



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN
AGROMORFOLÓGICA DE CINCO PROGENIES PROCEDENTES
DE CRUZAS DOBLES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)
EN PUNO, PERÚ**

TESIS

PRESENTADA POR:

JUAN CRUZ URURI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

Evaluación del Rendimiento y Caracterización Agromorfológica de Cinco Progenies Procedentes de Cruza

AUTOR

Juan Cruz Ururi

RECUENTO DE PALABRAS

16841 Words

RECUENTO DE CARACTERES

89338 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

108 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

6.4MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 6, 2024 2:31 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 6, 2024 2:32 PM GMT-5

● **19% de similitud general**

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

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
Facultad de Ciencias Agrarias
Ph.D. ANGEL MUJICA SANCHEZ
PROFESOR PRINCIPAL

Dr. Manuel Alfredo Callohuanca P.
Cod. 82081 CIP: 24042

Resumen



DEDICATORIA

Dedico este trabajo todas las personas que me ayudaron para la elaboración de estas tesis, muchos de ellos me ayudaron emocionalmente, económicamente, y lo mejor es que siempre estuvieron presente en los momentos donde necesite de ayuda para poder culminar mi proyecto de tesis, gracias.

Juan Cruz Ururi



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida y poder obtener una gran formación en el ámbito de estudio, salud y por hacer mis sueños posibles.

Agradezco a mi familia por el apoyo constante que me brindan para poder terminar la Carrera

Agradezco a todos mis docentes en los diferentes cursos que me enseñaron y me supieron guiar por el buen camino, aprendiendo una lección de cada uno de ellos.

Juan Cruz Ururi



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVOS.....	19
1.1.1. Objetivo general	19
1.1.2. Objetivos específicos	19
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. MARCO TEÓRICO	20
2.1.1. Quinoa	20
2.1.1.1. Citogenética	20
2.1.1.2. Taxonomía	23
2.1.1.3. Botánica	23



2.1.1.4. Fenología.....	25
2.1.1.5. Cruzas de quinua.....	29
2.1.2. Características morfológicas.....	30
2.1.3. Características agronómicas.....	31
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	31
2.3. ANTECEDENTES.....	33

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	39
3.1.1. Tipo de investigación.....	39
3.1.2. Diseño de investigación.....	40
3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	41
3.2.1. Ubicación del proyecto.....	41
3.2.2. Características del campo experimental.....	42
3.2.3. Características edáficas.....	43
3.2.4. Características meteorológicas.....	43
3.2.5. Material genético.....	48
3.2.6. Material de campo.....	48
3.2.6.1. Insumos.....	48
3.2.6.2. Materiales y herramientas de campo.....	48
3.2.6.3. Materiales y herramientas de gabinete.....	49
3.2.6.4. Equipo de campo.....	49



3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
3.4.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	49
3.4.1.	Variables	49
3.4.2.	Operacionalización.....	50
3.5.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	50
3.6.	PROCEDIMIENTOS	51
3.7.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	52

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	RESULTADOS.....	53
4.1.1.	Características agronómicas.....	53
4.1.1.1.	Floración	53
4.1.1.2.	Madurez fisiológica.....	54
4.1.1.3.	Altura de la planta	55
4.1.1.4.	Diámetro del tallo.....	57
4.1.1.5.	Longitud de panoja.....	58
4.1.1.6.	Diámetro de panoja	60
4.1.1.7.	Comportamiento al mildiu y daño ornitológico.....	62
4.1.2.	Características morfológicas	63
4.1.2.1.	Color de panoja en floración.....	63
4.1.2.2.	Color de panoja en madurez fisiológica.....	65
4.1.2.3.	Forma de la panoja.....	66



4.1.2.4. Densidad de la panoja	67
4.1.3. Rendimiento	67
4.1.3.1. Peso de 1000 granos.....	67
4.1.3.2. Diámetro de grano.....	69
4.1.3.3. Peso de grano por planta	71
4.1.3.4. Peso de biomasa por planta.....	73
4.1.3.5. Rendimiento de grano por hectárea	75
4.1.3.6. Índice de cosecha	77
4.2. DISCUSIÓN	79
V. CONCLUSIONES	83
VI. RECOMENDACIONES.....	85
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
ANEXOS.....	90

ÁREA: Ciencias Agrícolas

TEMA: Manejo agronómico de cultivos.

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 13 de noviembre del 2024.



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Características del campo experimental.....	42
Tabla 2 Características fisicoquímicas del campo experimental	43
Tabla 3 Parámetros meteorológicos promedios mensual de la campaña 2022 - 2023	44
Tabla 4 Material genético procedente de cruzas dobles de quinua.....	48
Tabla 5 Matriz de operacionalización de las variables	50
Tabla 6 Análisis de varianza de la floración de las progenies de cruzas dobles.....	54
Tabla 7 Análisis de varianza de la madurez fisiológica de progenies de cruzas dobles de quinua.....	55
Tabla 8 Análisis de varianza de altura de la planta para las progenies de cruzas	57
Tabla 9 Análisis de varianza del diámetro de tallo para las progenies de cruzas	58
Tabla 10 Análisis de varianza de la longitud de panoja para las progenies de cruzas	59
Tabla 11 Test de Tukey de comparaciones múltiples para la longitud de panoja.....	60
Tabla 12 Análisis de varianza del diámetro de panoja para las progenies de cruzas..	61
Tabla 13 Test de Tukey de comparaciones múltiples para el diámetro de panoja.....	62
Tabla 14 Análisis de varianza del peso de 1000 granos	68
Tabla 15 Test de comparaciones múltiples de Tukey para el peso de 1000 granos ...	69
Tabla 16 Análisis de varianza de diámetro de grano de las progenies	70
Tabla 17 Test de comparaciones múltiples de Tukey para el diámetro de grano	71
Tabla 18 Análisis de varianza de peso de grano por planta de las progenies	72
Tabla 19 Test de comparaciones múltiples de Tukey para el peso de grano por planta	73
Tabla 20 Análisis de varianza de peso de biomasa de las progenies	74



Tabla 21	Test de Tukey para el peso de biomasa por planta	75
Tabla 22	Análisis de varianza de rendimiento de grano por hectárea de las progenies	76
Tabla 23	Test de comparaciones múltiples de Tukey para el rendimiento de grano por hectárea	77
Tabla 24	Análisis de varianza de índice de cosecha de las progenies	78
Tabla 25	Test de comparaciones múltiples de Tukey para el índice de cosecha	79



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Posición taxonómica de la quinua	23
Figura 2 Croquis del diseño DBCA	41
Figura 3 Ubicación del centro experimental	42
Figura 4 Temperatura durante la campaña 2022-2023	44
Figura 5 Precipitación durante la campaña 2022-2023	45
Figura 6 Humedad relativa durante la campaña 2022-2023	45
Figura 7 Temperatura durante la campaña 2017-2023	46
Figura 8 Humedad relativa durante la campaña 2017-2023	47
Figura 9 Precipitación durante la campaña 2017-2023	47
Figura 10 Floración de las progenies de cruzas dobles de quinua por tratamiento	53
Figura 11 Madurez fisiológica de las progenies de quinua por tratamiento	54
Figura 12 Altura de planta de las progenies de quinua por tratamiento	56
Figura 13 Diámetro del tallo de las progenies de quinua por tratamiento	57
Figura 14 Longitud de panoja de las progenies de quinua por tratamiento	59
Figura 15 Diámetro de panoja de las progenies de quinua por tratamiento	61
Figura 16 Daño mildiu de las progenies de cruzas doble de quinua	63
Figura 17 Daño ornitológico de las progenies de cruzas dobles de quinua	63
Figura 18 Color de la panoja en floración	64
Figura 19 Color de la panoja en madurez fisiológica	65
Figura 20 Densidad de la panoja	67
Figura 21 Peso de 1000 granos	68
Figura 22 Diámetro de grano	70
Figura 23 Peso de grano por planta	72



Figura 24	Peso de biomasa por planta	74
Figura 25	Rendimiento de grano por hectárea por tratamiento	76
Figura 26	Índice de cosecha por tratamiento	78



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Reporte de laboratorio de fertilidad de suelos	90
ANEXO 2 Constancia de solicitud de información al SENAMHI	91
ANEXO 3 Datos medios de los parámetros meteorológicos 2017-2023	92
ANEXO 4 Solicitud de uso de laboratorio de semillas	95
ANEXO 5 Base de datos recolectados	96
ANEXO 6 Resultados tomados de SPSS	100
ANEXO 7 Panel fotográfico.....	104
ANEXO 8 Declaración Jurada de Autenticidad de Tesis.....	107
ANEXO 9 Autorización de Deposito de Tesis para Repositorio	108



ACRÓNIMOS

(SAL X HUA) X (PAS X KCA): Salcedo INIA X Huariponcho X Pasankalla X Kcancolla.

(SAL X COL) X (SAL X PAN): Salcedo INIA X Negra Collana X Salcedo INIA X Pandela Rosada.

(HUA X KCA) X (SAL X HUA): Huariponcho X Kcancolla X Salcedo INIA X Huariponcho.

(HUA X KCA) X (PAS X KCA): Huariponcho X Kcancolla X Pasankalla X Kcancolla.

(COL X KCA) X (SAL X COL): Negra Collana X Kcancolla X Salcedo INIA X Negra Collana.

T1: tratamiento uno (1)

T2: tratamiento dos (2)

T3: tratamiento tres (3)

T4: tratamiento cuatro (4)

T5: tratamiento cinco (5)

ANOVA: análisis de varianza.

FAOSTAT: base estadística de la Organización para la Agricultura y la Alimentación.

MIDAGRI: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.

DBCA: diseño de bloques completamente al azar

CE: Campo Experimental.

FCA: Facultad de Ciencias Agrarias.

UNA: Universidad Nacional del Altiplano.

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.



RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo general evaluar el rendimiento y características agromorfológicas de cinco progenies derivadas de cruzas dobles de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Como metodología, se empleó un diseño de bloque completamente al azar (DBCA) con 4 bloques y 5 tratamientos (cruzas). Los resultados mostraron que la línea ((SAL X COL) X (SAL X PAN))75 (T2) alcanzó madurez a los 155 días, mientras que la línea ((HUA X KCA) X (SAL X HUA))108 (T3) destacó en altura (73 cm) y diámetro de tallo (7.15 mm). En longitud y diámetro de panoja, el tratamiento T3 sobresalió con 33.50 cm y 52.9 mm. El 80% de las líneas mostró bajo daño por mildiu, y los tratamientos T3 y T4 presentaron daño ornitológico muy bajo. En cuanto al rendimiento, los tratamientos T3 y T4 tuvieron mayor peso de 1000 granos, con T3 alcanzando 81.5 g de biomasa por planta. El rendimiento de grano por hectárea fue mayor en T1 ((SAL X HUA) X (PAS X KCA))99 con 5223 kg/ha y T3 con 4877 kg/ha. Se concluye que existen diferencias significativas entre las progenies evaluadas, destacando la línea ((HUA X KCA) X (SAL X HUA))108 como la más prometedora.

Palabras clave: Características agronómicas, Cruzas dobles, Progenie, Quinua, Rendimiento.



ABSTRACT

This research aimed to evaluate the yield and agronomic-morphological characteristics of five progenies derived from double crosses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). A randomized complete block design (RCBD) with 4 blocks and 5 treatments (crosses) was used. Results showed that the line ((SAL X COL) X (SAL X PAN))75 (T2) reached maturity at 155 days, while the line ((HUA X KCA) X (SAL X HUA))108 (T3) stood out in height (73 cm) and stem diameter (7.15 mm). In terms of panicle length and diameter, treatment T3 excelled with 33.50 cm and 52.9 mm, respectively. Eighty percent of the lines showed low mildew damage, and treatments T3 and T4 had very low bird damage. Regarding yield, treatments T3 and T4 had higher 1000-grain weight, with T3 reaching 81.5 g of biomass per plant. Grain yield per hectare was highest in T1 ((SAL X HUA) X (PAS X KCA))99 with 5223 kg/ha and T3 with 4877 kg/ha. It is concluded that there are significant differences among the evaluated progenies, with the line ((HUA X KCA) X (SAL X HUA))108 standing out as the most promising.

Keywords: Agronomic Characteristics, Crosses, Progeny, Quinoa, Yield.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es una especie dicotiledónea de la familia Chenopodiaceae, originaria de América del Sur, cuyo cultivo se da especialmente en los países andinos Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú, siendo en estos últimos tres donde se da el 80% de la producción mundial, también ha sido introducida recientemente en Europa, América del Norte, Asia y África (Morillo et al., 2017).

A nivel mundial, según la base estadística de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAOSTAT), la producción de quinua en el año 2020 fue de 175 mil 188 toneladas que ocuparon una superficie cosechada de 188 mil 878 hectáreas (ha.), logrando un rendimiento promedio de 0.9 toneladas por ha. Dicha producción representó una variación positiva de 88% en relación al anterior período. En este contexto, se ubica Ecuador con una producción de 4,903 toneladas (2.8%), Bolivia con 70,170 toneladas (40.1%) y el Perú con 100,115 toneladas, siendo este el principal productor para el año 2020 (Axayacatl, 2021).

Particularmente en Perú, para el año 2022, la producción de quinua había mostrado un crecimiento significativo. No obstante, el 2023 fue un año inusual, marcado por la sequía que comenzó a finales de 2022 y afectó a numerosos cultivos en la región sur, especialmente la quinua y la cañihua. Este fenómeno impactó principalmente en la fase inicial de siembra, lo cual resultó decisivo. La quinua se cultiva en 17 regiones en el territorio nacional, concentrándose el 94% de la producción anual en seis de ellas, con Puno a la cabeza (41%), seguida por Ayacucho (22%) y Apurímac (11.3%). Específicamente, Puno normalmente produce entre 35,000 y 40,000 toneladas al año, pero en 2023 solo alcanzó entre 7,000 y 8,000 toneladas (Rabines, 2024).



En relación a sus características, la quinua presenta una alta variabilidad genética y adaptabilidad agroecológica, debido al extenso proceso de domesticación, convirtiéndose en una especie tolerante a diversas condiciones ambientales y climáticas como el frío, radiación solar fuerte, temperaturas de congelamiento nocturno, salinidad y factores fitosanitarios. Además, dado su potencial económico, constituye un cultivo de seguridad alimentaria para las comunidades andinas y del mundo, por lo que, su producción ha sido promovida entre agricultores, empresas agroindustriales e institucionales (Morillo et al., 2017).

No obstante, aunque la quinua presenta importantes características nutricionales (vitaminas, minerales, aminoácidos y proteínas), agroecológicas y genéticas, su rendimiento, calidad del grano y cosecha se ven influenciados por los factores ambientales generados por el cambio climático en la zona andina del Perú. Al respecto, el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), expone que la quinua se desarrolla mejor en zonas con altitud entre 2,000 y 3,500 msnm; en tanto, en zonas a nivel del mar, disminuye su periodo vegetativo en comparación las sembradas en la zona andina, sin embargo, se notado que el mayor potencial productivo se obtiene a nivel del mar donde se ha obtenido hasta 5,000 kg/ha empleado riego tecnificado localizado y buen manejo en la fertilización de NPK (nitrógeno, fosforo y potasio) (Montesinos, 2016).

A pesar de las bondades y potencialidades de la quinua, como se ha expuesto líneas anteriores, existen escasas investigaciones en los tópicos de genética y fitomejoramiento; siendo necesarios los estudios de recolección, conservación y caracterización para establecer estrategias de mejoramiento de la especie, por ello, la presente investigación se avoca a la evaluación de rendimiento y caracterización agromorfológica de cinco progenies procedentes de cruza dobles de quinua en la región de Puno, Perú.



Tomando en cuenta lo expuesto, la presente investigación presenta una justificación teórica y metodológica, al proporcionar técnicas e instrumentos validadas y aplicados en la recolección de datos experimentales de características agromorfológicas y de rendimiento de cruzas dobles de quinua, que puedan replicarse en futuras investigaciones, así como aportes en los resultados que servirán de antecedente. También se provee una justificación práctica, al obtener resultados sobre genética de quinua que puedan otorgar nuevos métodos de producción a los agricultores y poder obtener buenos rendimientos y mejores propiedades de la especie en cuestión en diversas condiciones ambientales y climáticas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Evaluar el rendimiento y características agromorfológicas de cinco progenies procedentes de cruzas dobles de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en Puno, Perú.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar las características agronómicas de cinco progenies procedentes de cruzas dobles de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en Puno, Perú.
- Evaluar las características morfológicas de cinco progenies procedentes de cruzas dobles de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en Puno, Perú.
- Analizar el rendimiento de cinco progenies procedentes de cruzas dobles de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en Puno, Perú.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Quinoa

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta de cultivo dicotiledónea de América del Sur cuya semilla se ha convertido en un producto popular en las últimas 3 décadas, en América del Norte, Europa y la región andina. El manejo adecuado de la semilla de la quinoa para eliminar las saponinas amargas en el pericarpio, le otorga un sabor suave que permite su consumo de múltiples formas como los granos cereales, de ahí su clasificación como pseudo cereal o Pseudo grano. Sin embargo, en comparación con cepas de trigo, la semilla de quinoa tiene una proteína similar y un perfil de aminoácidos más favorable y menos proteínas glutinosas de semillas (Jellen et al., 2015).

Dado el alto contenido nutricional y adaptabilidad a diversas condiciones agroecológicas, la quinoa constituye un cultivo clave en la lucha contra el hambre a nivel mundial. Como tal, la quinoa representa un gran potencial nutritivo para la seguridad alimentaria en diferentes regiones, particularmente en países donde la población carece de acceso a fuentes de proteínas o, donde las condiciones de producción son restringidas por factores climáticos o de insumos (Chávez et al., 2017).

2.1.1.1. Citogenética

La quinoa se constituye como una especie alotetraploide con $2n = 4x = 36$ cromosomas, cuyos progenitores – diploides putativos que donaron los



genomas A del nuevo y B del viejo mundo, se presumen que provienen de *C. standleyanum* y *C. ficifolium* respectivamente, incluyendo la *C. quinoa*, especies que se cruzaron en la antigüedad para producir un híbrido que, en la posteridad se volvió fértil cuando sus cromosomas se duplicaron, esto pudo deberse al mecanismo de polisomía en el desarrollo de los órganos florales. Los cromosomas tetraploides fueron observados en formas estrechamente relacionadas con las malezas y las formas domesticadas de *C. berlandieri* y *C. hircinum*.

El otro quenópodo sudamericano cultivado, *C. pallidicaule*, es un diploide ($2n = 2x = 18$), mientras que la mayoría de los quenópodos euroasiáticos cultivados o semicultivados, exhibieron números cromosómicos hexaploides ($2n = 6x = 54$; *C. album*, *C. giganteum*, *C. formosanum*). Las especies de *Chenopodium* tienen en general, simetrías cariotipos con meta- o submetacéntricos pequeños cromosomas. Por lo tanto, es muy difícil identificar los cromosomas y estudiar la organización del genoma, por lo que la caracterización citogenética de los cariotipos de *Chenopodium* ha sido limitada (Jellen et al., 2015).

De acuerdo con la FAO, la evaluación de la variabilidad de la genética disponible de la quinua, facilitó su clasificación en 5 grupos principales, de acuerdo a sus características de adaptación y algunas morfológicas de alta heredabilidad, de fácil detección y con capacidad de mantenerse en toda el área de difusión, estos grupos se describen a continuación (Mamani, 2018).

- **Quinua de nivel del mar.** Se localiza en Chile en las zonas de Linares y Concepción a una latitud sur de 36° . Son plantas robustas



- con altura entre 1 y 1.4 m con ramificación y con granos de color crema transparente.
- **Quinoa de Valles interandinos.** Cultivos que se adaptan entre los 2,500 y 3,500 msnm caracterizadas por su gran altura de 2.5 m hasta más, con predominantes ramificaciones con inflorescencia laxa y, por lo general, presentan resistencia al mildiu.
 - **Quinoa de Altiplano.** Se desarrollan en extensas superficies como cultivos puros o únicos entre los 3,600 y 3,800 msnm, ubicándose en el altiplano de Perú y Bolivia. En esta región, se halla la mayor variabilidad de caracteres y se producen granos más especializados en su uso. Este grupo crece entre 0.5 y 1.5 m de altura, en cuyo tallo termina una panoja vertical, por lo general, compacta.
 - **Quinoa de Salares.** Corresponden a los cultivos que crecen en las zonas de los salares al sur del altiplano de Bolivia en la zona más seca con 300 mm de precipitación, debido a ello, se siembran como cultivos únicos a 1m x 1 m de distancia en hoyos, son conocidas como “quinoa Real” y presentan granos gruesos y con gran contenido de saponinas, alcanzando diámetros mayores a 2.2 mm.
 - **Quinoa de los Yungas.** Corresponde un grupo limitado de quinuas adaptado a condiciones de los Yungas en Bolivia a alturas entre 1,500 y los 2,000 msnm. Son especies verdes que cuando florecen se tornan de color anaranjado, llegan a alcanzar hasta 2.2 m de altura y presenta cierta ramificación en su desarrollo.

2.1.1.2. Taxonomía

Según describe Mujica et al. (2013), la quinua forma parte de la familia *Amaranthaceae* del género principal *Chenopodium* dentro de la familia *Chenopodiaceae*, con una extensa distribución a nivel mundial, conformando aproximadamente 250 especies, su definición fue introducida por primera vez por el científico alemán Luis Christian Willdenow, de donde se presenta la siguiente posición taxonómica (Figura 1).

Figura 1

Taxonomía de la quinua

Reino :	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Cariophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Sub familia:	Chenopodioideae
Tribu:	Chenopodieae
Género:	Chenopodium
Especie:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.

Fuente: Tomado de Mujica et al. (2013).

2.1.1.3. Botánica

La planta de la quinua es herbácea anual, dicotiledónea de gran extensión y distribución geográfica que posee características peculiares en su comportamiento y morfología en diversas zonas agroecológicas de cultivo (Apaza et al., 2013). Su botánica se describe a continuación:



- **Raíz.** Es vigorosa, con profundidad, fusiforme o axonomorfa, con buena ramificación y fibrosa, características que le otorgan a la planta resistencia a la sequía y buena estabilidad, la raíz principal se distingue muy fácil de las secundarias, las cuales constituye gran cantidad confiriendo una apariencia de gran cabellera, la cual varía según el tipo de suelo donde crece (Mujica et al., 2013).
- **Tallo.** Presenta forma cilíndrica la cual se vuelve angulosa al alejarse del suelo, su corteza es firme y compacta compuesta por tejidos fuertes y lignificados, la médula es suave en los tallos jóvenes y en la madurez es esponjosa y seca (Gómez y Aguilar, 2016).
- **Hojas.** La lámina de la hoja posee 3 venas principales que se generan en el peciolo, su tamaño crece en el follaje, y son más pequeñas en la inflorescencia, en una misma planta pueden ser polimórficas. Las hojas y las partes tiernas de la planta, por lo general, se cubren de pubescencia vesicular, granular blanca, morada o rosada, la cual contiene oxalato de calcio que tiene la capacidad de absorber agua del medio ambiente y contribuir con el aumento de la humedad relativa atmosférica (Gómez y Aguilar, 2016).
- **Inflorescencia.** Panoja típica con eje principal, secundarios y terciarios y pedicelos que sujetan a los glomérulos, puede ser laxa (amarantiforme) o compacta (glomerulada) debido a la disposición de las flores y el desarrollo del eje principal, presentando formas intermedias entre las dos; la panoja presenta longitud variable de



acuerdo a los genotipos, el tipo de quinua, el entorno donde se desarrolla y las condiciones de fertilidad del suelo (Mujica et al., 2013).

- **Flores.** La planta presenta flores hermafroditas y pistiladas en la misma inflorescencia que se agrupan en glomérulos, cuya posición en la inflorescencia y de las flores dentro de estos, definen el tamaño y cantidad de granos o frutos (Gómez y Aguilar, 2016).
- **Fruto.** Corresponde a un aquenio con forma cilíndrica – lenticular ligeramente ensanchado hacia el interior. Conformado por el perigonio que cubre a la semilla completamente y contiene una sola semilla de color variable (Apaza et al., 2013).
- **Semillas.** La semilla está compuesta por tres secciones muy bien estructuradas, estas son el embrión, el epispermo y perispermo. La primera constituye la capa que cubre la semilla y se adhiere al pericarpio. La segunda está conformada por dos cotiledones y la radícula (30% del volumen total de la semilla), envuelve el perispermo como un aro (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.1.4. Fenología

La fenología se refiere a las modificaciones visibles externas que ocurren durante el desarrollo de la planta, las cuales son influenciadas por factores ambientales. La quinua presenta 14 fases fenológicas claramente distinguibles, las cuales ofrecen oportunidades adecuadas para realizar propagaciones, labores culturales, riego, control de plagas y enfermedades, y



facilitan la identificación de períodos críticos en el cultivo (Mujica et al., 2013).

- **Emergencia o germinación.** Esta es la primera fase donde la radícula es la primera estructura en emerger alargándose hacia abajo dentro del suelo dando inicio a la formación del sistema radicular, continuando con la formación del hipocotíleo cuyo crecimiento es de forma ascendente a través del suelo donde inicia el proceso de fotosíntesis. Esta fase puede darse rápidamente en la quinua en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura (Mujica et al., 2013).
- **Dos hojas verdaderas.** Es la fase fenológica donde aparecen dos hojas extendidas con forma romboidal entre los 15 y 20 días después de la siembra, mostrando un desarrollo rápido del sistema radicular. En esta fase el ataque de los insectos cortadores que plantas (Mujica et al., 2013).
- **Cuatro hojas verdaderas.** Es la fase fenológica donde se notan dos pares de hojas verdaderas extendidas y donde permanecen las hojas cotiledonales de color verde y el botón foliar, las próximas hojas del ápice en comienzo de formación de botones en la axila de la primera pareja de hojas; en esta fase la plántula presenta una buena resistencia al frío y sequía, y también muestra susceptibilidad al ataque de insectos masticadores de hojas; puede ocurrir entre los 25 y 30 días posterior a la siembra (Mujica et al., 2013).
- **Seis hojas verdes.** Durante esta etapa fenológica, se pueden observar tres pares de hojas verdaderas completamente desarrolladas, mientras que las hojas cotiledonales muestran un tono amarillento y cierta flacidez.



Además, comienzan a aparecer las hojas axilares y se nota la protección de las hojas más maduras alrededor del ápice vegetativo. Estos cambios pueden ser resultado de condiciones como bajas temperaturas nocturnas, escasez de agua, estrés salino o exposición al viento durante el día. Esta fase tiene lugar aproximadamente entre los 35 y 45 días después de la siembra (Mujica et al., 2013).

- **Ramificación.** Durante este período, que tiene lugar entre los 45 y 50 días posteriores a la siembra, se observa la aparición de ocho hojas verdaderas extendidas. Las hojas axilares comienzan a aparecer hasta la tercera fila de hojas en el tallo, mientras que las hojas cotiledonales se desprenden, dejando cicatrices visibles en el tallo. En esta etapa, la inflorescencia se manifiesta protegida por las hojas, sin exponer la panoja. Asimismo, se puede apreciar la existencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas (Mujica et al., 2013).
- **Inicio de panojamiento.** Esta fase comienza entre los 55 y 60 días después de la siembra y, es cuando comienza a emerger la inflorescencia del ápice de la planta, donde se presentan aglomeraciones de hojas pequeñas alrededor que poseen muchos cristales de oxalato de calcio, que van tapando la panoja en sus tres cuartas partes (Mujica et al., 2013).
- **Panojamiento.** Esta etapa ocurre entre los 65 y 70 días de la siembra y es donde sobresale notablemente, por encima de las hojas superiores la inflorescencia, observándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individuales, especialmente los apicales que serán parte de las flores pistiladas (Mujica et al., 2013).



- **Inicio de floración.** Esta fase se presenta entre los 75 y 80 días de la siembra, cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos que conforman la inflorescencia, se hallan abiertos exhibiendo los estambres separados de color amarillo. Esta fase es muy vulnerable a la sequía y heladas, puede ocurrir también, amarillamiento y defoliación de las hojas inferiores con menor eficiencia fotosintética (Mujica et al., 2013).
- **Floración.** Es la fase fenológica donde se observan abiertas el 50% de las flores de la inflorescencia principal, ocurriendo entre los 90 y 100 días de la siembra; esta fase es muy vulnerable a las heladas, llegando a resistir hasta 2°C bajo cero, así mismo, es observable al mediodía ya que, en otras horas del día, las flores se hallan cerradas por ser heliófilas (Mujica et al., 2013).
- **Grano acuoso.** Es la fase donde se inicia la formación de la semilla luego de su fecundación, la cual presenta una consistencia acuosa al ser aplastada por las uñas de los dedos, es de color transparente y, a partir de esta fase comienza la formación del fruto (Mujica et al., 2013).
- **Grano lechoso.** Es la fase cuando los frutos al ser aplastados por la uñas de los dedos pulgares, explotan y segregan un líquido lechoso, se manifiesta entre los 100 y 130 días después de la siembra; en esta fase la falta de agua es perjudicial para la producción (Mujica et al., 2013).
- **Grano pastoso.** Comienza entre los 130 y 160 días de la siembra, es donde los frutos al ser presionados muestran una consistencia pastosa de color blanco, esta fase es vulnerable al ataque de plagas y déficit de humedad (Mujica et al., 2013).



- **Madurez fisiológica.** Se manifiesta entre los 160 y 180 días de la siembra, es donde la planta completa su madurez, es identificable cuando el grano presenta resistencia a la penetración al ser aplastado por las uñas de los dedos, el grano presenta una humedad variable entre 14% y 16% (Mujica et al., 2013).
- **Madurez de cosecha.** Se manifiesta entre los 180 y 190 días después de la siembra, donde la planta cosechada es emparvada y los granos contienen la humedad suficiente (12% - 13%) para la trilla y el desprendimiento (Mujica et al., 2013).

2.1.1.5. Cruzas de quinua

El cruzamiento es un método genético de mejoramiento que, en complemento con estudio de poblaciones generadas por autofecundación, han dado lugar a la determinación de mecanismos de herencia de algunos caracteres como color de la planta, pigmentación axilar del tallo, tipo de inflorescencia, cantidad de saponinas, color de grano, precocidad, altura de planta y esterilidad masculina (Fuentes, 2008).

El método de cruce y retro cruce, consiste en transferir resistencia a una enfermedad (R) desde el alelo dominante a partir de una variedad resistente a una variedad susceptible. La especie resistente donadora se cruza con la variedad recurrente susceptible, la generación F1 se retro cruza con la especie susceptible. La generación de retro cruce 1 (RC1) de esta cruce segregará para la resistencia a la enfermedad (Rr:rr) (Fuentes, 2008).



2.1.2. Características morfológicas

Las características morfológicas muestran la variabilidad detectable visualmente de la planta denominadas botánicas – taxonómicas. En la caracterización de una especie se estima la variabilidad existente en el genoma de la población de los individuos que lo comprenden, cuyo objetivo primario es la cuantificación de la variabilidad genética de una colección a través del empleo de descriptores definidos (Hernández, 2013).

En el Perú, las características morfológicas más significativas, son las registradas en la colección de quinua de la Universidad Nacional Agraria de La Molina, lo que ha permitido identificar todas las características morfológicas de las variantes. La carta de colores de tejido de la planta preparada por la Real Sociedad Hortícola del Reino Unido, se utilizó para registrar los colores. En el grano, los colores se evaluaron en el pericarpio de quinua (cubierta del fruto) y epispermo (cubierta de la semilla) (Rojas et al., 2015).

Las variables evaluadas incluyen: floración, correspondiente al número de días desde el surgimiento de las plántulas del suelo hasta el 50% de las plantas con la primera flor; maduración, correspondiente al número de días desde la emergencia de las plántulas hasta el 50% de las plantas tienen tallos secos y granos duros y pastosos; altura de planta, medido desde la superficie del suelo hasta el ápice de las inflorescencias maduras y expresado en centímetros (Rojas et al., 2015).

Por su parte, Bhanu (2017) señala que para hacer una caracterización morfológica adecuadamente considerando un conjunto de caracteres para diversos grupos de plantas de cultivo, en el caso de cereales, las más importantes a evaluar



son el color de la planta en floración, longitud de la panoja, color del grano en madurez fisiológica, diámetro del grano y forma del fruto.

2.1.3. Características agronómicas

Joshi et al. (2021) menciona que una adecuada caracterización agronómica comprende las características que otorgan importancia económica como son la calidad del grano, rendimiento, tolerancia al estrés abiótico y biótico. Adicionalmente, Manjarres et al. (2021) expresan la longitud de panoja, rendimiento de grano por planta, diámetro de panoja, diámetro de grano, peso de mil (1000) semillas, la densidad y forma de la panoja como características agronómicas más importantes. Indica también, que la caracterización agronómica es esencial para los bancos de germoplasma, para los programas de mejora genética, comparaciones y análisis de comportamiento de variedades documentados correctamente.

Respecto al rendimiento del cultivo de la quinua, este se acondiciona de acuerdo a diversos factores como la variedad, características del suelo, manejo agronómico y factores climáticos. En el Perú, el rendimiento en grano limpio varía entre los 800 y 1,400 kg/ha, sin embargo, de acuerdo al material genético es posible obtener rendimientos de hasta 3,000 kg/ha.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

Germoplasma. Individuo, grupo de individuos o clones representativos de un genotipo, variedad, especie o cultivo, que forma parte de una colección mantenida in situ o ex situ (Fuentes, 2008).



Cotiledón. Dícese de la primera hoja (no foliar) o par de hojas del embrión y plántula (Barioglio, 2006).

Autofecundación. Proceso de reproducción sexual, en el cual el polen de una flor fecunda el óvulo de su misma flor (Fuentes, 2008).

Oxalato de calcio. Constituyen películas de arenillas que se ubican superficialmente sobre las hojas; facilitan la absorción y retención de la humedad del ambiente en la planta además de protegerla por bajas temperaturas, lo cual se conoce como capacidad higroscópica de la hoja (Barioglio, 2006).

Genotipo. Es el término específico para referirse a un conjunto de genes de un organismo que lo hacen particular de un grupo de otros organismos (Fuentes, 2008).

Genoma. Es el término usado para referirse a todo el material genético contenido en las células de un organismo en particular (Fuentes, 2008).

Fenotipo. Es el producto del genotipo de un individuo el cual se manifiesta de acuerdo al medio que lo rodea. Esto se expresa en el modelo lineal: $P = G + E$, donde P es el F, G la herencia recibida y E el efecto ambiental (Barioglio, 2006).

Alelo. Se define como las diferentes formas de expresión de un gen, este puede ser dominante o recesivo (Fuentes, 2008).

Glómérulo. Órganos agrupados en el extremo de un eje, su inflorescencia es en Cima con flores brevemente pediceladas y aglomerados sobre cortos ejes (Barioglio, 2006).

Hermafrodita. Hace referencia a individuos que tienen tejidos gonadales tanto femeninos como masculinos y que generan gametos funcionales de los dos tipos, ya sea



en el mismo periodo de tiempo (H simultáneo o sincrónico) o en diferentes del ciclo de vida (H conservador). Si la madurez de los gametos masculinos es anterior a la de los femeninos, se llama protandra y si al contrario protoginia (Barioglio, 2006).

Cruzamiento. Intercambiar polen desde una flor de una planta a la flor de una planta diferente para inducir la fecundación (Fuentes, 2008).

Heterocigoto. Término utilizado en genética para referirse al estado de formas diferentes de un determinado gen (Fuentes, 2008).

Homocigoto. Término utilizado en genética para referirse al estado de formas idénticas de un determinado gen (Fuentes, 2008).

Índice de cosecha. Valor porcentual que indica la proporción de producto cosechado del total de la planta (Fuentes, 2008).

Inflorescencia. Denominación al órgano floral de la quinua, el cual está compuesto por un conglomerado flore, conformando un conjunto de flores (Fuentes, 2008).

Panoja. Nombre común dado a la inflorescencia de la quinua (Fuentes, 2008).

Progenie. Es el resultado de la reproducción entre plantas, es decir, es el individuo o los individuos producidos mediante la intervención de uno o más parentales (Fuentes, 2008).

2.3. ANTECEDENTES

Castro et al. (2023) en su investigación plantearon como objetivo realizar una caracterización morfo agronómica de la quinua nativa tipo Chimborazo en Ecuador. Para estudio, se estableció un cultivo con siembra a chorro continuo a razón de 12kg/ha en una



superficie total de parcela de 640 m², las unidades de análisis fueron 100 plantas escogidas al azar para la caracterización, seleccionando 28 descriptores fenotípicos del cultivo (16 cualitativos y 12 cuantitativos) que abarcaron las principales características de las plantas. Los resultados mostraron que las características de color del tallo y de las estrías, el diámetro de la panoja, la longitud de la panoja y los días de la cosecha, presentaron la mayor variabilidad. Se concluye que las plantas de quinua nativa tipo Chimborazo muestran variabilidad fenotípica tanto en características cuantitativas como cualitativas, con mayor frecuencia en la longitud de la panoja, el diámetro de la panoja, la longitud del peciolo, el ancho de la hoja, la altura de la planta, el rendimiento, el color del tallo y de las estrías.

Halanoca (2023) realizó un estudio con el propósito de llevar a cabo la caracterización agromorfológica de un híbrido de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) obtenido a partir de progenitores genéticamente cercanos del cruce SALXPAN 171 en la región de Puno. El estudio se fundamentó en un diseño no experimental mixto y descriptivo, en el cual se empleó el método de evaluación y caracterización propuesto por *Bioversity International* (2013). Los resultados obtenidos revelaron que la altura promedio fue de 155.5 cm, el diámetro del tallo de 17.6 mm, la longitud de la panoja de 45.1 cm, el diámetro de la panoja de 80.6 mm, el peso de 1000 granos de 3.8 g, el diámetro del grano de 2.2 mm, 88 días para la floración y 176.5 días para alcanzar la madurez fisiológica. En relación con las cualidades cualitativas, se pudo apreciar un tono púrpura en la espiga durante su fase de floración y maduración. La forma y densidad de la espiga se situaron en un nivel intermedio, mientras que su resistencia al Mildiu se clasificó como intermedia y su susceptibilidad a las aves fue baja. Finalmente, se determinó que el híbrido SAL X PAN 171 presenta un rendimiento de 48 gramos de semilla por planta y 7640 kilogramos por hectárea después de 177 días de maduración.



Marca (2022) llevó a cabo un estudio con el propósito de analizar las características agronómicas, morfológicas y rendimiento de grano de 18 líneas obtenidas a partir de cruzamientos dobles genéticamente próximos y alejados de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). Con ese fin, se utilizó la metodología propuesta por *Bioversity International* (2013), que consiste en un diseño experimental de bloques completamente al azar aplicado a 25 tratamientos, los cuales están conformados por 18 líneas, 6 genitores y 1 testigo, cada uno con 3 repeticiones. Los resultados del estudio indicaron que la combinación genética (SALXHUA) X (PASXKCA)99, con un ciclo de 142 días, presentó destacadas características agronómicas. Entre ellas, se destacaron la longitud de la panoja, con un promedio de 54.80 cm en la línea (SALXHUA) X (PASXKCA)99, y el diámetro de la panoja, con un valor de 72.17 mm en la línea (SALXCOL) X (SALXPAN)31. En cuanto a la altura de la planta, se observó un mejor desempeño en la línea (HUAXKCA) X (PASXKCA)2, con una altura promedio de 125.3 cm. En relación al rendimiento de grano, las líneas que destacaron fueron (SALXHUA)X(PASXKCA)99 con una producción de 6,583.67 kg/ha, y (HUAXKCA)X(SALXHUA)108 con 5,344.33 kg/ha. Por último, la línea con el índice de cosecha más alto fue (HUAXKCA) X (SALX HUA)123 con un 47%, seguida de la cruce (HUAXKCA)X(PASXKCA)58 con un 46%. Se concluye que el ideotipo óptimo se caracteriza por la combinación de la línea (SALXHUA) X (PAS X KCA)99, que se destaca por su alto rendimiento de grano de 6583.67 kg/ha, un índice de cosecha del 39.67% y una precocidad de 142 días. Estas características lo convierten en el valor agronómico más relevante de una variedad demandada por los agricultores.

Urdanegui et al. (2021) realizaron una investigación que tuvo el objetivo de evaluar el rendimiento, las características agronómicas y morfológicas de 11 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) durante dos campañas agrícolas. El estudio se



realizó a los 11 genotipos y 2 testigos provenientes de los bancos de germoplasma de las regiones Junín, Puno y Ayacucho que administra el INIA. Los resultados mostraron que la interacción de la campaña genera un efecto significativo ($p < 0.01$) en el genotipo en la mayoría de las características agronómicas. En cuanto al rendimiento de grano, este fue mayor en el genotipo CQH44H en ambas campañas; por su parte, los genotipos M.13 y M.16 registraron periodos más cortos para días de madurez fisiológica y menor contenido de saponina.

Barrientos (2020) desarrolló un estudio en las localidades del Centro de Investigación y Producción Camacani e Illpa de la UNA- Puno durante la campaña agrícola 2018 – 2019. El objetivo fue comparar el rendimiento y evaluar las características agromorfológicas de 18 progenies de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) procedentes de cruza simples. La metodología presentó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA) compuesto por 25 tratamientos (18 progeies, 6 genitores y 1 testigo), con 4 repeticiones abarcando un total 100 unidades de análisis en cada localidad de las cuales se recolectó información de 24 variables cualitativas y 22 cuantitativas. Los resultados más destacados indican que el mejor rendimiento fue dado por la progenie Salcedo INIA x Panderla Rosada 171 (SAL x PAN 171) con 10,694.5 kg/ha; el mejor comportamiento fnologico lo mostraron las progenies Negra Collana x Kcancolla 29 (COLxKCA 29), Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) y Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) con un periodo vegetativo menor a los 172 días. Se concluye que las progenies Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171), Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37), Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30), Salcedo INIA Negra Collana 46 (SALxCOL 46) y Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) son las más promisorias en cuanto a las características agromorfológicas deseadas por los productores.



Mamani (2018) llevó a cabo un estudio con el propósito de analizar el desempeño agronómico de 10 variedades de quinua. Se aplicó la metodología experimental de diseño de bloques completamente al azar (DBCA) a un total de 4 bloques que contenían 10 tratamientos. La siembra se llevó a cabo en el período comprendido entre mayo y septiembre de 2016. Los resultados del estudio indicaron que el cultivar Amarilla Marangani N°6b demostró el mejor desempeño, con un rendimiento de 3,837.9 kg/ha, un peso de 1000 granos de 2.75 g y un porcentaje de granos comerciales del 75.37%. Por otro lado, el cultivar Cica 18 N° 39 destacó por su rendimiento en campo de 3,679.2 kg/ha, un peso de 1,000 granos de 3.48 g y un porcentaje de granos comerciales del 78.76%.

Apaza (2018) en su investigación, la cruza SALxHUA obtuvo el mayor rendimiento, alcanzando los 4266.60 kg/ha, seguida por las combinaciones Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA) y Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA), con rendimientos de 4128.90 kg/ha y 4060.20 kg/ha, respectivamente. Estas cruzas simples, que son genéticamente más distantes, presentaron mayores rendimientos en comparación con las cruzas simples genéticamente cercanas. Por ejemplo, Negra Collana x Kcancolla (COLxKCA) registró un rendimiento de 2545.80 kg/ha, seguida por Salcedo INIA x Negra Collana (SALxCOL) y Salcedo INIA x Pandela Rosada (SALxPAN), con rendimientos de 3319.20 kg/ha y 3529.20 kg/ha, respectivamente.

Chura et al. (2019) en su estudio, trabajaron con seis cruzas simples genéticamente distantes, Huariponcho × Kcancolla, Salcedo INIA × Huariponcho y Pasankalla × Kcancolla, y tres cruzas genéticamente cercanas, Salcedo INIA × Pink Pandela, Negra Collana × Kcancolla y Salcedo INIA × Negra Collana. Obtuvieron que la mayor altura de planta, resultó en la cruza Pasankalla × Kcancolla, alcanzando los 93.39 cm, seguida por Salcedo INIA × Pandela Rosada, con 88.88 cm. En cuanto al diámetro del tallo,



Pasankalla × Kancolla registró el mayor valor con 14,49 mm, mientras que Salcedo INIA × Pandela Rosada le siguió con 13,49 mm. En relación con la longitud de la panícula, Pasankalla × Kancolla nuevamente mostró los mejores resultados, con 28,45 cm, seguido por Salcedo INIA × Pandela Rosada, con 27,49 cm. El diámetro de panícula más amplio lo presentó Pasankalla × Kancolla, con 8,73 cm, mientras que Salcedo INIA × Pandela Rosada obtuvo 7,73 cm. El mayor peso de 1,000 granos lo presentó la cruza Salcedo INIA × Negra Collana, con 3,80 g y un diámetro de grano de 2,20 mm. Finalmente, el mejor rendimiento lo presentó la cruza Huariponcho × Kancolla con 5,099.28 kg/ha, seguido por Salcedo INIA × Huariponcho, con 5,064.71 kg/ha.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de investigación

De acuerdo al enfoque, la investigación es cuantitativa, ya que este tipo de estudios se fundamenta en la medición numérica y el análisis estadístico para comprobar hipótesis y, a partir de ello, establecer conclusiones sobre lo planteado (Hernández y Mendoza, 2018). De esta manera, se recolectaron datos de las características morfológicas y agronómicas, posteriormente se agruparon para ser procesadas estadísticamente en medidas de tendencia central y en análisis inferencial.

De acuerdo a la finalidad, la investigación es tipo aplicada, dado que el estudio se centra en el análisis y se aplica a una realidad problemática o a contextos específicos con el objetivo de hallar soluciones o resultados inmediatos (Carrasco, 2017).

De acuerdo al alcance, el estudio es explicativo, dado que se establecieron las causas de los fenómenos estudiados, yendo más allá de la descripción y la correlación entre variables, es decir una comprensión más profunda (Hernández et al., 2014). Específicamente, el cruzamiento de progenies de quinua para ver el comportamiento agronómico y morfológico en la zona del altiplano de Puno, Perú.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es el experimental, siendo aquel estudio donde se manipula o modifica de manera deliberada la variable independiente para observar su efecto o cambios en la variable dependiente, con el objetivo de analizar sus consecuencias. Así mismo, el diseño es de índole longitudinal, ya que la recolección de datos se realizó en períodos de tiempos respectivos al desarrollo del cultivo de la planta (Hernández y Mendoza, 2018).

En cuanto al diseño experimental, este se condujo por un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 4 bloques y 5 tratamientos (5 progenies de cruza dobles), logrando un total de 20 unidades de análisis (ver Figura 3). El modelo estadístico general se expresa de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

i : 1, 2... hasta t tratamientos.

j : 1, 2... hasta r bloques.

Y_{ij} : variable de respuesta observada

μ : parámetro del efecto medio.

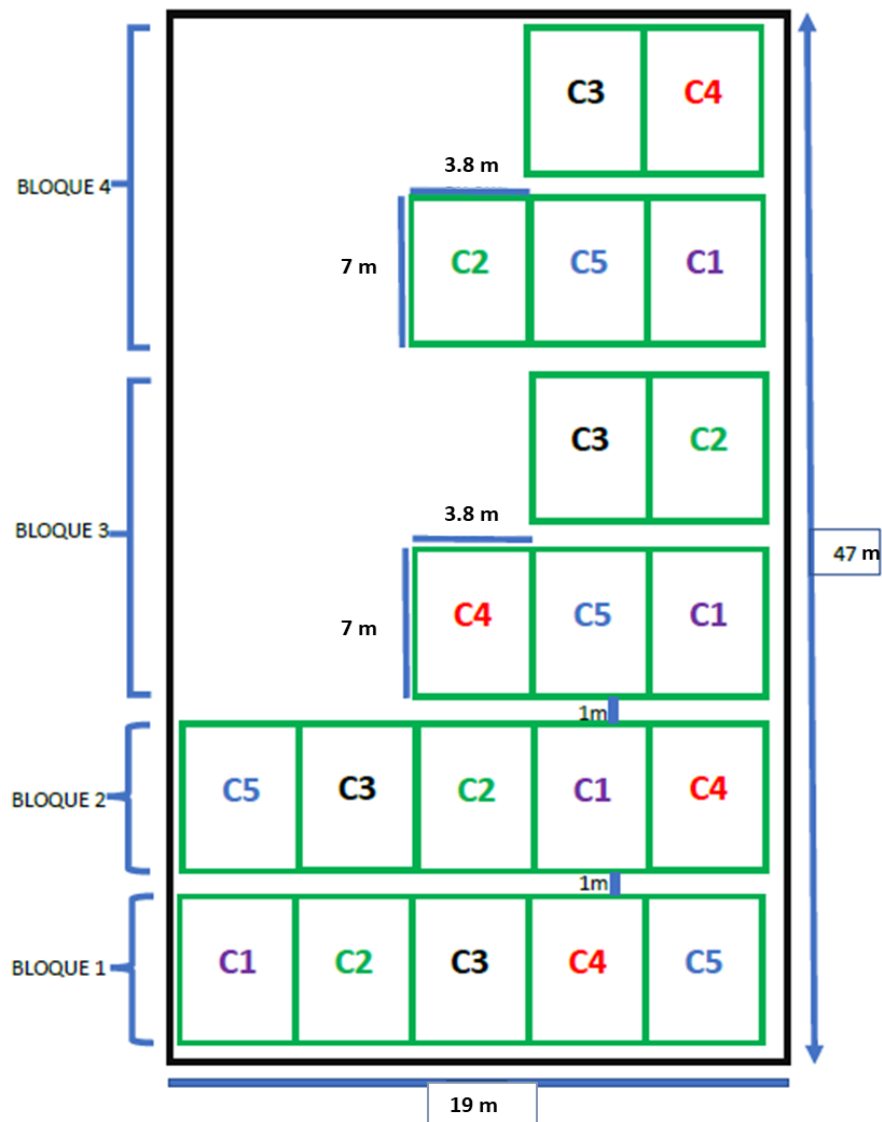
τ_i : parámetro de efecto del tratamiento i .

β_j : parámetro, efecto del bloque j .

ε_{ij} : valor aleatorio, error experimental de la unidad de análisis i, j .

Figura 2

Croquis del diseño DBCA



Fuente: Elaboración propia.

3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO

3.2.1. Ubicación del proyecto

La investigación se desarrolló en el Centro Experimental (C.E.) Camacani, propiedad de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, durante la campaña

agrícola 2022-2023; ubicado en coordenadas UTM WGS84, 19S 408019
8236184.

Figura 3

Ubicación del centro experimental



Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Características del campo experimental

En la tabla 1, se muestran las características del campo experimental.

Tabla 1

Características del campo experimental

Descripción	Superficie ocupada
Número de bloques	4
Longitud de parcela (m)	7
Ancho de parcela (m)	3.8
Área neta de parcela (m ²)	26.6
Área neta del bloque (m ²)	133.0
Área neta de calles (m ²)	57.0
Área neta del experimento (m ²)	532.0
Área total del experimento (m ²)	590

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Características edáficas

Para obtener las características edáficas del campo experimental, se tomaron 3 muestras de suelos representativas que fueron analizadas en el laboratorio de agua y suelo de la facultad de ciencias agrarias (FCA) de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno (UNA), cuyos valores promedios se muestran en la tabla 2, cuyo reporte se presenta en el anexo 1.

Tabla 2

Características fisicoquímicas del campo experimental

Componente	U.M	Valor
Arena	%	65
Limo	%	24
Arcilla	%	11
M.O	%	2.82
P	ppm	12.28
K	ppm	182.67
pH	-	6.23
C.E	mS/cm	0.22
Clase textural	-	Franco arenoso
Ca+2	mgeq/100g	NC
Mg+2	mgeq/100g	NC
K+	mgeq/100g	NC
Na+	mgeq/100g	NC
Al3+	mgeq/100g	NC

Nota: Las unidades de medidas corresponden a partes por millón (ppm), micro siemens por centímetro (mS/cm), miligramo equivalente por cada 100 g de suelo (mgeq/100 g). La expresión NC significa que no corresponde. Datos tomados de los análisis de suelos realizados en el laboratorio de la FCA – UNA.

3.2.4. Características meteorológicas

La información meteorológica respecto a temperaturas máxima, mínima, humedad relativa y precipitación del período de campaña 2022 – 2023, se obtuvo de la Estación Rincón de La Cruz – Acora, Punto a través de los datos del Servicio

Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), cuyos promedios se resumen en la tabla 3.

Tabla 3

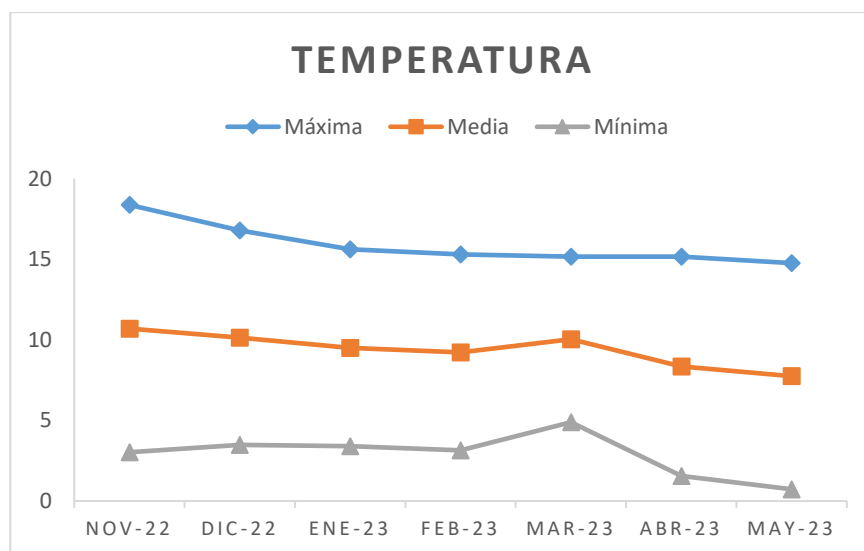
Parámetros meteorológicos promedios mensual de la campaña 2022 - 2023

Año	Mes	Temperatura °C			Humedad relativa (%)	Precipitación (mm)
		Máxima	Media	Mínima		
2022	11	18.37	10.70	3.02	65.4	0.033
2022	12	16.78	10.14	3.49	67.31	2.32
2023	1	15.62	9.51	3.4	81.84	2.71
2023	2	15.29	9.22	3.14	81.5	2.6
2023	3	15.17	10.03	4.89	86.51	5.28
2023	4	15.16	8.36	1.55	76.49	0.45
2023	5	14.76	7.75	0.73	75.18	0.46

Nota. Data promedio a partir de datos solicitados al SENAMHI, de la Estación Rincón de la Cruz (ver anexo 2).

Figura 4

Temperatura durante la campaña 2022-2023

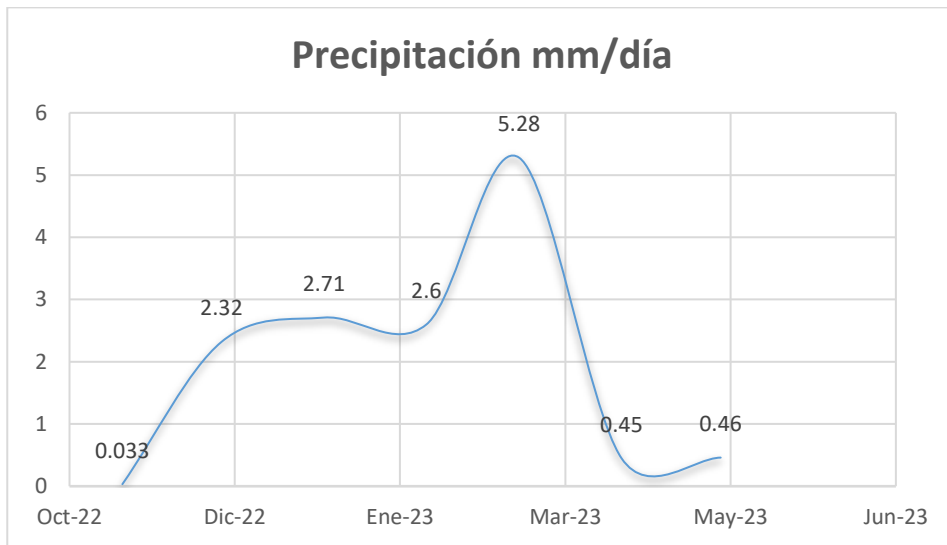


Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la Figura 4, la temperatura máxima promedio se obtuvo en noviembre de 2022 mientras que, la temperatura mínima promedio se presentó en mayo de 2023 presentando heladas.

Figura 5

Precipitación durante la campaña 2022-2023

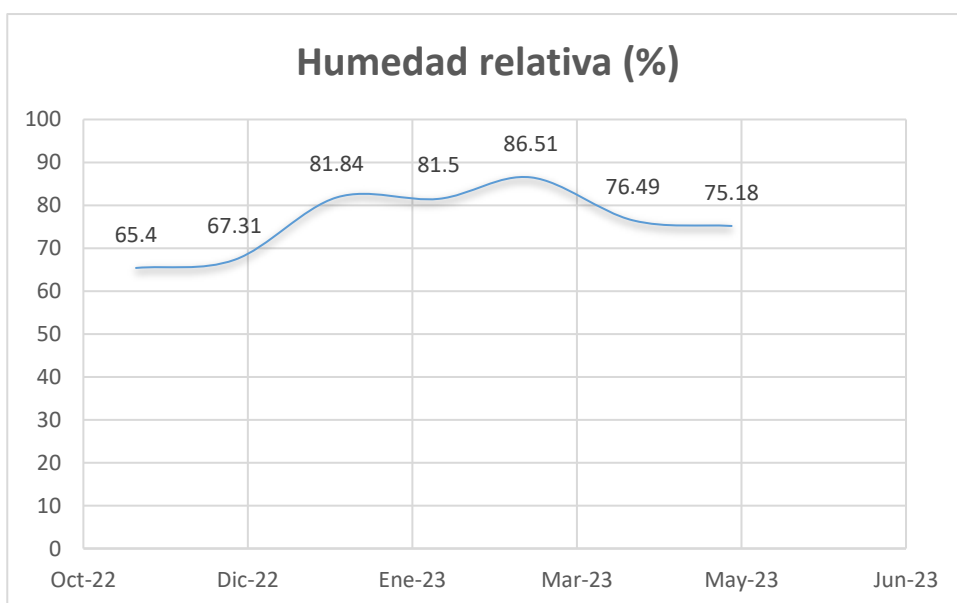


Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la precipitación mostrada en la Figura 5, el valor más alto fue de 5.28 mm en marzo de 2023 y para la humedad relativa esta fluctuó entre 65.4% hasta 86.51% siendo más elevada en el período de 2023 (Figura 6).

Figura 6

Humedad relativa durante la campaña 2022-2023

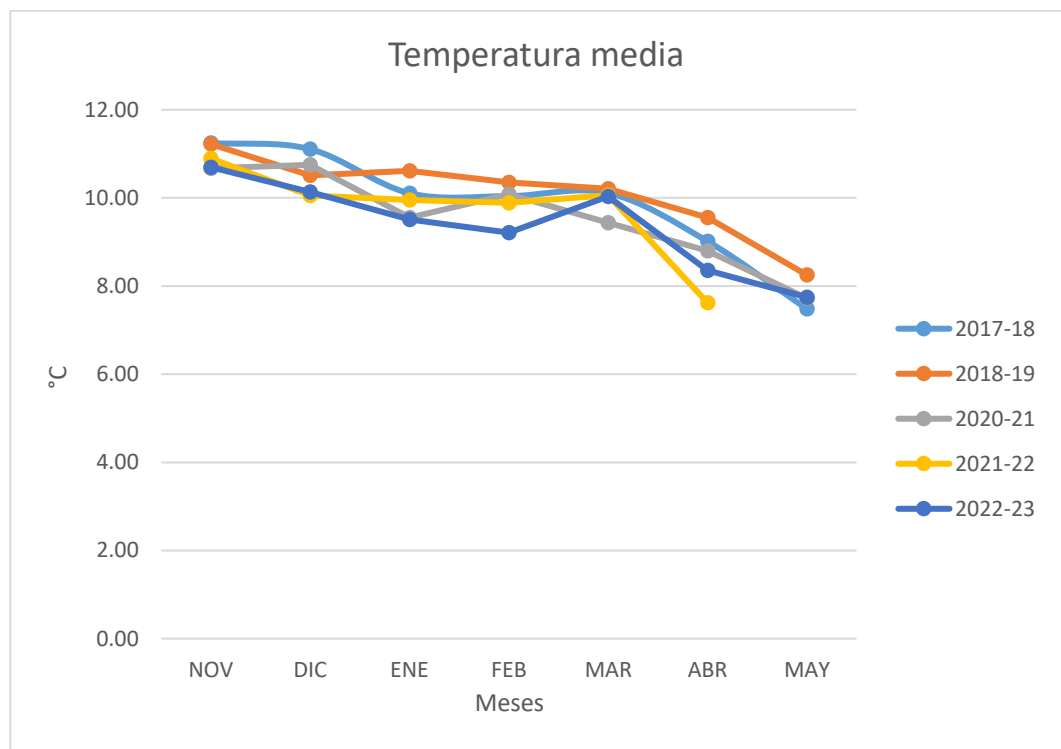


Fuente: Elaboración propia.

En las figuras 7, 8 y 9 se muestra una comparación de los parámetros meteorológicos de los últimos 5 años del mismo periodo de la campaña del estudio, incluida esta. Donde se puede apreciar que la temperatura media, es menor, es decir, hay mas heladas en los períodos 2022-23 (período del presente estudio) y 2021-2022, lo cual indica que en la temperatura ha ido disminuyendo con el tiempo.

Figura 7

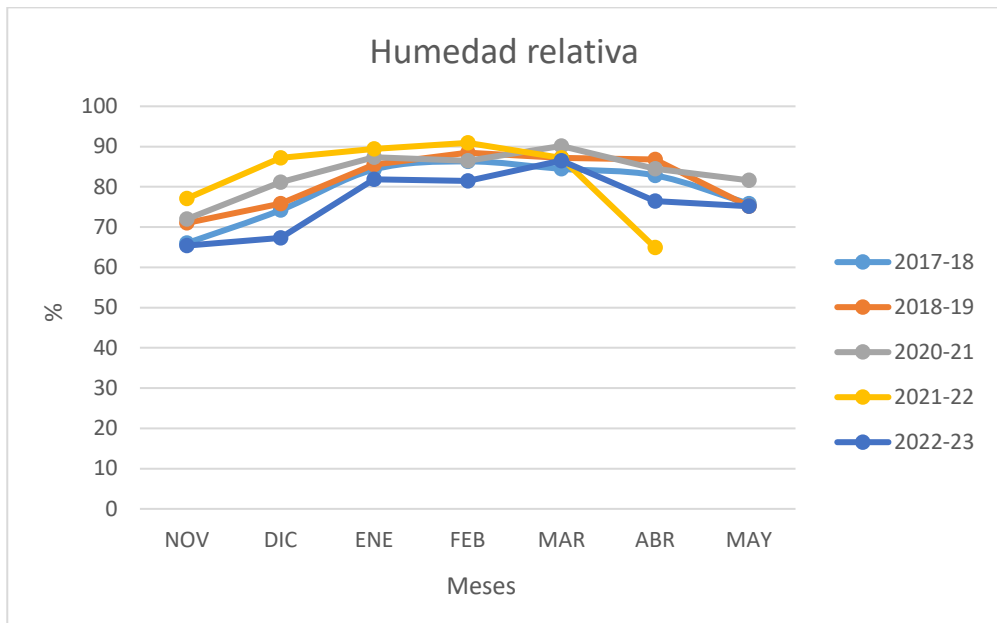
Temperatura durante la campaña 2017-2023



Nota. Elaboración propia con datos de la estación Rincón de la Cruz de SENAMHI (anexo 3).

Figura 8

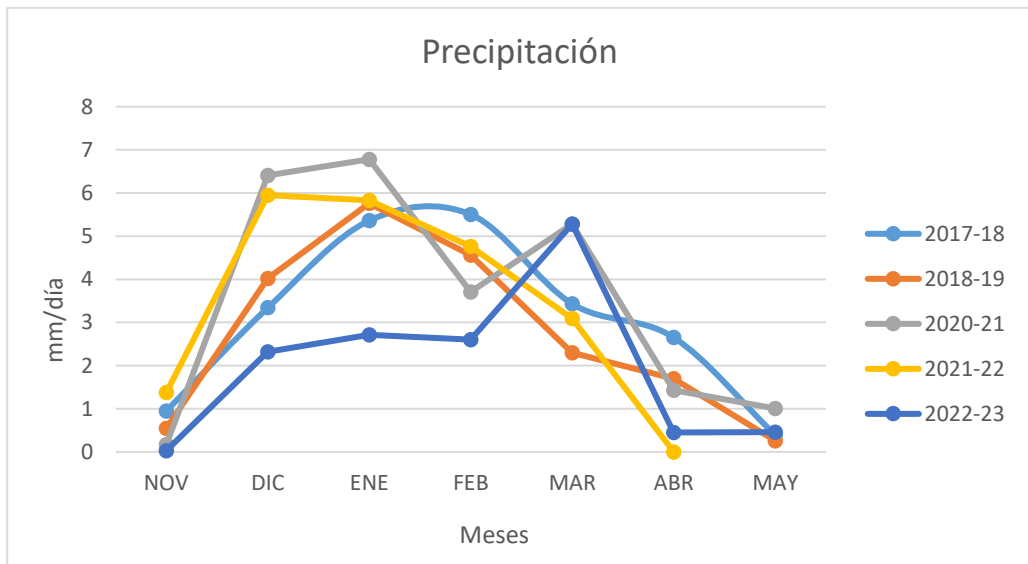
Humedad relativa durante la campaña 2017-2023



Nota. Elaboración propia con datos de la estación Rincón de la Cruz de SENAMHI (anexo 3).

Figura 9

Precipitación durante la campaña 2017-2023



Nota. Elaboración propia con datos de la estación Rincón de la Cruz de SENAMHI (anexo 3).



3.2.5. Material genético

En la Tabla 4, se describen las cinco (5) progenies de cruzas dobles, provenientes de semillas de quinua obtenidas por mejoramiento genético de los genitores Salcedo Inia (SAL), Huariponcho (HUA), Pasankalla (PAS), Kcancolla (KCA), Pandela Rosa (PAN) y Negra Collana (COL).

Tabla 4

Material genético procedente de cruzas dobles de quinua

Cruza	Línea
(SAL X HUA) X (PAS X KCA)	99
(SAL X COL) X (SAL X PAN)	75
(HUA X KCA) X (SAL X HUA)	108
(HUA X KCA) X (PAS X KCA)	99
(COL X KCA) X (SAL X COL)	125

Fuente: Elaboración propia.

3.2.6. Material de campo

3.2.6.1. Insumos

- Semillas de cruzas dobles de quinua.
- Urea.
- Fosfato di amónico.

3.2.6.2. Materiales y herramientas de campo

- Pico
- Lampa
- Hoz
- Vernier
- Cinta métrica
- Tijeras



- Cuaderno de campo
- Papel platinado rojo
- Cámara fotográfica / celular

3.2.6.3. Materiales y herramientas de gabinete

- Laptop
- Calculadora
- Engrapador
- Artículos de papelería y oficina

3.2.6.4. Equipo de campo

- Maquinaria agrícola de roturación, nivelación y surcado
- Balanza electrónica

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población consiste en un conjunto finito o infinito de elementos o individuos con características similares (Palomino et al., 2015), en el estudio comprendió un total de 20 unidades experimentales, por su parte, la muestra comprende una porción representativa de la población, en el estudio correspondió a 10 plantas por unidad experimental o de análisis, tomadas al azar para la medición de las características cuantitativas; en tanto, para las características cualitativas se consideró lo establecido por la *Bioversity International*, la FAO entre otros, donde se realizan observaciones al 50% de las plantas de la población de las 4 líneas, 5 progenitores y 1 testigo.

3.4. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

3.4.1. Variables

Variable independiente: progenies de quinua

Variables dependientes: caracterización agromorfológica y rendimiento

3.4.2. Operacionalización

Se describe en la tabla 5.

Tabla 5

Matriz de operacionalización de las variables

Variable	Definición	Dimensión	Indicador
Independiente: Progenies de Quinua (<i>Chenopodium/</i> <i>Quinoa Willd.</i>)	Resultado de la reproducción entre plantas, es decir, es el individuo o los individuos producidos mediante la intervención de uno o más parentales (Fuentes, 2008).	Cruzas dobles de quinua	T1: ((SAL X HUA) X (PAS X KCA)) T2: ((SAL X COL) X (SALXPAN)) T3: ((HUA X KCA) X (SAL X HUA)) T4: ((HUA X KCA) X (PAS X KCA)) T5: ((COL X KCA) X (SAL X COL))
Variable dependiente: Rendimiento Caracterización agromorfológica	La caracterización agronómica comprende las características que otorgan importancia económica como son la calidad del grano, rendimiento, tolerancia al estrés abiótico y biótico (Joshi et al., 2021). Las características morfológicas muestran la variabilidad detectable visualmente de la planta denominadas botánicas – taxonómicas (Hernández, 2013).	Características morfológicas	- Color de panoja en floración (escala) - Color de panoja en madurez fisiológica - Forma de la panoja - Densidad de la panoja
		Características agronómicas	- N° de días al 50% de floración (d) - N° de días al 50% de madurez fisiológica(d) - Altura de la planta (cm) - Diámetro del tallo (mm) - Longitud de la panoja (cm) - Comportamiento al mildiu - Daño ornitológico - Diámetro de la panoja (mm)
		Rendimiento	- Peso de 1000 granos - Diámetro de grano (mm) - Peso de grano por planta (g) - Peso de biomasa por planta (g) - Rendimiento de grano por hectárea (kg/ha) - Índice de cosecha

3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Como técnica de recolección de datos se empleó la observación directa, a través de la cual se recolectaron los datos que fueron registrados en fichas de observación sirviendo estas de instrumentos de registro.



3.6. PROCEDIMIENTOS

Para llevar a cabo los experimentos, se realizaron las siguientes etapas:

- **Medición del área de trabajo.** En esta etapa se tomaron las medidas del terreno donde se realizaron los experimentos, usando una cinta métrica como herramienta.
- **Preparación del terreno.** Comprendió la roturación, rastrado y surcado del terreno.
- **Siembra.** Se realizó de manualmente a chorro continuo, con una profundidad de 2 cm y donde se emplearon 32 gramos de semillas por cada sobre debidamente identificado por cruza y orden de instalación, de acuerdo al diseño experimental.
- **Fertilización.** Se utilizaron dosificaciones de fertilizantes de fosfato di amónico y de urea, usando la formulación 80N-40P-K recomendados para la zona andina. En el primer deshierbo se aplicó el fosfato di amónico y el 50% de la urea, y el resto 50% se aplicó al momento del aporque.
- **Control de malezas.** Esta labor se efectuó manualmente y tuvo por objetivo, evitar la competencia intraespecífica e interespecífica de las plantas de quinua con la maleza respecto al espacio, nutrientes, agua y luz y asegurar un desarrollo adecuado del cultivo.
- **Desahíje.** Esta actividad se realizó manualmente durante la fase de ramificación, en la que se tuvo una altura de planta de 30 cm, con el fin de controlar la cantidad de plantas por área, eliminando las plantas débiles y pequeñas, esto prevé la competencia de nutrientes y ayuda en el control de plagas y enfermedades.
- **Rouging.** Esta tarea comprendió la remoción de plantas atípicas que no presentaron atributos similares a las líneas estudiadas, plantas de otras progenies movidas por medios como lluvia, viento, etc.



- **Aporque.** Esta actividad se efectuó de forma manual a los 75 días posterior a la siembra, consiste en dar mejor fijación a las plantas impidiendo el tumbado, facilitando la aireación de suelo y la eliminación de malezas.
- **Cosecha y trillado.** Estas etapas se desarrollaron de manera escalonada a medida que las progenies y genitores lograron madurez fisiológica. Se cosecharon 10 plantas de los 6 surcos y de cada unidad experimental, que luego fueron trilladas por panoja. Por último, se separaron los granos de la broza, se pesaron, identificaron y almacenaron en sobres.

3.7. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos recolectados fueron agrupados en una base de datos de Ms. Excel, de donde se completaron tablas y gráficas, los datos de las variables fueron ordenados y trasladados al programa estadístico SPSS versión 26, donde se realizó el análisis inferencial empleando el análisis de varianza y un post hoc al 5% de significancia, para determinar las diferencias estadísticamente significativas entre los grupos y variables de respuesta, cuyo criterio de análisis es el parámetro estadístico de la significancia (p-valor), donde un valor menor al 0.05 (Sig. <0.05), indica que existen diferencias estadísticamente significativas en la variable de comparación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

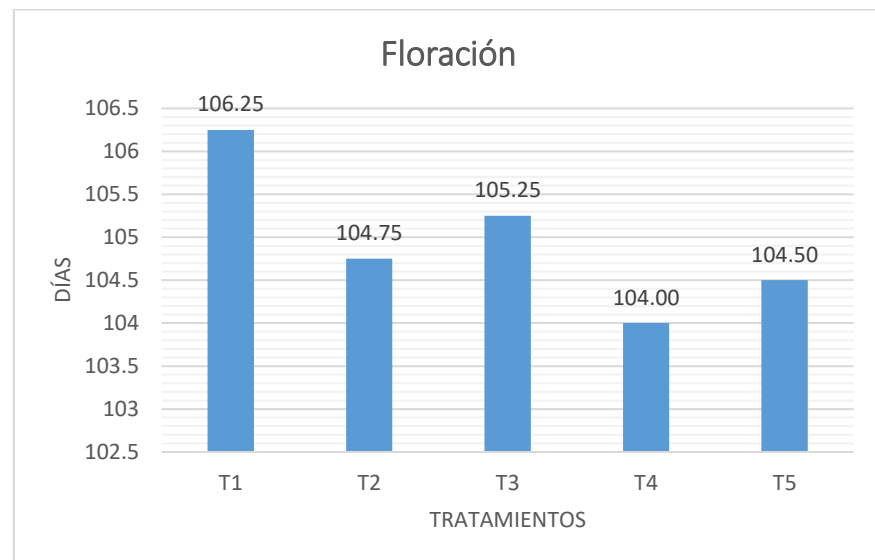
4.1.1. Características agronómicas

4.1.1.1. Floración

En la Figura 6, se muestran los resultados promedios de la floración de progenies de cruzas dobles de quinua, medidos en días para cada bloque, , observándose que los tratamientos T1 y T3 presentaron más días de floración con 106.25 días y 105.25 días respectivamente, seguido por el T2 con 104.75 días y, por último, floreció con menos días el T4.

Figura 10

Floración de las progenies de cruzas dobles de quinua por tratamiento



El análisis de varianza ANOVA de los días de floración de las progenies de cruzas de quinua, por tratamiento y bloque, se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Análisis de varianza de la floración de las progenies de cruzas dobles

Variable dependiente: Floración (días)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	11.700	4	2.925	1.800	0.194
Bloque	3.750	3	1.250	0.769	0.533
Error	19.500	12	1.625		
Total	220325.000	20			
$\bar{X}=104.95$		%CV=0.73%			

Nota. La \bar{X} corresponde a la media poblacional. El %CV es el coeficiente de variabilidad.

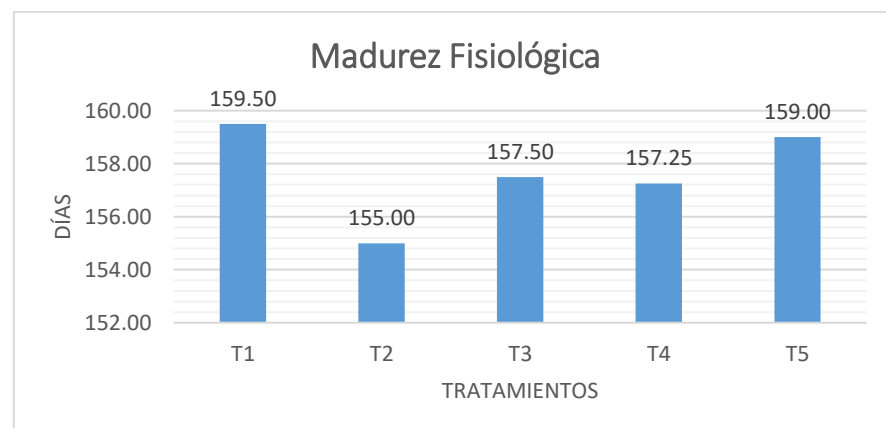
De la Tabla 7, se puede observar que entre Tratamiento y entre Bloques no existen diferencias estadísticamente significativas para la variable floración dado los valores de significancia (p – valor) son mayores a 0.05. Esto quiere decir que, los días de floración fueron muy similares para los 5 tratamientos (cruzas dobles).

4.1.1.2. Madurez fisiológica

Los resultados promedio de los días de madurez fisiológicas de las progenies de cruzas dobles de quinua de los 5 tratamientos, se ilustran en la Figura 11.

Figura 11

Madurez fisiológica de las progenies de quinua por tratamiento



Se puede apreciar en la Figura 11, los tratamientos T1 y T5 manifestaron madurez fisiológica en más días, siendo 159.50 días y 159 días respectivamente. Los tratamientos que presentaron madurez fisiológica en menos días fueron los T3, T4 y T2, siendo este último el que reportó menos días con 155.

Por su parte, el análisis de varianza de la madurez fisiológica, reportado en la Tabla 7, muestra valores de significancia (p – valor) > 0.05 , lo cual indica que, tanto para los tratamientos como para los bloques, no hubo diferencias estadísticamente significativas respecto a los días de madurez fisiológica entre los tratamientos (cruzas dobles).

Tabla 7

Análisis de varianza de la madurez fisiológica de progenies de cruzas dobles de quinua

Variable dependiente: Madurez Fisiológica (días)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	49.800	4	12.450	3.100	0.057
Bloque	2.550	3	0.850	0.212	0.886
Error	48.200	12	4.017		
Total	497171.000	20			
$\bar{X} = 157.65$		%CV= 1.00%			

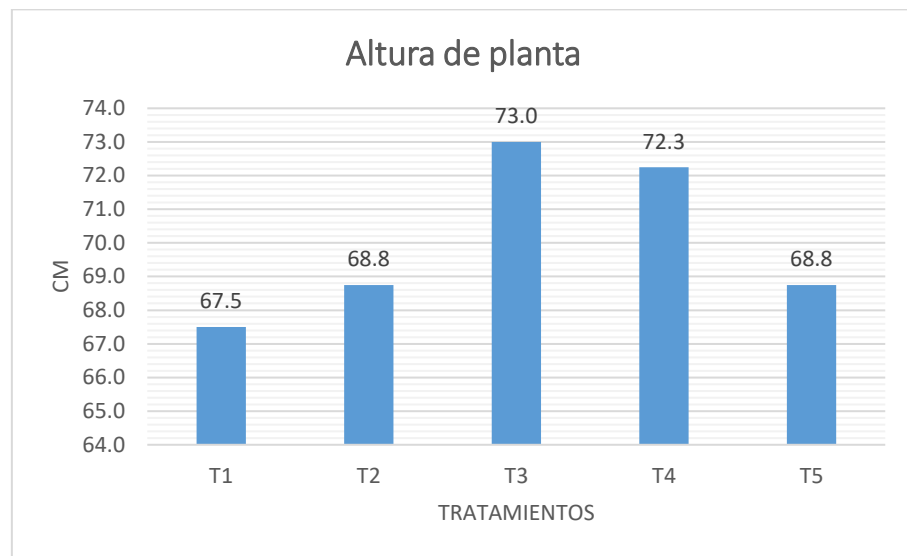
Nota. La \bar{X} corresponde a la media poblacional. El %CV es el coeficiente de variabilidad.

4.1.1.3. Altura de la planta

Los resultados de altura de planta, en promedio general, para los diferentes tratamientos, es mostrado en la Figura 12.

Figura 12

Altura de planta de las progenies de quinua por tratamiento



Se puede observar en la Figura 12, que los tratamientos T3 y T4 presentaron mayor altura de planta con 73 cm y 72.3 cm respectivamente, y los tratamientos T1, T2 y T5, presentaron menor altura de planta con medidas entre 67.5 cm y 68.8 cm.

En cuanto al análisis de varianza, en la Tabla 8 se reportan los resultados, donde se puede apreciar que para el factor tratamiento se obtuvo un p – valor > 0.05 , igualmente el factor bloque, lo cual indica que no existen diferencias estadísticamente significativas en la altura de la planta entre tratamientos y entre bloques, es decir, las medidas son similares entre sí.

Tabla 8

Análisis de varianza de altura de la planta para las progenies de cruzas

Variable dependiente: Altura de planta (cm)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	93.700	4	23.425	1.046	0.424
Bloque	2.550	3	0.850	0.038	0.990
Error	268.700	12	22.392		
Total	98505.000	20			
$\bar{X} = 70.05$		%CV = 3.09%			

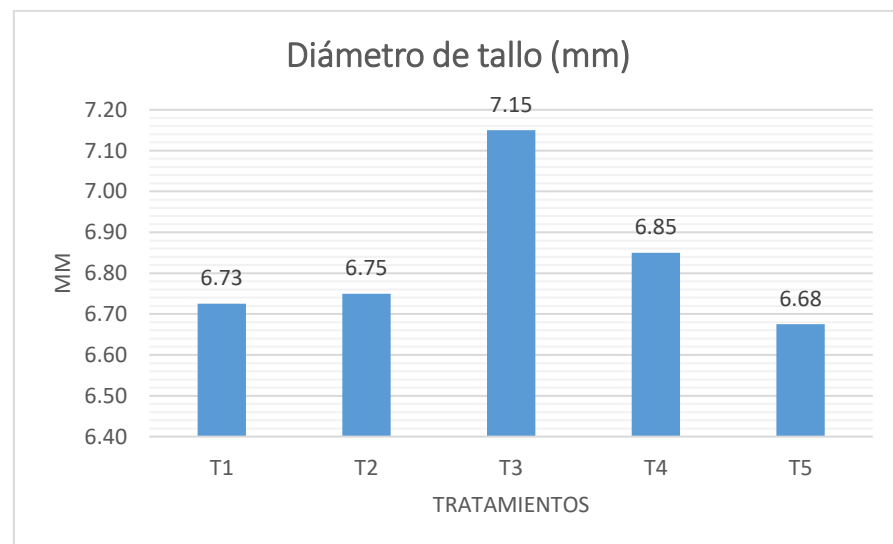
Nota. La \bar{X} corresponde a la media poblacional. El %CV es el coeficiente de variabilidad

4.1.1.4. Diámetro del tallo

Los resultados por bloques de la variable diámetro del tallo, se reportan en la Figura 13.

Figura 13

Diámetro del tallo de las progenies de quinua por tratamiento



En la Figura 13, se puede observar que el tratamiento que presentó mayor diámetro de tallo distinguiéndose de los otros, fue el T3 con 7.15 mm, el resto de los tratamientos tuvo diámetro de tallo entre 6.68 mm y

6.85 mm. En cuanto al análisis de varianza, en la Tabla 9 se muestran los resultados.

Tabla 9

Análisis de varianza del diámetro de tallo para las progenies de cruzas

Variable dependiente: Diámetro de tallo					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	0.577	4	0.144	0.779	0.560
Bloque	0.262	3	0.087	0.471	0.708
Error	2.223	12	0.185		
Total	936.040	20			
$\bar{X} = 6.83$	%CV = 2.49				

Nota. La \bar{X} corresponde a la media poblacional. El %CV es el coeficiente de variabilidad

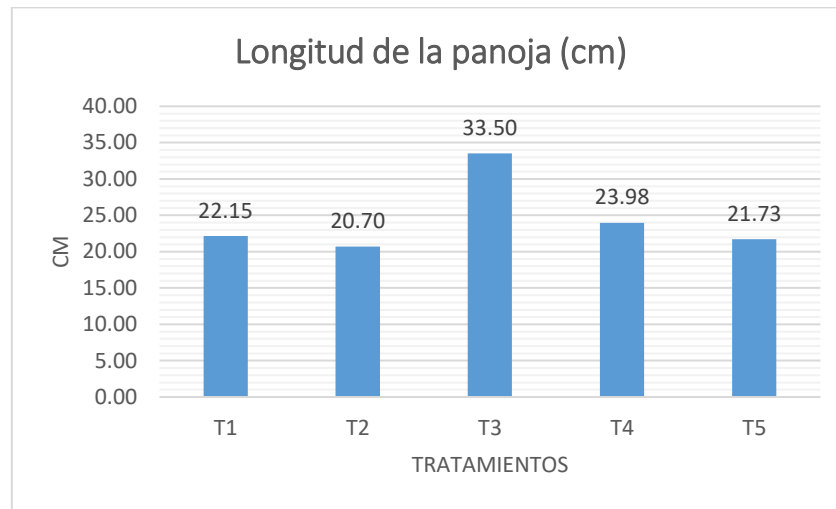
En la Tabla 9, se puede apreciar que el factor tratamiento y el factor bloque obtuvieron un p-valor > 0.05 . Esto indica que entre tratamiento no hay diferencias estadísticamente significativas en el diámetro de tallo y que, el factor bloque tampoco influye en el parámetro.

4.1.1.5. Longitud de panoja

El promedio del parámetro longitud de la panoja por tratamiento de cruza dobles, se distingue en la Figura 14, donde se puede apreciar que el tratamiento T3 muestra un mayor valor con 33.50 cm, diferenciándose notablemente de los otros tratamientos cuya longitud de panoja se ubicó entre 20.70 cm y 23.98.

Figura 14

Longitud de panoja de las progenies de quinua por tratamiento



Para estos valores, el análisis de varianza mostrado en la Tabla 10, arrojó un p – valor < 0.05 para el factor Tratamiento, indicando que existen diferencias estadísticamente significativas en la variable longitud de la panoja entre los tratamientos. Sin embargo, para el factor bloque se muestra un p –valor > 0.05 lo cual sugiere que este factor no tiene influencia alguna en los valores de la variable.

Tabla 10

Análisis de varianza de la longitud de panoja para las progenies de cruza

Variable dependiente: Longitud de panoja					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	435.593	4	108.898	18.183	0.000
Bloque	16.378	3	5.459	0.912	0.464
Error	71.867	12	5.989		
Total	12440.800	20			
$\bar{X} = 24.41$		%CV = 19.12			

Nota. La \bar{X} corresponde a la media poblacional. El %CV es el coeficiente de variabilidad

Para verificar entre cuales tratamientos hubo mayor diferencia estadísticamente significativa, en la Tabla 11, se muestran las comparaciones múltiples de la prueba post – hoc de Tukey.

Tabla 11

Test de Tukey de comparaciones múltiples para la longitud de panoja

Longitud de panoja			
HSD Tukey			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T2	4	20.7000	
T5	4	21.7250	
T1	4	22.1500	
T4	4	23.9750	
T3	4		33.5000
Sig.		0.371	1.000

Nota. Se basa en las medias observadas.

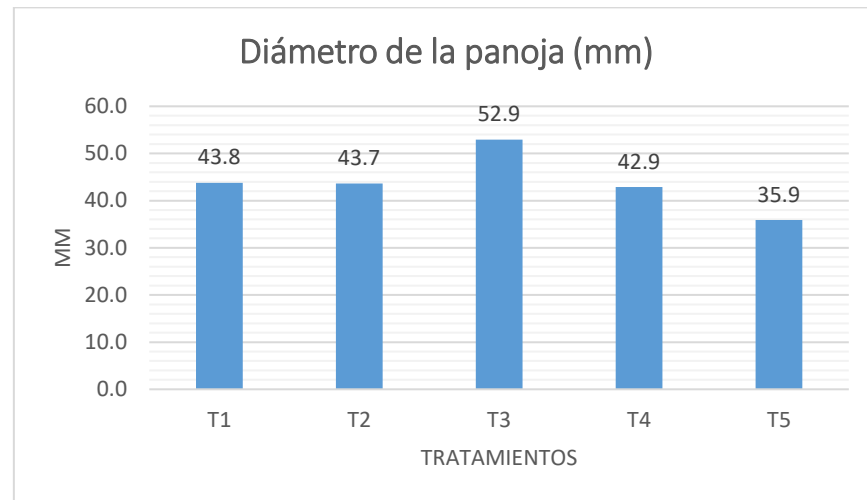
De la Tabla 11, se puede interpretar, de acuerdo a las comparaciones múltiples entre los tratamientos, que sólo el T3 mostró diferencia estadísticamente significativa respecto a los otros tratamientos.

4.1.1.6. Diámetro de panoja

De los resultados por obtenidos por bloques, se grafican los promedios del parámetro densidad de la panoja por tratamiento, mostrándose la información en la Figura 15, donde se puede apreciar que, el diámetro de la panoja resultó similar en todos los tratamientos, diferenciándose el tratamiento T3 con un valor de 52.9 milímetro.

Figura 15

Diámetro de panoja de las progenies de quinua por tratamiento



Los resultados de la Figura 12, se pueden comparar mediante el análisis de varianza ANOVA mostrado en la Tabla 12.

Tabla 12

Análisis de varianza del diámetro de panoja para las progenies de cruzas

Variable dependiente: Diámetro de panoja					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	585.967	4	146.492	7.278	0.003
Bloque	53.116	3	17.705	0.880	0.479
Error	241.549	12	20.129		
Total	39284.480	20			
$\bar{X} = 43.82$		%CV = 12.35			

Nota. La \bar{X} corresponde a la media poblacional. El %CV es el coeficiente de variabilidad

De los resultados de la Tabla 12, se puede apreciar que entre los tratamientos si existen diferencias estadísticamente significativas en el parámetro diámetro de la panoja, observándose un p – valor < 0.05 (sig.). Para el factor bloque, este no mostró influencia en la variable, por lo que obtuvo un p – valor > 0.05.

Así mismo, los detalles de las diferencias se pueden apreciar en el análisis de comparaciones múltiples del test de Tukey mostrado en la Tabla 13.

Tabla 13

Test de Tukey de comparaciones múltiples para el diámetro de panoja

Diámetro de panoja			
HSD Tukey			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T5	4	35.8750	
T4	4	42.8750	42.8750
T2	4	43.6500	43.6500
T1	4	43.8000	43.8000
T3	4		52.9000
Sig.		0.155	0.052

Nota. Se basa en las medias observadas.

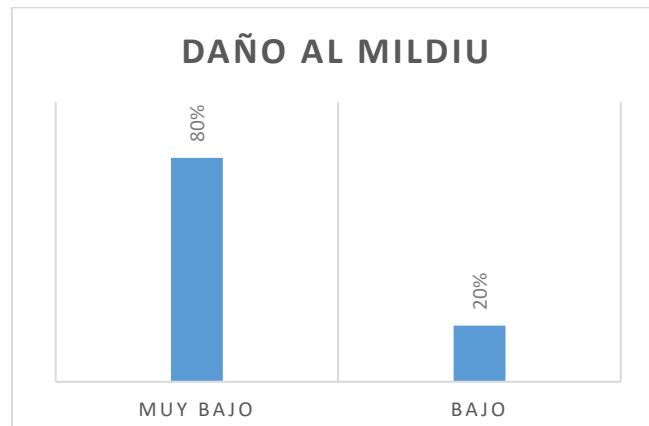
De los resultados mostrados en la Tabla 13, se infiere que solo el tratamiento T3 presentó diferencias estadísticamente significativas en el diámetro de la panoja con respecto al tratamiento T5. Para los demás tratamientos, no se encontraron diferencias significativas entre sus comparaciones.

4.1.1.7. Comportamiento al mildiu y daño ornitológico

El 80% de los tratamientos, a decir, de las progenies de cruza dobles de quinua, presentó un daño muy bajo y el resto 20% un daño bajo, se observa en la Figura 16.

Figura 16

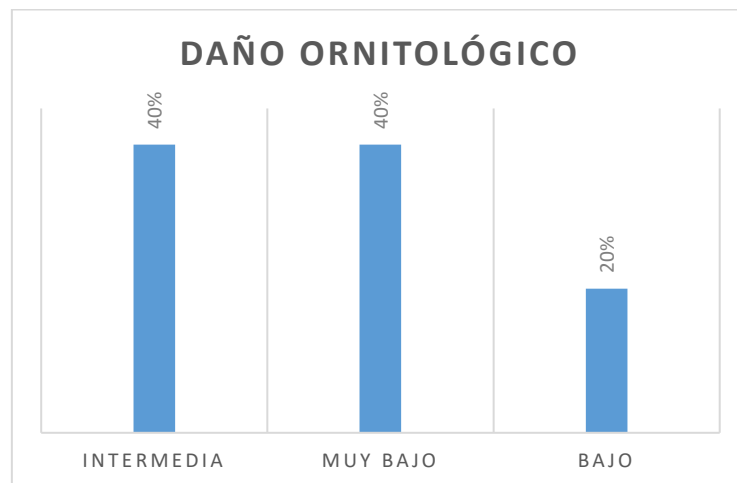
Daño mildiu de las progenies de cruzas doble de quinua



Por otro lado, se muestra en la Figura 17, que el daño ornitológico estuvo distribuido en 40% nivel intermedio, 40% muy bajo y 20% bajo.

Figura 17

Daño ornitológico de las progenies de cruzas dobles de quinua



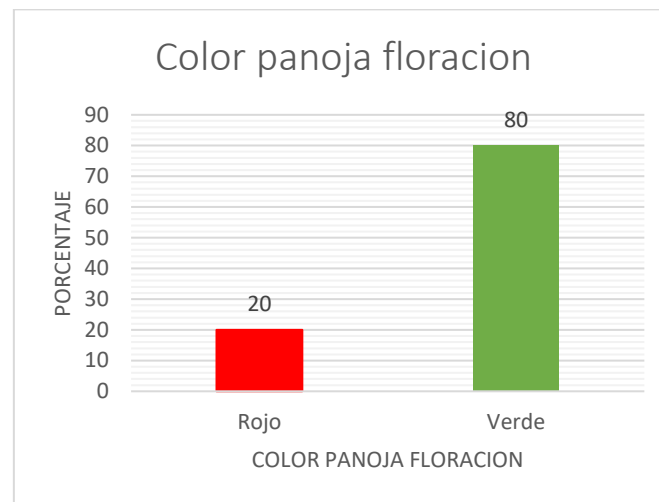
4.1.2. Características morfológicas

4.1.2.1. Color de panoja en floración

Los resultados de color de la panoja en etapa de floración para los tratamientos distribuidos en los cuatro bloques, se resume en términos de frecuencia en la Figura 18.

Figura 18

Color de la panoja en floración



Se puede apreciar la frecuencia del color de la panoja en la Figura 15, donde el 80% de los tratamientos en general, presentaron un color verde y el otro 20% de mostró un color rojo en la panoja en la etapa de floración.

Algunas variedades de quinua tienen una predisposición genética para desarrollar colores brillantes en sus panojas, como el rojo o púrpura, especialmente durante la etapa de floración. Esto se debe a la acumulación de pigmentos conocidos como antocianinas. Estos pigmentos, que son antioxidantes naturales, se producen en respuesta a factores genéticos o ambientales y pueden tener un rol protector frente a radiación ultravioleta o estrés oxidativo. Este color rojo, es característico de la variedad genética de Huariponcho con Kcancolla cruzada con Salcedo Inia y Huariponcho, observándose la prevalencia de Huariponcho.

Algunas variedades de quinua permanecen verdes durante más tiempo, incluso en la etapa de floración, antes de desarrollar colores más brillantes (como el rojo o púrpura) a medida que la planta madura y se

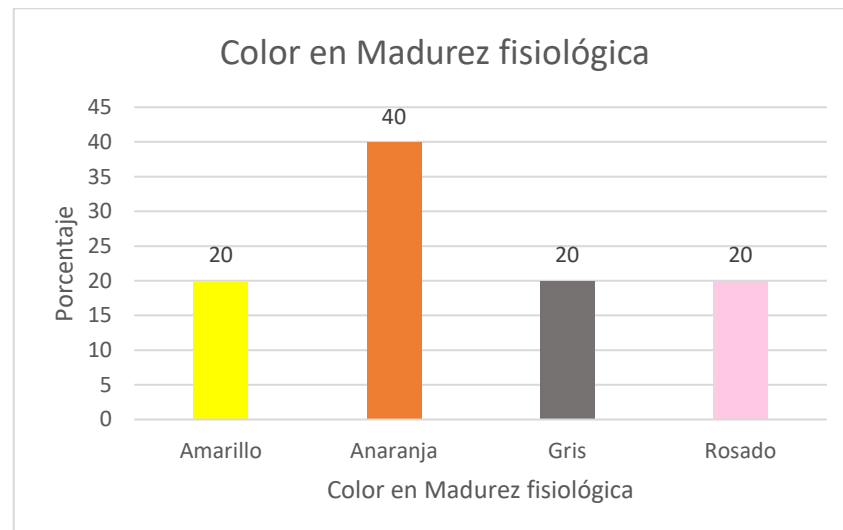
acerca a la fase de maduración del grano. Así mismo, un color verde en la panoja generalmente sugiere que la planta está saludable y tiene acceso adecuado a los nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio. Esto es indicativo de que la planta está en un estado adecuado para continuar su ciclo de crecimiento sin problemas importantes; este es el caso del resto de los genitores.

4.1.2.2. Color de panoja en madurez fisiológica

Los resultados de color de la panoja en etapa de madurez fisiológica para los tratamientos distribuidos en los cuatro bloques, se resume en términos de frecuencia, en la Figura 19.

Figura 19

Color de la panoja en madurez fisiológica



Se puede observar en la Figura 19, que, en la etapa de madurez fisiológica, las progenies de cruza dobles de quinua, presentaron cuatro tipos de colores, en general, del total de tratamientos (20), el 40% presentó color anaranjado, 20% manifestó color amarillo, en la misma proporción se dieron los colores gris y rosado.



La variedad de colores en la panoja de la quinua en etapa de madurez fisiológica, se debe a una combinación de factores genéticos, ambientales y evolutivos. Las diferentes variedades genéticas de quinua, especialmente aquellas que son resultado de cruzas entre diferentes tipos, pueden expresar una amplia gama de colores en sus panojas al llegar a la madurez fisiológica, incluyendo colores como el rojo, púrpura, amarillo, verde y blanco. Estos colores son una manifestación de los genes que controlan la síntesis de pigmentos, como las antocianinas y otros compuestos flavonoides. Las cruzas genéticas introducen nuevas combinaciones de estos genes, dando lugar a colores variados en la panoja.

Las antocianinas son los pigmentos que dan lugar a colores rojos, púrpuras y azules en las plantas, mientras que, las betalaínas son pigmentos adicionales que pueden contribuir a tonalidades rojizas y amarillentas en algunas variedades. Ambos pigmentos estuvieron presentes en las progenies de cruzas dobles, siendo más predominante las betalaínas en los tratamientos.

4.1.2.3. Forma de la panoja

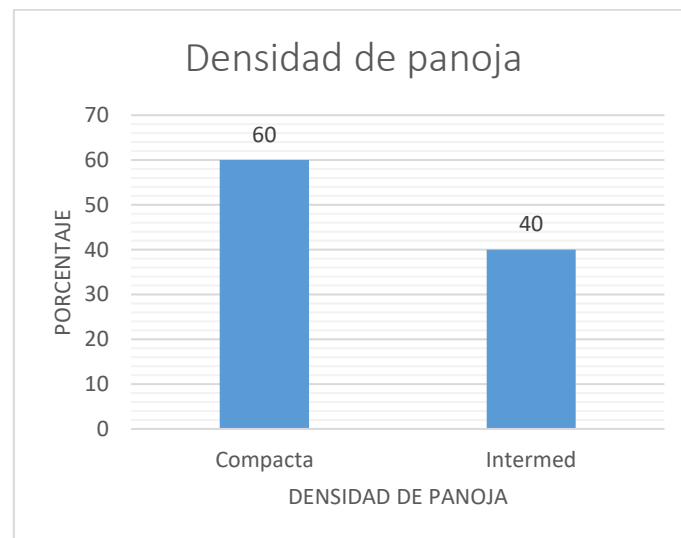
Para los tratamientos en todos los bloques, la panoja presentó forma intermedia. La forma de la panoja está controlada por factores genéticos específicos que determinan la disposición y densidad de las flores en el eje central de la planta. En la quinua, hay tres formas principales de panojas: compactas, laxas e intermedias, esta última, es una forma intermedia entre los dos extremos anteriores, con una densidad moderada de flores y granos, y es resultado de la combinación genética.

4.1.2.4. Densidad de la panoja

La densidad de la panoja en los tratamientos, obtenida por cada bloque, se muestra en términos de frecuencia, en la Figura 20, donde el 60% de los tratamientos de cruza mostró una densidad compacta y el 40%, una densidad intermedia. De manera similar a la forma de la panoja, se presenta la densidad en dos tipos, compacta e intermedia, esta última, producto de la combinación genética.

Figura 20

Densidad de la panoja



4.1.3. Rendimiento

4.1.3.1. Peso de 1000 granos

En la Figura 21, se muestra el promedio obtenido por cada tratamiento respecto al peso de 1000 granos.

Figura 21

Peso de 1000 granos



Se puede observar en la Figura 21, que el peso de 1000 granos para los tratamientos, fue similar destacándose el T4 con 3.38 gramos seguido del T3 con 3.13 gramos. Estas diferencias se analizan mediante los resultados de ANOVA mostrados en la Tabla 14.

Tabla 14

Análisis de varianza del peso de 1000 granos

Variable dependiente: Peso de 1000 granos					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	2.418	4	0.605	42.671	0.000
Bloque	0.040	3	0.013	0.941	0.451
Error	0.170	12	0.014		
Total	175.500	20			
$\bar{X} = 2.94$		%CV= 11.83			

Nota. \bar{X} corresponde a la media poblacional. %CV corresponde al coeficiente de variabilidad.

Los resultados de la Tabla 14, muestran que el factor tratamiento obtuvo un p – valor < 0.05 , lo cual indica que existen diferencias estadísticamente significativas en el peso de 1000 granos por cada tratamiento.

Estas diferencias a detalle, se pueden apreciar mediante los resultados de comparaciones múltiples del test de Tukey en la tabla 15.

Tabla 15

Test de comparaciones múltiples de Tukey para el peso de 1000 granos

Peso de 1000 granos				
HSD Tukey				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
T1	4	2.3250		
T5	4		2.9000	
T2	4		2.9750	
T3	4		3.1250	3.1250
T4	4			3.3750
Sig.		1.000	0.118	0.072

Nota. Se basa en las medias observadas.

Se puede deducir de los resultados de la Tabla 15, que entre los tratamientos T1 con T2, T3, T4 y T5, existen diferencias estadísticamente significativas, también se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos T2 y T4, T4 y T5.

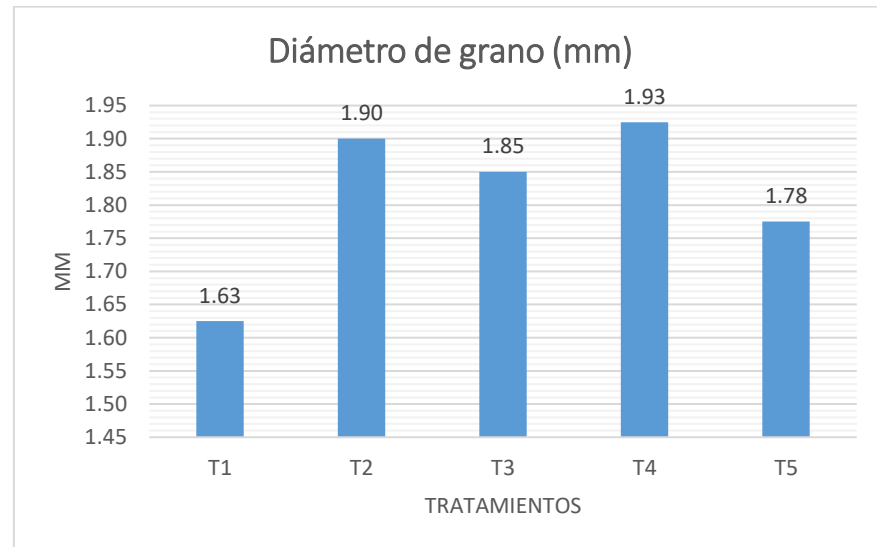
4.1.3.2. Diámetro de grano

Se reportan los resultados obtenidos por bloques para el diámetro de grano, en la Figura 22, en la que se aprecia el promedio de diámetro de grano por tratamiento, donde el T4 y T2 tienen mayores valores con 1.93 mm y 1.90 mm respectivamente, seguido por el T3 con 1.85 mm. Los

tratamientos T1 y T5 presentaron menores valores con 1.63 mm y 1.78 mm respectivamente.

Figura 22

Diámetro de grano



Las diferencias entre medias de las mediciones de diámetro de grano para todos los tratamientos distribuidos en los bloques, es posible observarse mediante el análisis de varianza de la Tabla 16.

Tabla 16

Análisis de varianza de diámetro de grano de las progenies

Variable dependiente: Diámetro de grano					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	0.233	4	0.058	11.095	0.001
Bloque	0.009	3	0.003	0.603	0.625
Error	0.063	12	0.005		
Total	66.190	20			

$\bar{X} = 1.815$ %CV=5.95

Nota. \bar{X} corresponde a la media poblacional. %CV corresponde al coeficiente de variabilidad.

Se observa en la tabla 16, que el factor tratamiento muestra un efecto significativo en el diámetro de grano al arrojar un p – valor < 0.05,

indicando que en esta variable existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Por el contrario, el factor bloque no influye en la variable al obtenerse un p-valor > 0.05 .

El detalle de las diferencias significativas por tratamiento, se muestran en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey en la tabla 17.

Tabla 17

Test de comparaciones múltiples de Tukey para el diámetro de grano

Diámetro de grano			
HSD Tukey			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T1	4	1.6250	
T5	4	1.7750	1.7750
T3	4		1.8500
T2	4		1.9000
T4	4		1.9250
Sig.		0.077	0.077

Nota. Se basa en las medias observadas.

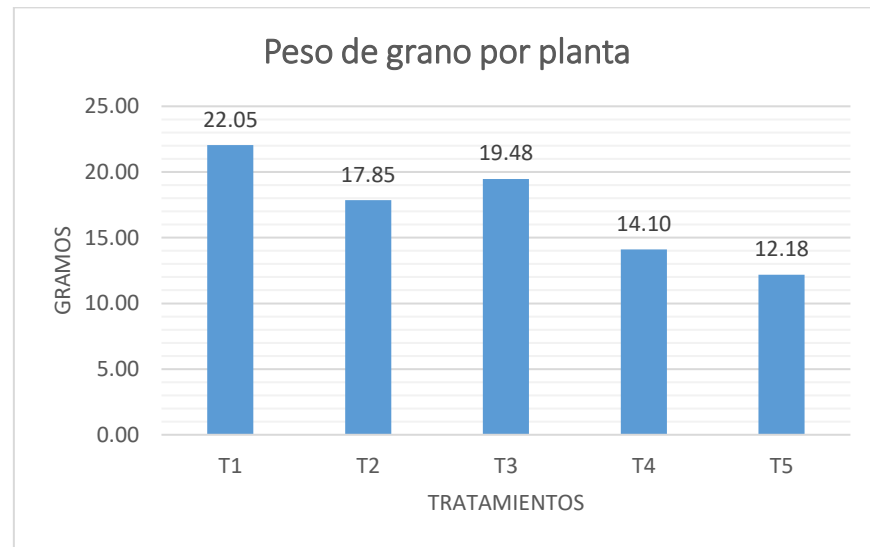
En la Tabla 30, se observa que entre los tratamientos T1 y T2, T1 y T4 existen diferencias estadísticamente significativas en el diámetro de grano.

4.1.3.3. Peso de grano por planta

En la Figura 23, se reportan los resultados obtenidos del peso de grano por planta, para los tratamientos de las progenies de cruza dobles de quinua.

Figura 23

Peso de grano por planta



De la Figura 23, se observa que el tratamiento T1 presenta mayor peso de grano por planta con 22.05 gramos, seguido del tratamiento T3 con 19.48 gramos y siendo el tratamiento T5 el que presentó menor valor con 12.18 gramos. Las diferencias entre medias de las mediciones de peso de grano por planta para todos los tratamientos distribuidos en los bloques, es posible observarse mediante el análisis de varianza de la Tabla 18.

Tabla 18

Análisis de varianza de peso de grano por planta de las progenies

Variable dependiente: Peso de grano/planta					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	255.827	4	63.957	13.516	0.000
Bloque	7.690	3	2.563	0.542	0.663
Error	56.785	12	4.732		
Total	6189.040	20			
$\bar{X} = 17.13$	%CV = 20.88				

Nota. \bar{X} corresponde a la media poblacional. %CV corresponde al coeficiente de variabilidad.

Se observa en la tabla 18, que el factor tratamiento muestra un efecto en el diámetro de grano al arrojar un p – valor < 0.05 , indicando que en esta variable existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Por el contrario, el factor bloque no influye en la variable al obtenerse un p -valor > 0.05 .

El detalle de las diferencias significativas por tratamiento, se muestran en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey en la tabla 19.

Tabla 19

Test de Tukey para el peso de grano por planta

Peso de grano/planta				
HSD Tukey				
Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
T5	4	12.1750		
T4	4	14.1000	14.1000	
T2	4		17.8500	17.8500
T3	4			19.4750
T1	4			22.0500
Sig.		0.723	0.171	0.107

Nota. Se basa en las medias observadas.

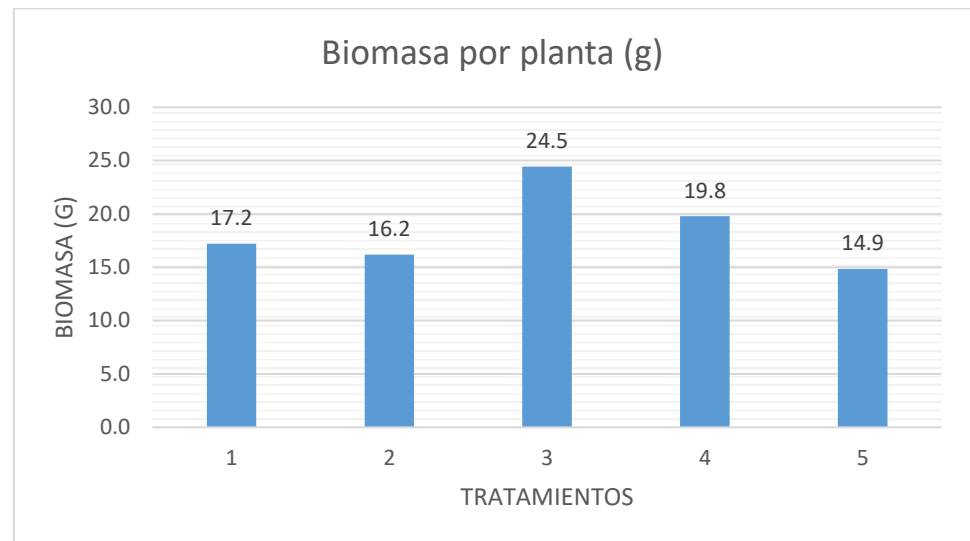
Como se puede comprobar en la Tabla 19, se observa que entre los tratamientos T1 y T4, T1 y T5, T2 y T5, T3 y T4, T3 y T5, existen diferencias estadísticamente significativas en el peso de grano por planta.

4.1.3.4. Peso de biomasa por planta

En la Figura 24, se reportan los resultados obtenidos de peso de biomasa por planta por tratamiento de las progenies de cruza dobles de quinua.

Figura 24

Peso de biomasa de las líneas de quinua



De la Figura 24, se puede apreciar que el tratamiento T3 destaca con mayor peso de biomasa por planta con 24.5 gramos, seguido del tratamiento T4 con un peso de biomasa 19.80 gramos, siendo el tratamiento T5 el que mostró menor peso de biomasa con 14.9 gramos.

En la Tabla 20, se muestra la diferencia estadística entre las medias de los tratamientos por bloque, mediante el análisis de varianza.

Tabla 20

Análisis de varianza de peso de biomasa de las progenies

Variable dependiente: Biomasa / planta					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	229.580	4	57.395	8.563	0.002
Bloque	25.884	3	8.628	1.287	0.323
Error	80.436	12	6.703		
Total	7180.900	20			
$\bar{X} = 60.90$		%CV = 19.19			

Nota. \bar{X} corresponde a la media poblacional. %CV corresponde al coeficiente de variabilidad.

De los resultados de la Tabla 20, se infiere que existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de peso de biomasa entre los tratamientos, con un p – valor (sig.) < 0.05 para el factor tratamiento. También, se puede interpretar que, el factor bloque no ejerce influencia en la variable de respuesta al arrojar un p – valor > 0.05 .

Las diferencias identificadas entre tratamientos, se pueden observar mediante el análisis de comparaciones múltiples del test de Tukey, mostrado en la Tabla 21.

Tabla 21

Test de Tukey para el peso de biomasa por planta

Biomasa / planta			
HSD Tukey			
Tratamiento	N	Subconjunto	
		1	2
T5	4	49.5000	
T1	4	53.5000	
T2	4	54.0000	
T4	4	66.0000	66.0000
T3	4		81.5000
Sig.		0.077	0.103

Nota. Se basa en las medias observadas.

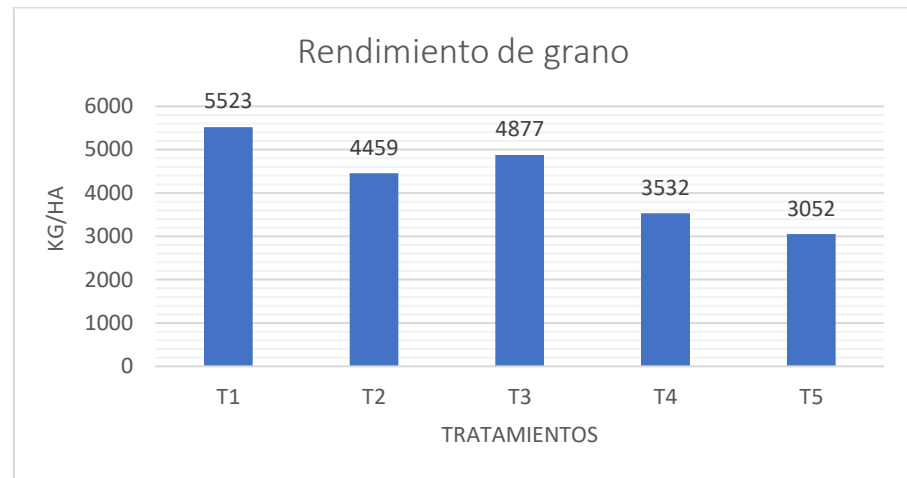
De los resultados de la Tabla 21, se puede interpretar que el Tratamiento T3 presentó diferencias estadísticamente significativas en el peso de la biomasa con los tratamientos T1, T2 y T5.

4.1.3.5. Rendimiento de grano por hectárea

En la Figura 25, se aprecia el promedio de rendimiento de grano por hectárea, por tratamiento.

Figura 25

Rendimiento de grano por hectárea por tratamiento



Como se puede apreciar en la Figura 25, los tratamientos T1 y T3 mostraron mayor rendimiento por hectárea, con valores de 5523 kg/ha y 4877 kg/ha respectivamente. Así mismo, los tratamientos con menor rendimiento fueron los T4 y T5 con 3532 kg/ha y 3052 kg/ha respectivamente.

Las diferencias de medias entre los tratamientos para esta variable de rendimiento, se puede observar en los resultados de análisis de varianza de la Tabla 22.

Tabla 22

Análisis de varianza de rendimiento de grano por hectárea de las progenies

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	16001736.200	4	4000434.050	13.483	0.000
Bloque	465239.350	3	155079.783	0.523	0.675
Error	3560553.400	12	296712.783		
Total	387843597.000	20			
$\bar{X} = 4288.5$		%CV = 20.86			

Nota. \bar{X} corresponde a la media poblacional. %CV corresponde al coeficiente de variabilidad.

De la Tabla 22, se aprecia un p – valor < 0.05 para el factor tratamiento, lo cual indica que existen diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de grano por hectárea entre los tratamientos. Por su parte, el factor bloque no muestra efecto sobre esta variable al resultar con un p -valor > 0.05 . Las diferencias identificadas entre tratamientos, se pueden observar mediante el análisis de comparaciones múltiples del test de Tukey, mostrado en la Tabla 23.

Tabla 23

Test de Tukey para el rendimiento de grano por hectárea

Rendimiento de grano				
HSD Tukey	N	Subconjunto		
Tratamiento		1	2	3
T5	4	3,052.0000		
T4	4	3,531.5000	3,531.5000	
T2	4		4,459.0000	4,459.0000
T3	4			4,877.2500
T1	4			5,522.5000
Sig.		0.727	0.179	0.102

Nota. Se basa en las medias observadas.

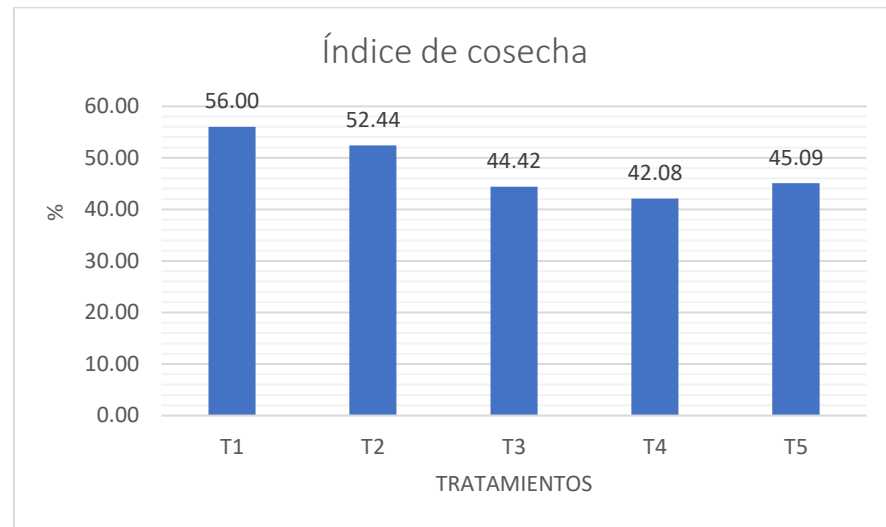
De los resultados de la Tabla 23, se puede interpretar que existen diferencias significativas en el rendimiento de grano por hectárea entre los tratamientos T1 con T4 y T5, T2 con T5 y T3 con T4, T5 y T1.

4.1.3.6. Índice de cosecha

En la Figura 26, se aprecia el promedio del índice de cosecha por tratamiento de las progenies de cruza dobles de quinua.

Figura 26

Índice de cosecha por tratamiento



De la Figura 26, se aprecia que los tratamientos T1 y T2 presentaron mayor índice de cosecha con 56% y 52.44% respectivamente. El tratamiento T4 presentó menor índice de cosecha con 42.08%.

Las diferencias de medias entre los tratamientos para esta variable de índice de cosecha, se puede observar en los resultados de análisis de varianza de la Tabla 24.

Tabla 24

Análisis de varianza de índice de cosecha de las progenies

Variable dependiente: Índice de cosecha					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	560.094	4	140.024	7.098	0.004
Bloque	86.821	3	28.940	1.467	0.273
Error	236.721	12	19.727		
Total	46972.277	20			
\bar{X}	48.01		%CV	11.02	

Nota. \bar{X} corresponde a la media poblacional. %CV corresponde al coeficiente de variabilidad.

De la Tabla 24, se aprecia un p – valor < 0.05 para el factor tratamiento, lo cual indica que existen diferencias estadísticamente significativas en el índice de cosecha entre los tratamientos. Por su parte, el factor bloque no muestra efecto sobre esta variable al resultar con un p -valor > 0.05 . Las diferencias identificadas entre tratamientos, se pueden observar mediante el análisis de comparaciones múltiples del test de Tukey, mostrado en la Tabla 25.

Tabla 25

Test de comparaciones múltiples de Tukey para el índice de cosecha

Índice de cosecha				
HSD Tukey Tratamiento	N	Subconjunto		
		1	2	3
T4	4	42.0750		
T3	4	44.4225	44.4225	
T5	4	45.0900	45.0900	
T2	4		52.4375	52.4375
T1	4			55.9975
Sig.		0.868	0.143	0.786

De la Tabla 25, se puede interpretar que, existen diferencias estadísticamente significativas en el índice de cosecha del tratamiento T1 con el T3, T4 y T5, así mismo y en los tratamientos T2 con T4.

4.2. DISCUSIÓN

En la presente investigación se logró evaluar el rendimiento y características agromorfológicas de cinco progenies procedentes de cruzas dobles de quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) en Puno, Perú. Donde se evidenciaron diferencias significativas en las características morfológicas, agronómicas y el rendimiento entre las diferentes progenies de cruzas dobles.



Más específicamente, las características agronómicas como diámetro y longitud de la panoja presentaron diferencias estadísticamente significativas en el tratamiento T3 respecto a los otros tratamientos, correspondiendo a la crusa (HUA X KCA) X (SAL X HUA) con genitores Huariponcho y Salcedo INIA. Siendo estos resultados similares con los obtenidos por Castro et al. (2023), en cuyo estudio encontraron que las plantas de quinua nativa tipo Chimborazo muestran variabilidad fenotípica con mayor frecuencia en la longitud de la panoja, el diámetro de la panoja y otras características cuantitativas y cualitativas. Los resultados de esta investigación también se asemejan a los hallados por Marca (2022), quien evidenció valores destacables en el diámetro y longitud de la panoja en la crusa (SAL X COL) X (SALXPAN) con valores de 72.17 mm y 54.80 cm respectivamente, de los genitores Salcedo INIA y Pandela Rosada, donde predomina como factor común el genitor Salcedo INIA, siendo en este trabajo 52.9 mm de diámetro y 33.5 cm de longitud. En relación a la madurez fisiológica, se encontró que los tratamientos T2, T3 y T4 se realizaron en menos días (155, 157.5 y 157.25 días) y en la floración fueron similares los días (entre 104 y 106 días). Sin embargo, estas variables no presentaron diferencias estadísticamente significativas, es decir, las medias fueron similares entre tratamientos.

En cuanto a las características morfológicas, se encontró que los tratamientos T1, T2 y T5 presentaron densidad compacta representando un 60% del total de los experimentos, en tanto que, los tratamientos T3 y T4 presentaron densidad intermedia, representando el 40% de los experimentos. En cuanto al color de la panoja en floración, el 80% de las unidades experimentales fue verde y el otro 20% fue roja. Por su parte, el color de la panoja en madurez fisiológica se mostró muy variado, donde el 40% de los tratamientos manifestó color anaranjado, 20% se presentó para los colores gris, amarillo y rosado. Respecto a la forma de la panoja, en el 100% de los tratamientos fue intermedia.



En referencia al daño ornitológico, los tratamientos T3 y T4 mostraron mejor comportamiento, siendo muy bajo, seguido del T5 con comportamiento bajo. Por último, ante daño al mildiu, se evidenció que la mayoría de los tratamientos (80%) presentaron daño muy bajo.

Los resultados descritos en cuanto a las características morfológicas, se comparan con los obtenidos por Halanoca (2023), en cuyo estudio de un híbrido de quinua procedente de genitores genéticamente cercanas de la cruce SAL X PAN 171 en Puno, se halló en escala intermedia la densidad de la panoja y comportamiento ante mildiu y ante aves, bajo, siendo esto diferente a lo hallado en el presente estudio, donde el 60% de las cruces mostró densidad compacta, el daño ante mildiu fue predominantemente muy bajo y el daño ornitológico resultó solo un 40% intermedio.

En relación al rendimiento, se obtuvo que los tratamientos T3 (HUA X KCA) X (SAL X HUA) y T4 (HUA X KCA) X (PAS X KCA) mostraron mayor peso de 1000 granos con 3.13 y 3.38 gramos, en cuanto al rendimiento de grano por hectárea, el tratamiento T1 (SAL X HUA) X (PAS X KCA) fue mayor con 5523 kg/ha seguido del tratamiento T3 con 4877 kg/ha. Por su parte, el índice de cosecha resultó mayor para el tratamiento T1 con 56%, seguido del tratamiento T2 (SAL X COL) X (SALXPAN) con 52.44% respectivamente, siendo significativas las diferencias de todas estas variables por tratamientos.

En cuanto al peso de 1000 granos, los resultados son semejantes al obtenido por Halanoca (2023) con un promedio de 3.8 g para un híbrido de quinua procedente de genitores genéticamente cercanas de la cruce (SAL X PAN)171 en Puno y al obtenido por Mamani (2018) para el cultivar Cica 18 N° 39 con 3.48 g peso de 1000 granos. En relación al rendimiento de grano, los resultados son similares a los mostrados por Marca



(2022) para la crusa (HUA X KCA) X (SAL X HUA)108 con 5,344.33 kg/ha, igualmente, resultados muy cercanos a los obtenidos para el índice de cosecha, donde encontró mayor valor en las cruzas (HUA X KCA) X (SAL X HUA)123 con 47%, y (HUA X KCA) X (PAS X KCA)58 con 46%, donde predominan genitores de Huarinapocho, Pasankalla y Kcancolla.

V. CONCLUSIONES

La presente investigación logró evaluar el rendimiento y características agromorfológicas de cinco progenies procedentes de cruzas dobles de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en Puno, Perú. A partir de lo cual se establecen las siguientes conclusiones:

Para el objetivo 1. En relación las características agronómicas, el tratamiento T2 correspondiente a la línea (SAL X COL) X (SAL X PAN)75, maduró en 155 días, siendo más precoz. En cuanto a la altura de la planta y al diámetro de tallo, el tratamiento T3 correspondiente a la línea ((HUA X KCA) X (SAL X HUA))108, mostró mejor estos atributos con 73 cm y 7.15 mm respectivamente. Respecto a la longitud y diámetro de la panoja, el tratamiento T3, igualmente presentó mejor estos atributos con 33.50 cm y 52.9 mm respectivamente. En cuanto al daño frente a mildiu, el 80% de las líneas presento nivel bajo, por su parte, el daño ornitológico muy bajo fue observado en los tratamientos T3 y T4 (HUA X KCA) X (PAS X KCA)99. De acuerdo a estos resultados, para las características agronómicas el mejor tratamiento (cruza) se considera el T3.

Para el objetivo 2. Respecto a las características morfológicas, el 80% de los tratamientos presentó color verde durante la floración estos fueron, T1 ((SAL X HUA) X (PAS X KCA)99, T2, T4 y T5 ((COL X KCA) X (SALXCOL)125, mientras que el tratamiento T3 mostró un color rojo en esta etapa fenológica. En cuanto al color en madurez fisiológica, el tratamiento T1 mostro color amarillo, el T2 presentó color rosado, el T3 y T4 mostraron color anaranjado y el T5 color gris en esta etapa fenológica. En relación a la forma de la panoja, en el 100% de los tratamientos fue intermedia y, en lo referido a la densidad de la panoja, los tratamientos T1, T2 y T5 mostraron densidad compacta, representando el 60% de los tratamientos. Por su parte, los tratamientos T3 y



T4, mostraron densidad de la panoja intermedia, representando el 40% de los tratamientos. Con estos resultados, es posible considerar el tratamiento (cruza) T3, como el mejor, dado que, las diferencias presentadas se atribuyen al mejoramiento genético, otorgándole mejores propiedades ante el estrés ambiental.

Para el objetivo 3. En cuanto a los parámetros de rendimiento, los tratamientos T3 correspondiente a la línea (HUA X KCA) X (SAL X HUA))108 y T4 (HUA X KCA) X (PAS X KCA)99, presentaron mayor peso de 1000 granos, con valores de 3.13 g y 3.38 g respectivamente. En relación al diámetro de grano, los tratamientos T4 y T2 (SAL X COL) X (SAL X PAN)75, mostraron mayor valor con 1.93 mm y 1.90 mm respectivamente. Respecto al peso de grano por planta, los tratamientos T1 y T3 lograron mayor valor con 22.05 g y 19.48 g respectivamente. Por su parte, el peso de la biomasa por fue mayor en el tratamiento T3 con 24.5 g. El rendimiento de grano por hectárea resultó mayor para los tratamientos T1 y T3 con valores de 5223 kg/ha y 4877 kg/ha respectivamente, por último, para el índice de cosecha, los tratamientos T1 y T2 destacaron en este indicador con 56% y 52.44% respectivamente. En relación a las variables de rendimiento, también es posible destacar el tratamiento (cruza) T3.

Para el objetivo general. Se puede concluir, que las progenies con mejor balance de tributos agronómicos fue del tratamiento T3 correspondiente a la línea (HUA X KCA) X (SAL X HUA))108, el cual destacó frente a los otros tratamientos en: altura de planta (73 cm), diámetro del tallo (7.15 mm), longitud de la panoja (33.5 cm), diámetro de la panoja (52.9 mm), peso de grano por planta (19.48 g), biomasa (24.5 g), peso de 1000 granos (3.13 g) y rendimiento (4877 kg/ha).



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA. Se recomienda tomar en cuenta los resultados obtenidos en la presente investigación a fin de poder escoger la variedad de cultivo de quinua conveniente agronómicamente en regiones donde prevalezca climas con baja temperatura y alta humedad.

SEGUNDA. Se recomienda ampliar los estudios para las progenies con mejores atributos, especialmente la correspondiente a la línea (HUA X KCA) X (SAL X HUA))108, considerando otras condiciones de suelo, ambientales, meteorológicas en función de la zona geográfica o región de cultivo a fin de explotar sus potencialidades agronómicas como cultivo.

TERCERA. Se recomienda estudiar con mayor profundidad las características morfológicas, ya que, estas fueron muy variadas entre tratamientos, especialmente el color en madurez fisiológica, a fin de determinar que puede influir en ello y porqué, ya que podría ser un indicador de la calidad del cultivo en función de las condiciones ambientales.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza Calcina, J. D. (2018). SELECCIÓN DE LINEAS A PARTIR DE AUTOFECONDACIONES S5 DE CRUZA SIMPLE, GENÉTICAMENTE DISTANTES, DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.), BAJO CONDICIONES AMBIENTALES DE PUNO. *Revista de Investigaciones: Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno*, 7(1), 11.
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., y Pinedo, R. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú* (1º). FAO & INIA. https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/76/1/Apaza-Catalogo_de_variedades...quinua.pdf
- Axayacatl, O. (2021, julio 18). Estadísticas mundiales de producción de quinua. *Blog Agricultura*. <https://blogagricultura.com/estadisticas-quinua-produccion/>
- Barioglio, C. (2006). *Diccionario de las Ciencias agropecuarias* (1º).
- Barrientos Arpasi, E. W. (2020). *Rendimiento y evaluación agromorfológica de 18 progenies de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) procedentes de cruzas simples distantes y cercanas en el CIP. Camacani e Illpa* [Tesis, Universidad Nacional del Altiplano de Puno]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15782>
- Bhanu, A. N. (2017). Assessment of Genetic Diversity in Crop Plants—An Overview. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 7(3). <https://doi.org/10.15406/apar.2017.07.00255>
- Carrasco, S. (2017). *Metodología de la investigación*. San Marcos.
- Castro Albán, H. A., Del Pilar Castro Gómez, R., y Alvarado Capó, V. (2023). Morphoagronomic variability of native quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Chimborazo type in Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), 14.



- Chávez Díaz, A. S., Trujillo Janampa, S. P., y Trujillo Janampa, Y. Y. (2017). Análisis de la cadena productiva de la quinua en San Román—Puno para usos prospectivos. *Pontificia Universidad Católica del Perú*.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9138>
- Chura, E., Mujica, Á., Haussmann, B., Smith, K., Flores, S., Flores, A. L., Chura, E., Mujica, Á., Haussmann, B., Smith, K., Flores, S., y Flores, A. L. (2019). Caracterización agronómica de la progenie de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de cruces simples autofecundados cercanos y lejanos. *Ciencia e investigación agraria*, 46(2), 154-165. <https://doi.org/10.7764/rcia.v46i2.2142>
- Fuentes, F. (2008). Genetic improvement of quinoa. *Agricultura del Desierto*, 4, 71-89.
- Gómez, L., y Aguilar, E. (2016). *Guía de cultivo de quinua* (1°). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Halanoca Cari, V. (2023). *Caracterización agromorfológica de un híbrido de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) procedente de genitores genéticamente cercanas de la cruza (SAL X PAN 171) en Puno, Perú* [Tesis, Universidad Nacional del Altiplano de Puno]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3575437>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill.
- Hernández Sampieri, R., y Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas: cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill educación. <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>
- Hernández-Villareal, A. E. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*, 2(3), Article 3.
<https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.05>




- Jellen, E., Maughan, P., Fuentes, F., y Kolano, B. (2015). Botany, Phylogeny and Evolution. En *State of the art report on quinoa around the world in 2013*. FAO & CIRAD. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/007e4d19-1bd9-4ad0-8812-943fd0a31dee/content>
- Mamani Condori, M. B. (2018). *Comportamiento agronómico de diez cultivares de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) procedentes del valle altoandino, en zona árida* [Tesis, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8354>
- Marca Flores, Y. (2022). *Caracterización agromorfológica y rendimiento de 18 líneas de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) procedentes de cruzas dobles distantes y cercanas genéticamente en el C.E. José Arze Borda-Camacani Puno Perú* [Tesis, Universidad Nacional del Altiplano de Puno]. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3440784>
- Montesinos, E. A. E. (2016). Adaptación del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) al cambio climático en los Andes del Perú. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 19(37), Article 37. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v19i37.12950>
- Morillo Coronado, A. C., Castro Herrera, M. A., y Morillo Coronado, Y. (2017). Caracterización de la diversidad genética de una colección de quinua (*Chenopodium quinoa willd*). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 15(2 (Julio a Diciembre)), 49-56.
- Mujica, A., Suquilanda, M., Chura, E., Ruíz, E., León, A., Cutipa, S., y Ponce, C. (2013). Producción orgánica de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) Puno, Perú. *Sociedad Peruana para el Fomento y Competitividad de la Innovación Agraria*, 56.




- Palomino, J., Peña, J., y Zevallos, G. (2015). *Metodología de la Investigación* (San Marcos).
- Rabines, J. (2024). *Producción de quinua de Perú crecería 43% este año*. Agraria.pe Agencia Agraria de Noticias. <https://agraria.pe/noticias/produccion-de-quinua-de-peru-creceria-43-este-ano-36955>
- Rojas, W., Pilton, M., Alanoca, C., Gómez, L., Lobos, P. L., Padulosi, E., y Bazile, D. (2015). Quinoa genetic resources and ex situ conservation. En *State of the art report on quinoa around the world in 2013* (1°). FAO & CIRAD. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/007e4d19-1bd9-4ad0-8812-943fd0a31dee/content>
- Urdanegui, P., Pérez-Ávila, Á., Estrada-Zúñiga, R., Neyra, E., Mujica, Á., y Corredor, F.-A. (2021). Rendimiento y evaluación agromorfológica de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Huancayo, Perú. *Agroindustrial Science*, 11(1), Article 1. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.01.08>

ANEXOS

ANEXO 1. Reporte de laboratorio de fertilidad de suelos



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS



PROCEDENCIA : CIP – UNA - CAMACANI - PUNO
 SOLICITANTE : Juan Cruz Ururi
 MOTIVO : Análisis Fertilidad de suelos
 MUESTREO : 08/11/2022 (por el interesado)
 ANÁLISIS : 09/11/2022
 LABORATORIO : Agua y Suelo FCA – UNA

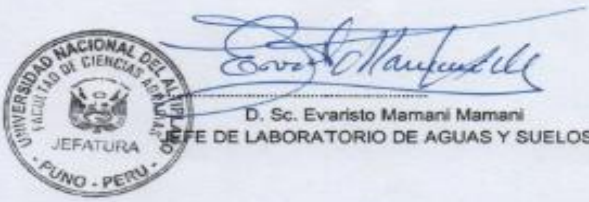

# ORD	CLAVE DE CAMPO	ANÁLISIS MECÁNICO			CLASE TEXTURAL	CO ₃ ⁺ %	M.O. %	N. TOTAL %
		ARENA %	ARCILLA %	LIMO %				
01	Muestra 01	66	11	23	Franco arenoso	0.00	3.00	0.15
02	Muestra 02	64	12	24	Franco arenoso	0.00	2.80	0.14
03	Muestra 03	65	10	25	Franco arenoso	0.00	2.65	0.13

# ORD	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CACIONES CAMBIABLES					CIC me/100 g	S.B. %
				P ppm	K ppm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺		
01	6.70	0.13	N.C	13.01	215	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC
02	6.16	0.16	N.C	12.80	195	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC
03	5.84	0.37	N.C	11.02	138	NC	NC	NC	NC	0.00	NC	NC

FArA = Franco arcillo arenoso
 Ar = Arcilloso
 FArA = Franco arcillo arenoso
 CIC = Capacidad Intercambio Catiónico
 N = Nitrógeno total
 K⁺ = Potasio cambiabile
 A = Arena
 Ca²⁺ = Calcio cambiabile
 Na⁺ = Sodio cambiabile
 CO₃⁺ = Carbonatos
 me = miliequivalente.

FAr = Franco arcilloso
 M.O. = Materia orgánica
 P = Fósforo disponible
 K = Potasio disponible
 C.E. = Conductividad eléctrica
 SB = Saturación de bases
 Mg²⁺ = Magnesio cambiabile
 mS/cm = milisiemens por centimetro
 C.E.(e) = Conductividad eléctrica del extracto
 Al³⁺ = Aluminio cambiabile
 NC = no corresponde

D. Sc. Evaristo Mamani Mamani
JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



ANEXO 2. Constancia de solicitud de información al SENAMHI

PROCEDIMIENTO PARA OTORGAR INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA EN EL SENAMHI A
ESTUDIANTES, TESISISTAS, MAESTRISTAS, DOCTORADO E INVESTIGADORES

ANEXO 02: FORMATO DE SOLICITUD ESTUDIANTES/TESISTAS- DIRECCIÓN ZONAL

Señor(a)
**DIRECTOR (A) ZONAL DEL SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERU-
SENAMHI**
Presente.-

Juan Cruz Ururi
(Nombre y Apellidos)

Jr. Ramon Castilla N° 512
(Dirección)

Con No. DNI: 76560557 Telef.:926411676 E-mail: juanes.jcu@gmail.com

Universidad/Instituto: Universidad Nacional del Altiplano Puno

Carrera/Profesión: Ingeniería Agronómica

Ante usted me presento y expongo:

Que, solicito los datos meteorológicos de La estación Rincón de la Cruz, para adecuarlo a mi modelo de investigación científica (Tesis), Evaluación de rendimiento y caracterización agromorfológica de cinco progenies procedentes de cruza dobles de quinua (*Chenopodium Quinoa Willd.*) en Puno, Perú.

Solicito la siguiente información:

ESTACIÓN/ZONA	PARÁMETROS	PERÍODOS
Rincón de la Cruz	Promedio diario de temperatura máxima en °C	Noviembre 2022- Mayo 2023
Rincón de la Cruz	Promedio diario de temperatura mínima en °C	Noviembre 2022- Mayo 2023
Rincón de la Cruz	Precipitación total diaria en mm	Noviembre 2022- Mayo 2023
Rincón de la Cruz	Promedio diario de Humedad relativa en %	Noviembre 2022- Mayo 2023

La información solicitada deberá ser remitida al correo electrónico juanes.jcu@gmail.com

Por lo expuesto, agradeceré a usted atender lo solicitado.

Puno, 09 de Julio del 2024


Firma del Usuario



DIRECTIVA N° 003-2016-SENAMHI-SG-OPP-UM

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI



ANEXO 3. Datos medios de los parámetros meteorológicos 2017-2023

Estación: RINCON DE LA CRUZ					
Departamento:	PUNO	Provincia:	PUNO	Distrito:	ACORA
Latitud:	15°59'24.6"	Longitud:	69°48'34.6"	Altitud:	3887 msnm.
Tipo:	CO - Meteorológica	Código:	115052		
Mes/Año	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	
	Max	Min		TOTAL	
sep-17	15.08	2.32	78.18	2.17	
oct-17	16.71	2.53	66.62	1.31	
nov-17	18.14	4.35	66	0.95	
dic-17	16.84	5.37	74.19	3.34	

Estación : RINCON DE LA CRUZ					
Departamento:	PUNO	Provincia:	PUNO	Distrito:	ACORA
Latitud:	15°59'24.6"	Longitud:	69°48'34.6"	Altitud:	3887 msnm.
Tipo:	CO - Meteorológica	Código:	115052		
Mes/Año	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	
	Max	Min		TOTAL	
ene-18	15.25	4.96	84.31	5.36	
feb-18	14.8	5.28	86.31	5.5	
mar-18	14.8	5.42	84.46	3.43	
abr-18	15.08	2.95	82.84	2.65	
may-18	14.51	0.45	75.82	0.39	
jun-18	13.44	-0.56	80.2	0.54	
jul-18	13.68	-0.39	79.27	1.42	
ago-18	14.37	-0.16	74.07	0.11	
sep-18	15.86	0.64	67.87	0	
oct-18	16.29	4.09	78.98	3.41	
nov-18	17.66	4.78	71.02	0.55	
dic-18	16.8	4.22	75.81	4.02	

Estación : RINCON DE LA CRUZ					
Departamento:	PUNO	Provincia:	PUNO	Distrito:	ACORA
Latitud:	15°59'24.6"	Longitud:	69°48'34.6"	Altitud:	3887 msnm.
Tipo:	CO - Meteorológica	Código:	115052		
Mes/Año	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	
	Max	Min		TOTAL	
ene-19	15.72	5.5	85.48	5.76	
feb-19	15.25	5.45	88.48	4.56	
mar-19	15.61	4.81	87.19	2.3	
abr-19	15.39	3.72	86.82	1.7	
may-19	15.40	1.1	75.17	0.26	
jun-19	14.85	-1.12	75.51	0.21	
jul-19	14.91	-1.52	73.58	0.21	
ago-19	15.51	-1.69	78.4	0	
sep-19	15.46	2.06	83.15	2.5	



Estación : RINCON DE LA CRUZ

Departamento:	PUNO	Provincia:	PUNO	Distrito:	ACORA
Latitud:	15°59'24.6"	Longitud:	69°48'34.6"	Altitud:	3887 msnm.
Tipo:	CO - Meteorológica	Código:	115052		
Mes/Año	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	
	Max	Min		TOTAL	
feb-20	15.69	5.72	88.3	5.77	
mar-20	15.42	5.31	88.24	2.63	
abr-20	15.85	3.57	86.21	0	
may-20	15.62	0.33	79.56	0.12	
jun-20	15.79	-1.48	75.15	0	
jul-20	16.01	-3.45	69.53	0	
ago-20	17.29	-0.58	69.33	0	
sep-20	16.32	1.98	78.67	1.33	
nov-20	18.17	3.17	71.98	0.17	
dic-20	16.85	4.65	81.17	6.41	

Estación : RINCON DE LA CRUZ

Departamento:	PUNO	Provincia:	PUNO	Distrito:	ACORA
Latitud:	15°59'24.6"	Longitud:	69°48'34.6"	Altitud:	3887 msnm.
Tipo:	CO - Meteorológica	Código:	115052		
Mes/Año	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	
	Max	Min		TOTAL	
ene-21	15.32	3.78	87.31	6.78	
feb-21	15.5	4.66	86.47	3.71	
mar-21	14.57	4.30	90.14	5.28	
abr-21	15.02	2.58	84.5	1.43	
may-21	14.81	0.63	81.66	1.01	
jul-21	15.29	-1.25	76.1	0.01	
ago-21	15.50	-0.61	71.54	0.33	
sep-21	16.61	2.33	80.32	1.43	
oct-21	17.68	2.96	76.57	2.29	
nov-21	17.52	4.27	77.05	1.38	
dic-21	15.43	4.68	87.15	5.95	

Estación : RINCON DE LA CRUZ

Departamento:	PUNO	Provincia:	PUNO	Distrito:	ACORA
Latitud:	15°59'24.6"	Longitud:	69°48'34.6"	Altitud:	3887 msnm.
Tipo:	CO - Meteorológica	Código:	115052		
Mes/Año	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm/día)	
	Max	Min		TOTAL	
ene-22	15.26	4.64	89.38	5.83	
feb-22	15.26	4.52	90.92	4.76	
mar-22	15.27	4.85	87.17	3.09	
may-22	15.03	0.21	64.9	0	
jun-22	14.19	-2.20	70.21	0.04	
jul-22	15.51	-1.32	65.51	0	
ago-22	15.65	-0.60	62.7	0	
oct-22	17.65	0.98	59.63	0.08	



nov-22	18.37	3.02	65.4	0.03
dic-22	16.78	3.49	67.31	2.32

Estación : RINCON DE LA CRUZ

Departamento:	PUNO	Provincia:	PUNO	Distrito:	ACORA
Latitud:	15°59'24.6"	Longitud:	69°48'34.6"	Altitud:	3887 msnm.
Tipo:	CO - Meteorológica	Código:	115052		
	TEMPERATURA (°C)		HUMEDAD RELATIVA (%)		PRECIPITACIÓN (mm/día)
Mes/Año	Max	Min			TOTAL
ene-23	15.62	3.40	81.84		2.71
feb-23	15.29	3.14	81.5		2.6
mar-23	15.17	4.89	86.51		5.28
abr-23	15.16	1.55	76.49		0.45
may-23	14.76	0.73	75.18		0.46



ANEXO 4. Solicitud de uso de laboratorio de semillas

CARGO

Año del Bicentenario. de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

2022-2381

ACTA DE APROBACIÓN

SOLICITO: USO DEL LABORATORIO DE SEMILLAS PARA REALIZAR PESO DE MIL SEMILLAS Y PESO HECTOLITRICO EN QUINUA.

SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Dr. Javier Mamani Paredes

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO	
PUNO - PERU	
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	
SECRETARIA	DECANATO
31 JUL 2024	
N° REGISTRO	HOJA

Yo, JUAN CRUZ URURI, identificado con DNI N° 76560557, con domicilio en el Jr. Ramon Castilla N.º 512, distrito de Ilave, provincia de El Collao, región Puno, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad De Ciencias Agrarias con código de matrícula N° 185446, me dirijo a usted con el debido respeto me presento y expongo:

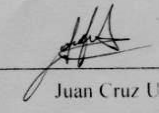
Que, al haber culminado mis estudios de pregrado, mi persona está realizando su proyecto de investigación en cultivo de quinua, y para culminar el proyecto de investigación solicito el uso de laboratorio de semillas de la escuela profesional de Ingeniería Agronómica, que se encuentra a cargo del Ing. Saturnino Marca Vilca, para realizar el peso de mil semillas y peso hectolitrico de las muestras que vengo trabajando, me dirijo a su despacho con el fin de solicitarle que me otorgue la disponibilidad de hacer el uso del laboratorio de semillas.

- Adjunto. Acta de aprobación

Por lo expuesto:

Agradezco su atención prestada y ruego a usted tenga a bien acceder a mi solicitud.

Puno, 31 de julio del 2024


Juan Cruz Ururi
DNI: 76560557

ANEXO 5. Base de datos recolectados

Floración (días)							
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	107	105	107	106	106.25
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	104	106	105	104	104.75
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	106	106	104	105	105.25
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	103	105	105	103	104.00
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	102	106	104	106	104.50

Madurez fisiológica (días)							
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	159	160	158	161	159.50
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	154	153	156	157	155.00
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	158	157	157	158	157.50
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	159	159	158	153	157.25
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	160	161	158	157	159.00

Altura de planta (cm)							
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	64	68	71	67	67.5
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	64	71	70	70	68.8
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	71	69	74	78	73.0
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	82	73	68	66	72.3
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	69	67	67	72	68.8

Diámetro de tallo (mm)							
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	7	6.5	7	6.4	6.73
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	6.3	7	7	6.7	6.75
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	7	7.1	7.1	7.4	7.15
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	7.9	6.9	6.4	6.2	6.85
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	6.7	6.8	6.6	6.6	6.68

Longitud de la panoja (cm)							
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	20.90	24.10	22.70	20.90	22.15
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	21.10	23.10	19.10	19.50	20.70
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	33.40	32.40	37.00	31.20	33.50
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	30.00	22.70	22.00	21.20	23.98
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	22.60	20.70	21.10	22.50	21.73



Diámetro de la panoja (mm)

N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	34.9	42.8	51.3	46.2	43.8
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	39.9	48.6	43.4	42.7	43.7
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	50.4	53.7	57.6	49.9	52.9
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	48	45.9	37.6	40	42.9
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	35.7	37.2	36	34.6	35.9

Diámetro de grano (mm)

N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	1.6	1.6	1.6	1.7	1.63
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	1.9	2	1.8	1.9	1.90
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	1.8	1.8	1.9	1.9	1.85
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	1.8	2.0	2.0	1.9	1.93
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	1.8	1.8	1.8	1.7	1.78

Peso de grano por planta (g)

N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	21.7	22.3	26	18.2	22.05
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	16.1	20.4	16.1	18.8	17.85
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	19.4	19	20.9	18.6	19.48
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	17.6	13.3	12.5	13	14.10
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	12.8	12	12.2	11.7	12.18

Biomasa por planta (g)

N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	46	57	58	53	53.5
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	45	61	55	55	54
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	80	72	82	92	81.5
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	52	54	86	72	66
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	45	53	49	51	49.5

Peso de 1000 granos (g)

N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	2.4	2.3	2.3	2.3	2.33
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	2.8	3	3.1	3	2.98
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	3.1	3.1	3.2	3.1	3.13
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	3.4	3.4	3.3	3.4	3.38
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	2.7	3.2	2.9	2.8	2.90



Rendimiento en kg/ha.							
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	5435	5595	6500	4560	5523
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	4015	5098	4028	4695	4459
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	4853	4750	5238	4668	4877
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	4413	3330	3128	3255	3532
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	3205	3005	3050	2948	3052

Índice de Cosecha (%)							
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV	Promedio
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	54.11	56.60	59.91	53.37	56.00
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	54.39	52.71	49.39	53.26	52.44
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	44.70	46.80	45.93	40.26	44.42
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	53.01	45.08	32.64	37.57	42.08
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	48.67	43.01	45.35	43.33	45.09

Daños mildiu y ornitológico (escala)				
N° Tratamiento	Descripción	Línea	Incidencia de daño (Mildiu)	Daño ornitológico
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	Muy bajo	Intermedia
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	Bajo	Intermedia
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	Muy bajo	Muy bajo
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	Muy bajo	Muy bajo
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	Muy bajo	Bajo

Densidad de panoja (escala)						
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	Compacta	Compacta	Compacta	Compacta
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	Compacta	Compacta	Compacta	Compacta
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Intermedia
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Intermedia
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	Compacta	Compacta	Compacta	Compacta

Forma de la panoja						
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV
T1	(SAlxHUA)x(PASxKCA)	99	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Intermedia
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Intermedia
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Intermedia
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Intermedia
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Intermedia



Color de la panoja en floración						
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV
T1	(SALxHUA)x(PASxKCA)	99	Verde	Verde	Verde	Verde
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	Verde	Verde	Verde	Verde
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	Verde	Verde	Verde	Verde
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	Verde	Verde	Verde	Verde

Color de la panoja en madurez fisiológica						
N° Tratamiento	Cruza	Línea	I	II	III	IV
T1	(SALxHUA)x(PASxKCA)	99	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Amarillo
T2	(SALxCOL)x(SALxPAN)	75	Rosado	Rosado	Rosado	Rosado
T3	(HUAxKCA)x(SALxHUA)	108	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado
T4	(HUAxKCA)x(PASxKCA)	99	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado
T5	(COLxKCA)x(SALxCOL)	125	Gris	Gris	Gris	Gris

ANEXO 6. Resultados tomados de SPSS

Resultado1 Juan.spv [Documento] - IBM SPSS Statistics Viewer

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana

Tratamiento
Título
Comparaciones múltiples
Subconjuntos homogéneo
Título
Biomasa / planta

univariado de varianza
o
as
ores inter-sujetos
abas de efectos inter-sujetos
abas post hoc
Título
Tratamiento
Título
Comparaciones múltiples
Subconjuntos homogéneo
Título
Rendimiento de grano

T2	4
T3	4
T4	4
T5	4
Bloque I	5
II	5
III	5
IV	5

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Floracion (días)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	15.450 ^a	7	2.207	1.358	.306
Intersección	220290.050	1	220290.050	135563.108	.000
Tratamiento	11.700	4	2.925	1.800	.194
Bloque	3.750	3	1.250	.769	.533
Error	19.500	12	1.625		
Total	220325.000	20			
Total corregido	34.950	19			

a. R al cuadrado = .442 (R al cuadrado ajustada = .117)

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana

imiento
ulo
mparaciones múltiples
bconjuntos homogéneo
Título
Biomasa / planta

do de varianza

er-sujetos
efectos inter-sujetos
st hoc

imiento
ulo
mparaciones múltiples
bconjuntos homogéneo

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Madurez Fisiológica (días)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	52.350 ^a	7	7.479	1.862	.164
Intersección	497070.450	1	497070.450	123751.979	.000
Tratamiento	49.800	4	12.450	3.100	.057
Bloque	2.550	3	.850	.212	.886
Error	48.200	12	4.017		
Total	497171.000	20			
Total corregido	100.550	19			

a. R al cuadrado = .521 (R al cuadrado ajustada = .241)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	96.250 ^a	7	13.750	.614	.735
Intersección	98140.050	1	98140.050	4382.883	.000
Tratamiento	93.700	4	23.425	1.046	.424
Bloque	2.550	3	.850	.038	.990
Error	268.700	12	22.392		
Total	98505.000	20			
Total corregido	364.950	19			

a. R al cuadrado = .264 (R al cuadrado ajustada = -.166)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	.839 ^a	7	.120	.647	.711
Intersección	932.978	1	932.978	5036.318	.000
Tratamiento	.577	4	.144	.779	.560
Bloque	.262	3	.087	.471	.708
Error	2.223	12	.185		
Total	936.040	20			
Total corregido	3.062	19			

a. R al cuadrado = .274 (R al cuadrado ajustada = -.149)

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	451.971 ^a	7	64.567	10.781	.000
Intersección	11916.962	1	11916.962	1989.836	.000
Tratamiento	435.593	4	108.898	18.183	.000
Bloque	16.378	3	5.459	.912	.464
Error	71.867	12	5.989		
Total	12440.800	20			
Total corregido	523.838	19			

a. R al cuadrado = .863 (R al cuadrado ajustada = .783)



Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Tratamiento
Título
Comparaciones múltiples
Subconjuntos homogéneo
Título
Biomasa / planta

univariado de varianza
o
is
ores inter-sujetos
bas de efectos inter-sujetos
bas post hoc
Título
Tratamiento
Título
Comparaciones múltiples
Subconjuntos homogéneo
Título
Rendimiento de grano

univariado de varianza
o
is
ores inter-sujetos
bas de efectos inter-sujetos
bas post hoc
Título
Tratamiento
Título
Comparaciones múltiples
Subconjuntos homogéneo
Título
Indice de cosecha

Variable dependiente: Longitud de panoja
HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	T2	1.4500	1.73045	.914	-4.0657	6.9657
	T3	-11.3500 ^a	1.73045	.000	-16.8657	-5.8343
	T4	-1.8250	1.73045	.825	-7.3407	3.6907
	T5	.4250	1.73045	.999	-5.0907	5.9407
T2	T1	-1.4500	1.73045	.914	-6.9657	4.0657
	T3	-12.8000 ^a	1.73045	.000	-18.3157	-7.2843
	T4	-3.2750	1.73045	.371	-8.7907	2.2407
	T5	-1.0250	1.73045	.974	-6.5407	4.4907
T3	T1	11.3500 ^a	1.73045	.000	5.8343	16.8657
	T2	12.8000 ^a	1.73045	.000	7.2843	18.3157
	T4	9.5250 ^a	1.73045	.001	4.0093	15.0407
	T5	11.7750 ^a	1.73045	.000	6.2593	17.2907
T4	T1	1.8250	1.73045	.825	-3.6907	7.3407
	T2	3.2750	1.73045	.371	-2.2407	8.7907
	T3	-9.5250 ^a	1.73045	.001	-15.0407	-4.0093
	T5	2.2500	1.73045	.696	-3.2657	7.7657
T5	T1	-.4250	1.73045	.999	-5.9407	5.0907
	T2	1.0250	1.73045	.974	-4.4907	6.5407
	T3	-11.7750 ^a	1.73045	.000	-17.2907	-6.2593
	T4	-2.2500	1.73045	.696	-7.7657	3.2657

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 5.989.

Biomasa / planta

univariado de varianza

inter-sujetos
de efectos inter-sujetos
post hoc

amiento
Título
Comparaciones múltiples
Subconjuntos homogéneo
Título
Rendimiento de grano

univariado de varianza

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Diametro de panoja

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	639.083 ^a	7	91.298	4.536	.011
Intersección	38403.848	1	38403.848	1907.879	.000
Tratamiento	585.967	4	146.492	7.278	.003
Bloque	53.116	3	17.705	.880	.479
Error	241.549	12	20.129		
Total	39284.480	20			
Total corregido	880.632	19			

a. R al cuadrado = .726 (R al cuadrado ajustada = .566)



- ...
 - o Tratamiento
 - o Título
 - o Comparaciones múltiples
 - o Subconjuntos homogéneo
 - o Título
 - o Biomasa / planta
- o Variado de varianza
- o Inter-sujetos
- o Efectos inter-sujetos
- o Post hoc
- o Título
- o Tratamiento
- o Título
- o Comparaciones múltiples
- o Subconjuntos homogéneo
- o Título
- o Rendimiento de grano
- o Variado de varianza
- o Inter-sujetos
- o Efectos inter-sujetos
- o Post hoc
- o Título
- o Tratamiento
- o Título
- o Comparaciones múltiples
- o Subconjuntos homogéneo
- o Título

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Diametro de panoja
HSD Tukey

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
T1	T2	.1500	3.17247	1.000	-9.9620	10.2620
	T3	-9.1000	3.17247	.085	-19.2120	1.0120
	T4	.9250	3.17247	.998	-9.1870	11.0370
	T5	7.9250	3.17247	.155	-2.1870	18.0370
T2	T1	-1.1500	3.17247	1.000	-10.2620	9.9620
	T3	-9.2500	3.17247	.079	-19.3620	.8620
	T4	.7750	3.17247	.999	-9.3370	10.8870
	T5	7.7750	3.17247	.167	-2.3370	17.8870
T3	T1	9.1000	3.17247	.085	-1.0120	19.2120
	T2	9.2500	3.17247	.079	-.8620	19.3620
	T4	10.0250	3.17247	.052	-.0870	20.1370
	T5	17.0250 [†]	3.17247	.001	6.9130	27.1370
T4	T1	-.9250	3.17247	.998	-11.0370	9.1870
	T2	-.7750	3.17247	.999	-10.8870	9.3370
	T3	-10.0250	3.17247	.052	-20.1370	.0870
	T5	7.0000	3.17247	.241	-3.1120	17.1120
T5	T1	-7.9250	3.17247	.155	-18.0370	2.1870
	T2	-7.7750	3.17247	.167	-17.8870	2.3370
	T3	-17.0250 [†]	3.17247	.001	-27.1370	-6.9130
	T4	-7.0000	3.17247	.241	-17.1120	3.1120

Se basa en las medias observadas.

ANEXO 7. Panel fotográfico



Marcado del área experimental



Área experimental con población de Quinoa



Desahije de plantas débiles



Malezas encontradas en el campo experimental (Kikuyo, Navo silvestre,
Chijchipa, Amor seco, Aguja aguja)



Control Ornitológico



Trillado Manual



ANEXO 8. Declaración Jurada de Autenticidad de Tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Juan Cruz Ururi
identificado con DNI 76560557 en mi condición de egresado de:

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

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Evaluación de rendimiento y caracterización agromorfológica
de cinco progenies procedentes de cruza dobles de quinua
(Chenopodium quinoa Willd.) en Puno, Perú. "

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 5 de Noviembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 9. Autorización de Depósito de Tesis para Repositorio



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

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

Por el presente documento, Yo Juan Cruz Ururi
identificado con DNI 76560557 en mi condición de egresado de:

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

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

“ Evaluación de rendimiento y caracterización agromorfológica de cinco progenies procedentes de cruza dobles de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en Puno, Perú. ”

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 5 de Noviembre del 2024


FIRMA (obligatoria)

