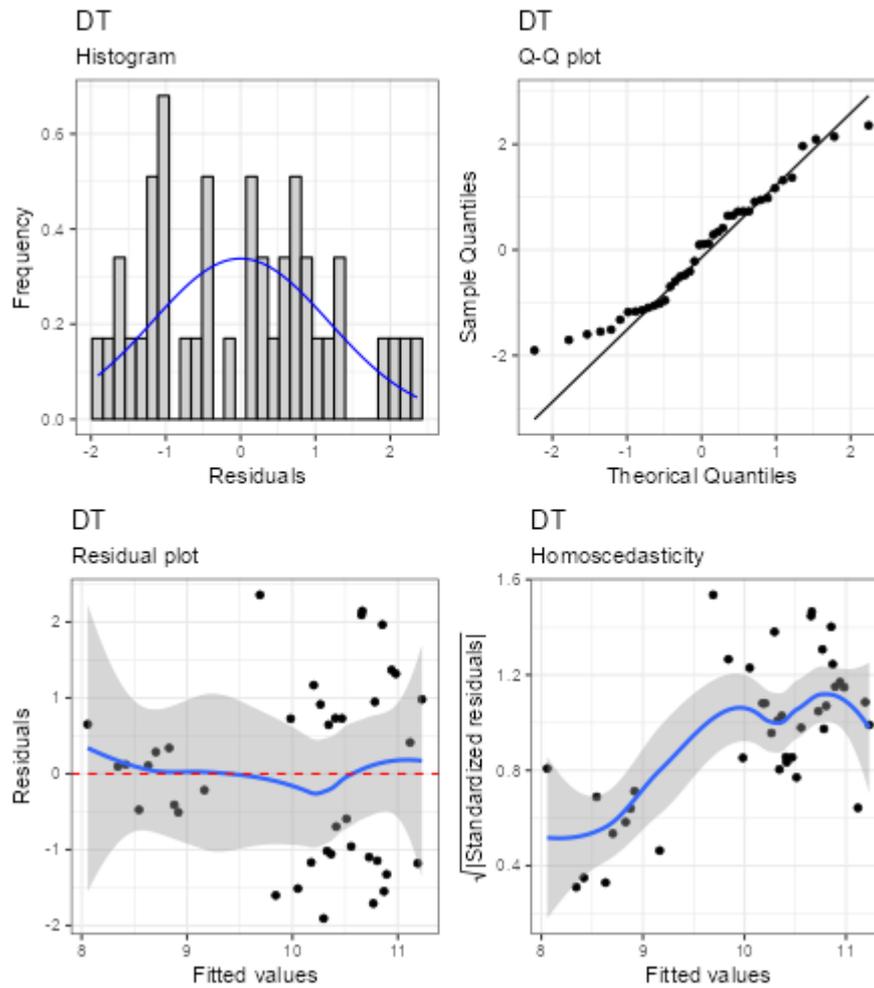
	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	Sig.
Variedad	7	17857528	2551075	1245.0642	<2e-16	***
Repetición	4	9135	2284	1.1146	0.3694	
Residuales	28	57371	2049			

Media 2362.06 g, CV 1.92 %

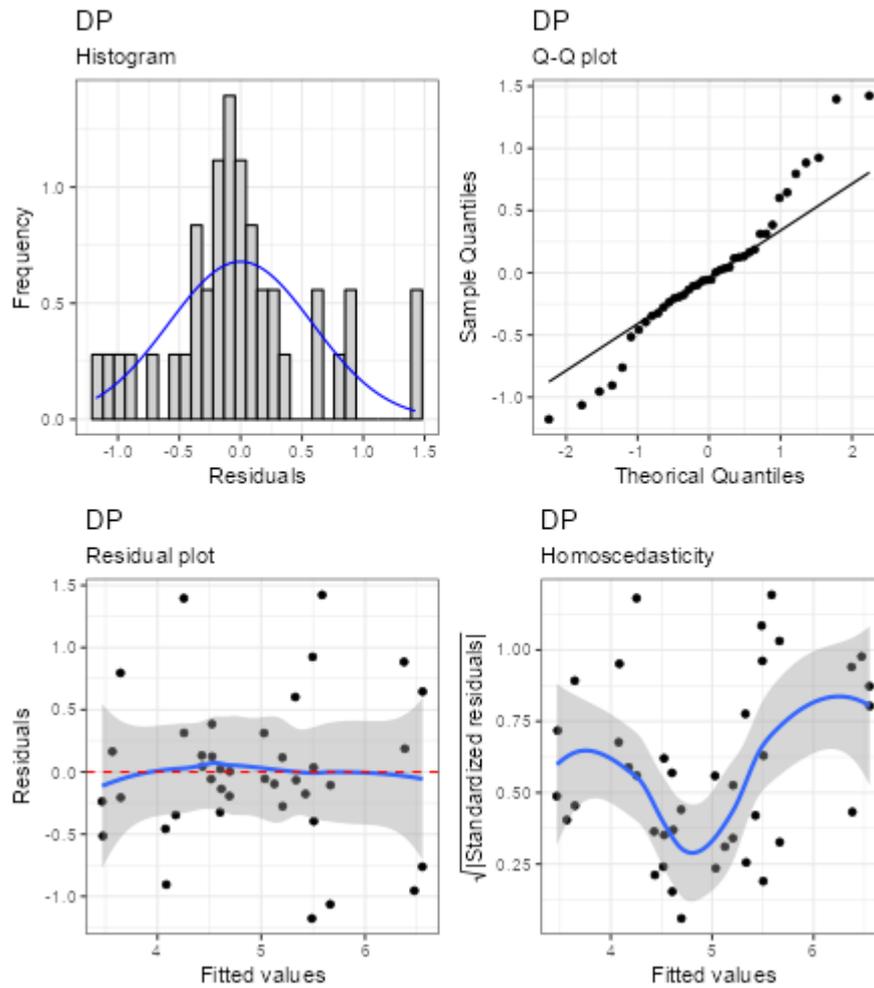
ANEXO 12. Análisis de normalidad de altura de planta de ocho variedades de quinua.



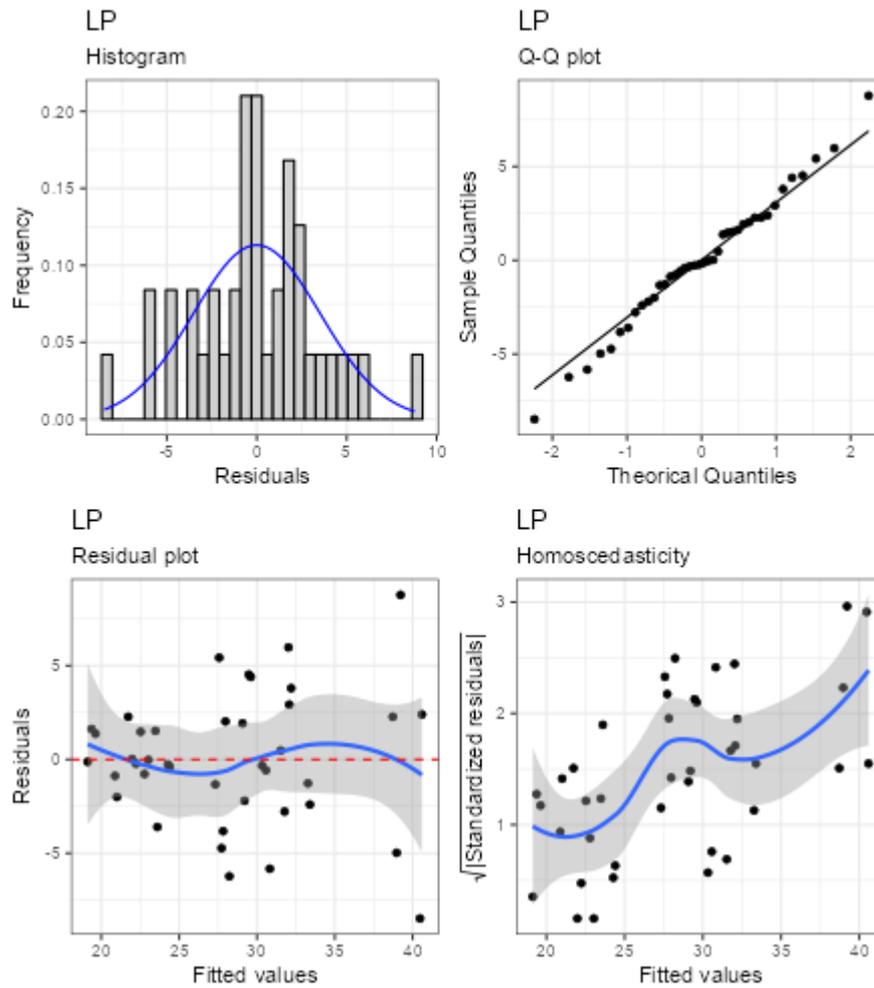
ANEXO 13. Análisis de normalidad de diámetro de tallo de ocho variedades de quinua.



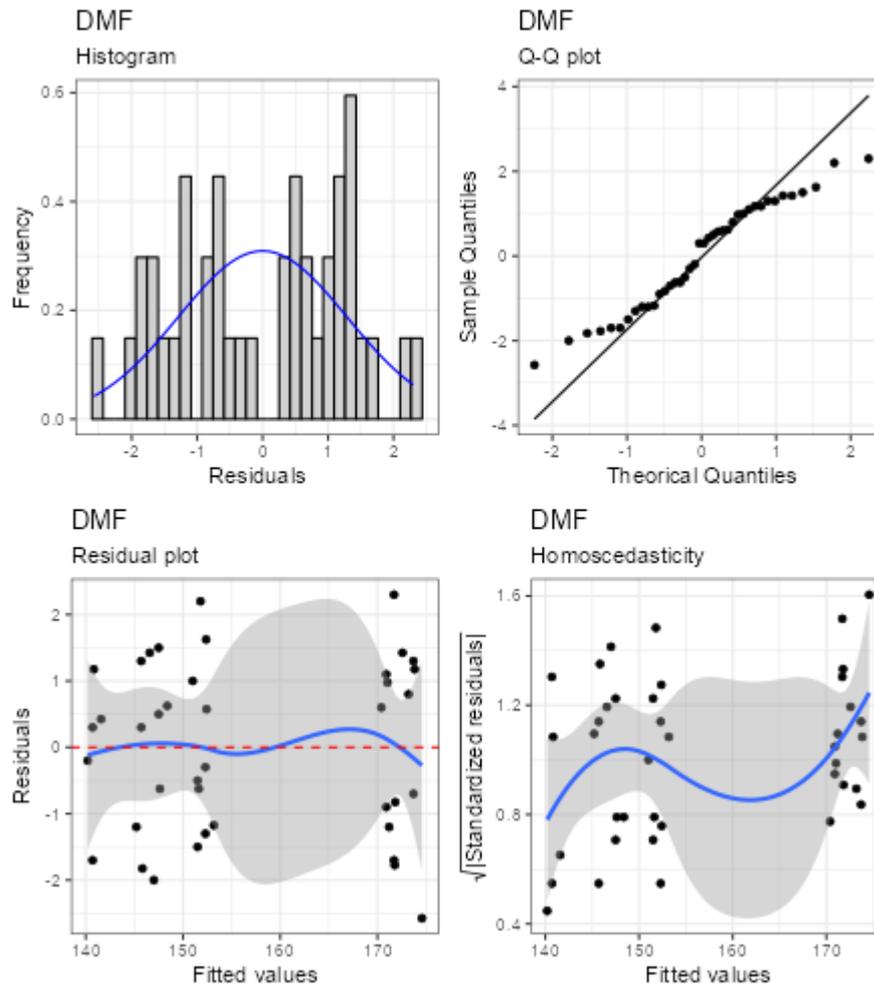
ANEXO 14. Análisis de normalidad de diámetro de panoja de ocho variedades de quinua.



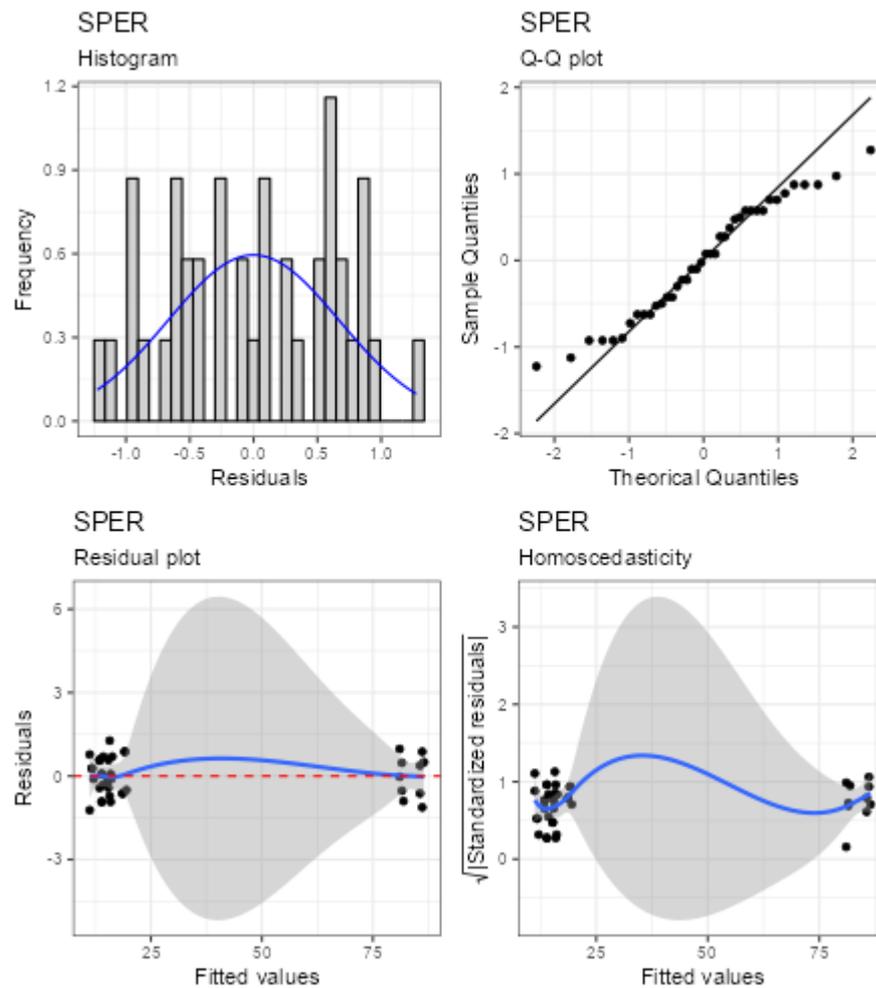
ANEXO 15. Análisis de normalidad de longitud de panoja de ocho variedades de quinua.



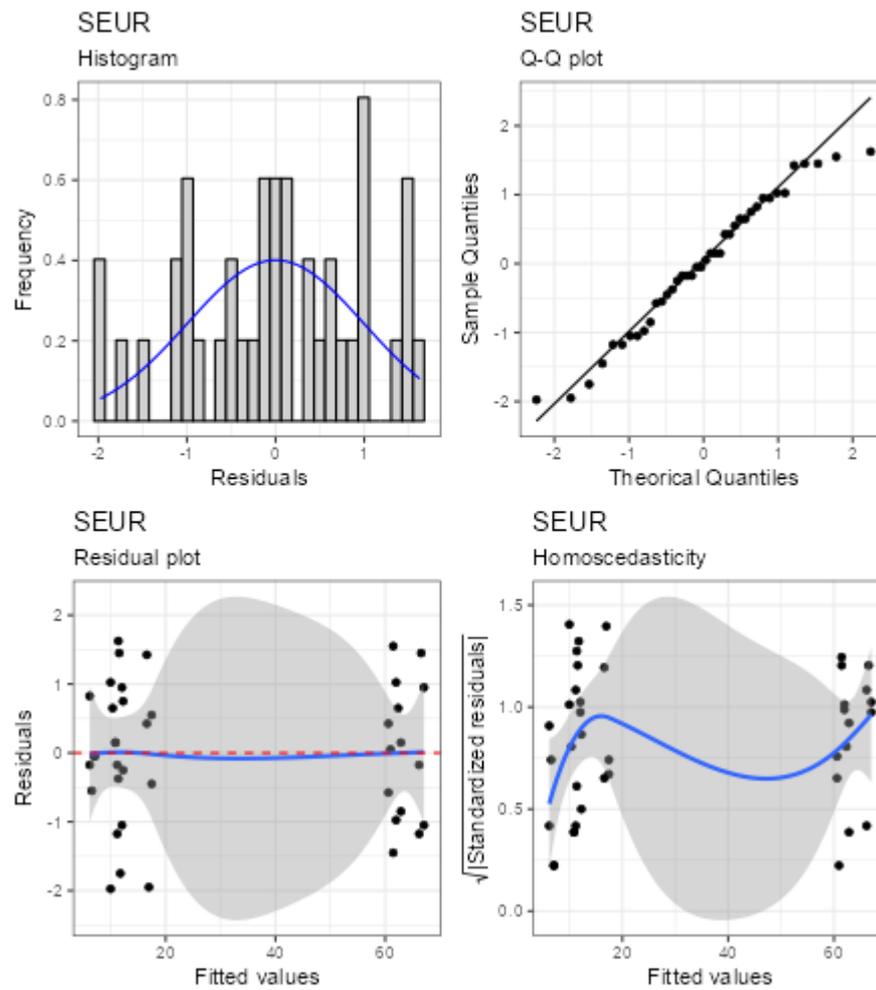
ANEXO 16. Análisis de normalidad de días a madurez fisiológica de ocho variedades de quinua.



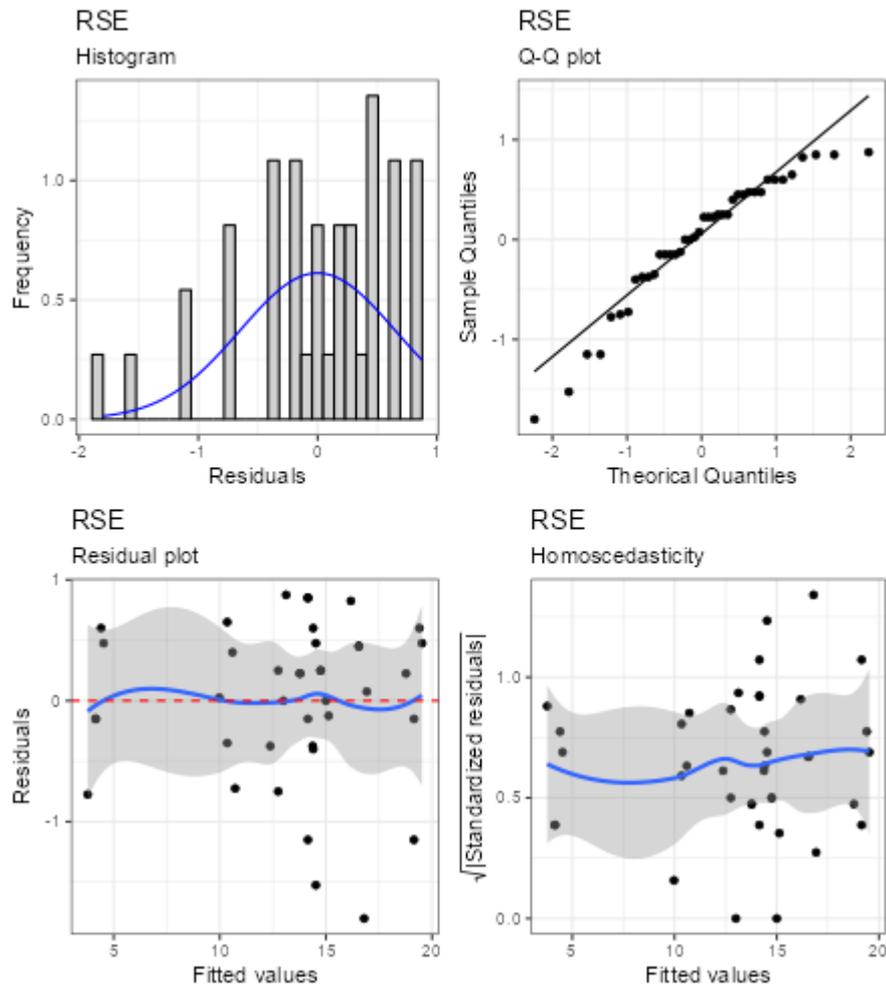
ANEXO 17. Análisis de normalidad de susceptibilidad de *Peronospora sp.* de ocho variedades de quinua.



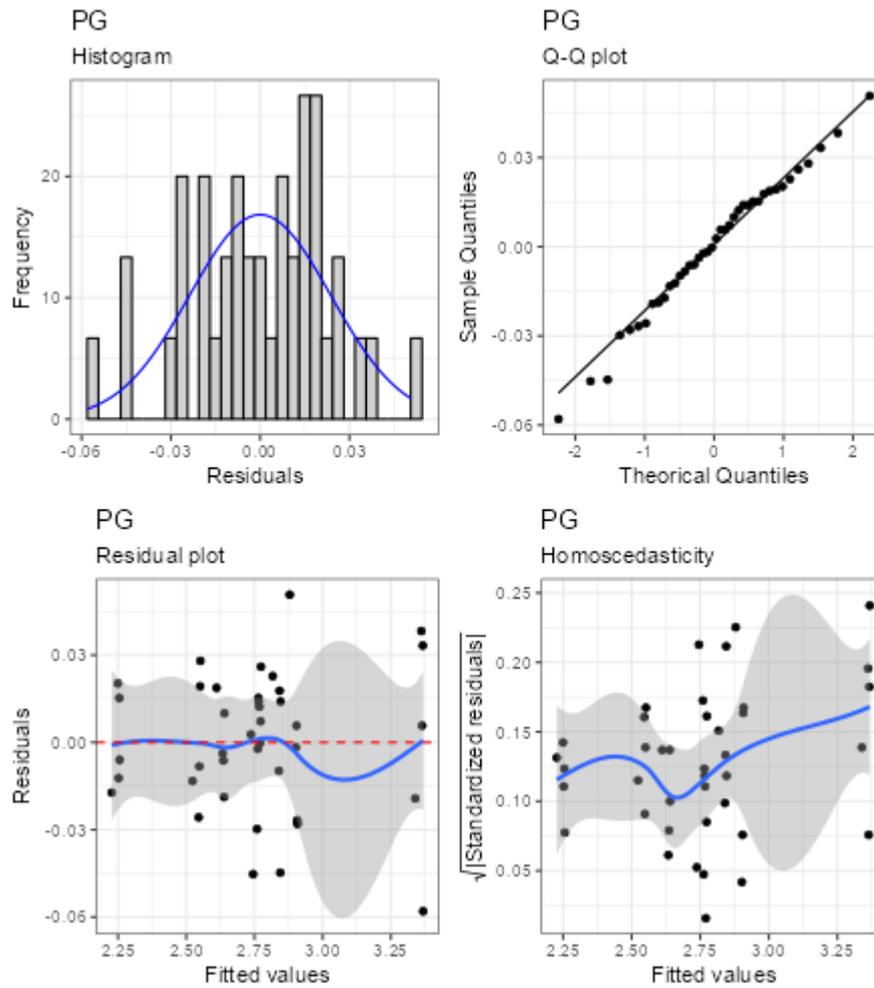
ANEXO 18. Análisis de normalidad de susceptibilidad a *Eurysacca sp.* de ocho variedades de quinua.



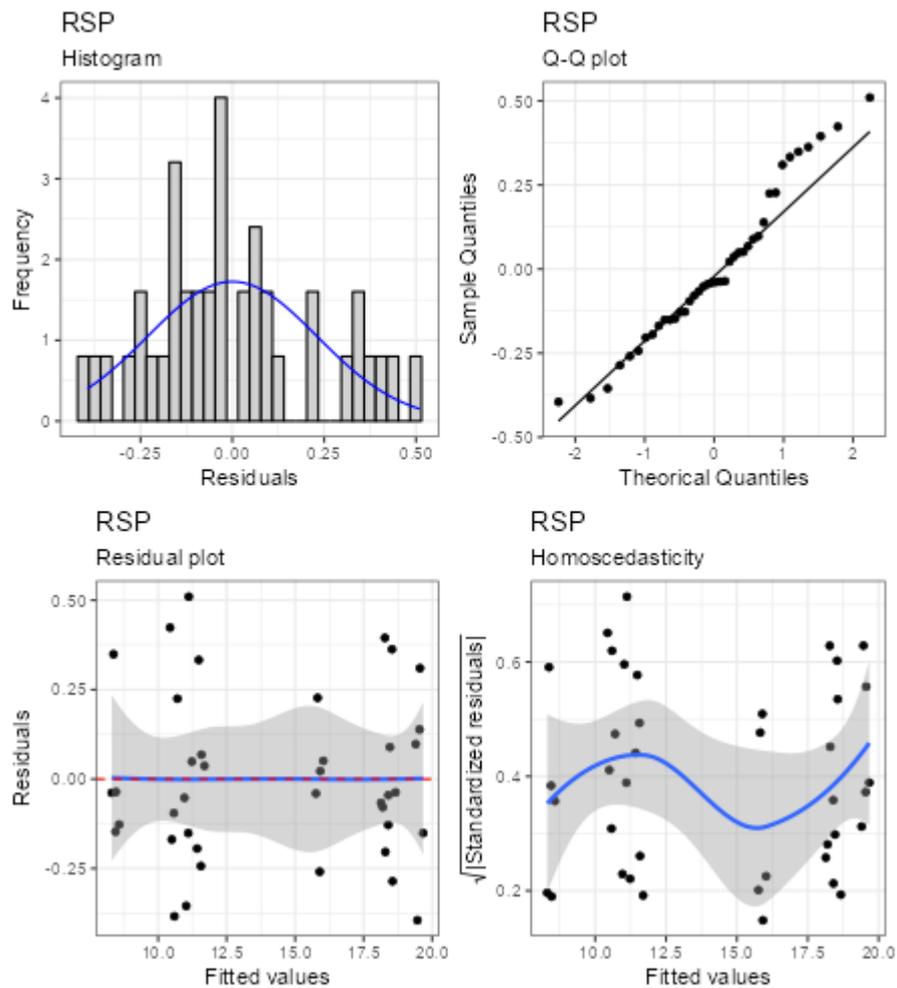
ANEXO 19. Análisis de normalidad de reacción a sequía de ocho variedades de quinua.



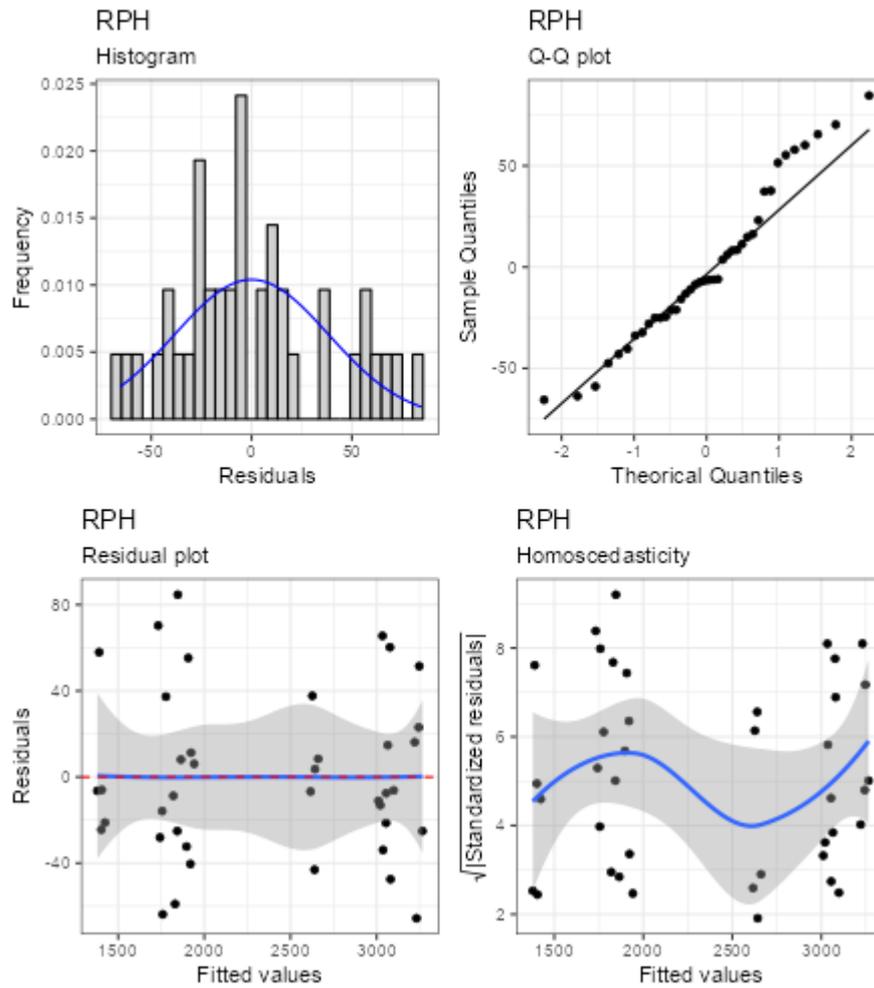
ANEXO 20. Análisis de normalidad de peso de 1000 granos de ocho variedades de quinua.



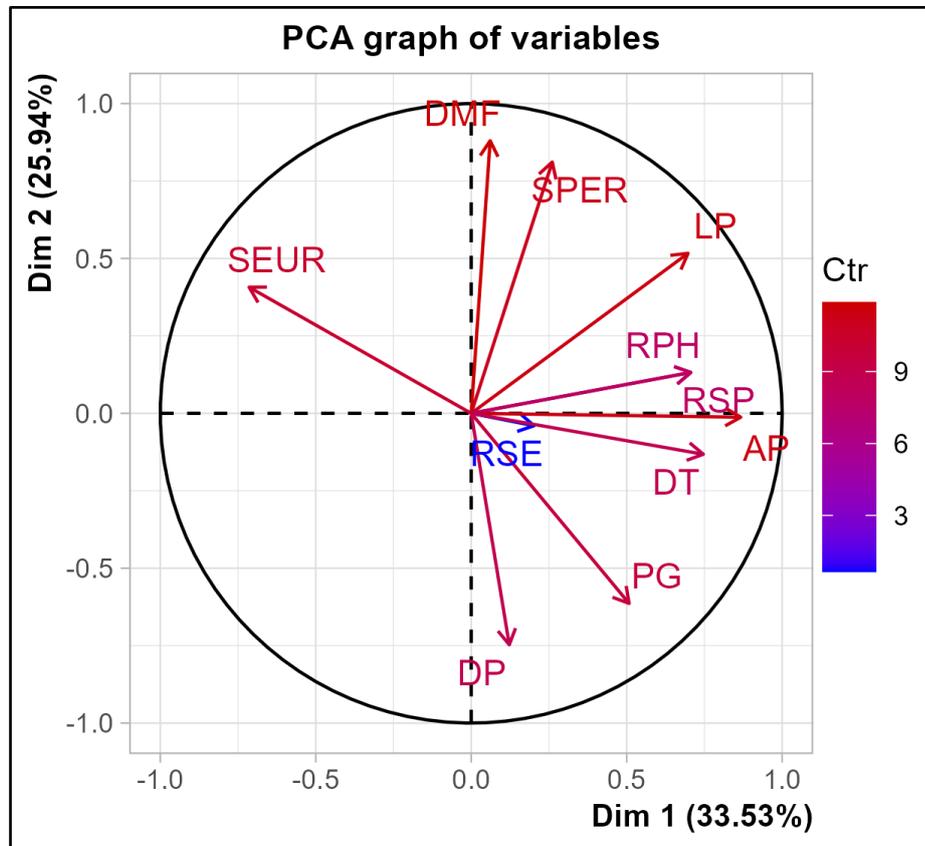
ANEXO 21. Análisis de normalidad de rendimiento se semilla por planta de ocho variedades de quinua.



ANEXO 22. Análisis de normalidad de rendimiento de semilla por hectárea de ocho variedades de quinua.



ANEXO 23. Contribución de las variables cuantitativas en el análisis de componentes principales.



ANEXO 24. Matriz de consistencia

Preguntas	Hipótesis	Objetivos	Dimensiones	VARIABLES	Escala	Métodos
<p>PE1: ¿Cuáles son las diferencias en el desarrollo vegetativo de las ocho variedades de quinua en términos de altura de planta, diámetro de tallo, diámetro y longitud de panoja?</p>	<p>HE1: Existen diferencias significativas en el desarrollo vegetativo de las ocho variedades de quinua manifestadas en variaciones en la altura de planta, diámetro de tallo, diámetro y longitud de panoja.</p>	<p>OE1: Determinar las diferencias en el desarrollo vegetativo de las ocho variedades de quinua en términos de altura de planta, diámetro de tallo, diámetro y longitud de panoja.</p>	<p>Características agronómicas</p>	<p>Altura de planta Diámetro de tallo Diámetro de panoja Longitud de panoja</p>	<p>Escala numérica</p>	<p>Este estudio se basa en un enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo y un diseño experimental.</p>
<p>PE2: ¿Cómo responden las variedades de quinua a factores bióticos como <i>Peronospora sp.</i> y <i>Eurysacca sp.</i>, y abióticos como la sequía, y qué impacto tienen estas respuestas en su viabilidad y sostenibilidad?</p>	<p>HE2: Las variedades de quinua responden de manera diferencial a factores bióticos como <i>Peronospora sp.</i> y <i>Eurysacca sp.</i>, y abióticos como la sequía, con ciertas variedades demostrando una mayor viabilidad y sostenibilidad debido a su mayor resistencia y adaptabilidad a estos factores.</p>	<p>OE2: Evaluar la resistencia y susceptibilidad de las variedades de quinua a factores bióticos y abióticos, como <i>Peronospora sp.</i>, <i>Eurysacca sp.</i> y la sequía, para determinar su viabilidad y sostenibilidad.</p>		<p><i>Peronospora sp.</i> <i>Eurysacca sp.</i> Reacción a sequía</p>		

Preguntas	Hipótesis	Objetivos	Dimensiones	VARIABLES	ESCALA	Métodos
<p>PE3: ¿Qué niveles de rendimiento de semilla y sus componentes (peso de 1000 granos, rendimiento por planta, hectárea) presentan las ocho variedades de quinua, y cuáles de ellas son más productivas?</p>	<p>HE3: Las ocho variedades de quinua presentan niveles de rendimiento de semilla y sus componentes (peso de 1000 granos, rendimiento por planta, y rendimiento por hectárea) significativamente distintos, con algunas variedades mostrando una mayor productividad.</p>	<p>OE3: Evaluar el rendimiento de semilla y sus componentes (peso de 1000 granos, rendimiento por planta, y rendimiento por hectárea) en cada una de las ocho variedades de quinua, identificando aquellas con mayor productividad.</p>	<p>Características agronómicas</p>	<p>Peso de 1000 granos Rendimiento por planta Rendimiento por hectárea</p>	<p>Escala numérica</p>	<p>Este estudio se basa en un enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo y un diseño experimental.</p>

ANEXO 25. Panel fotográfico de diversas etapas durante la realización del presente trabajo de investigación en Quisuarani, Melgar, Puno.









DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Jose David Apaza Calcina,
identificado con DNI 46517127 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE VARIETADES DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN QUISUARANI, MELGAR,
PUNO - 2024 ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 10 de octubre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Jose David Apaza Calana,
identificado con DNI 4651127 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión,
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE VARIEDADES DE QUINUA (*Cenopodium quinoa* Willd.) EN QUISUARANI, MELGAR, PUNO - 2024 ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 10 de octubre del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella