



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



**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

PRESENTADA POR:

Bach. YANET MARCA FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO - PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios todo poderoso, por haberme guiado hasta aquí, dándome la valentía y aliento para poder culminar con este trabajo de investigación, pese a las pruebas y dificultades siempre estuvo presente en mí.

A mis amados padres Saturnino y Lucia Juana por su fortaleza, preocupación, apoyo, ánimo y oración por mi cada día, forjando valores y educación que perdurarán durante toda mi vida, eternamente agradecida.

A mi querida hija Karen Lucia que es inspiración para mi crecimiento profesional, por su carisma, ánimo brindado y por su gran cariño.

A mis queridos hermanos Maritza y Edgar que con su ejemplo supieron orientarme motivándome a cumplir mis metas, y compartiendo conmigo infinitos momentos inolvidables llenos de alegría.
A mis queridos sobrinos: Maricielo, Brenda y Sebastian por el aprecio brindado.

A mis queridos amigos que siempre estuvieron al tanto de mi desarrollo, gracias por su amistad.

Yanet Marca Flores



AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, docentes y personal administrativo por haberme formado académicamente con conocimientos que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Proyecto “Mejoramiento Genético de Granos Andinos” en convenio con la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, junto a la Universidad de Hohenheim – Alemania y la organización KWS – Alemania. Por haberme dado la oportunidad de formar parte como tesista y brindándome el apoyo durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- A los miembros del Jurado calificador de tesis, por tomarse su compromiso en la revisión y mejora de este trabajo de investigación, al D.Sc. Eleodoro Plácido Chahuares Velasquez como presidente, a la M.Sc. Rosario Ysabel Bravo Portocarrero como primer miembro, al M.Sc. Manuel Alfredo Callohuanca Pariapaza como segundo miembro.
- Al Dr. Felix Alonso Astete Maldonado como asesor de la presente investigación, por sus valiosos consejos, orientación, dirección en el proceso y culminación del trabajo de investigación.
- Al Ph. D. Ángel Mauricio Holguer Mujica Sánchez y al M.Sc. Flavio Lozano Isla por su guía y ánimo para seguir adelante con este trabajo de investigación, infinitas gracias.
- En memoria del Dr. Julio Mayta Quispe que en paz descansa, le agradezco sus indicaciones iniciales para esta investigación y porque en vida supo sembrar en nosotros la semilla de la investigación científica.
- A mis compañeros y amigos que siempre formarán parte de mis recuerdos.

Yanet Marca Flores



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	18
ABSTRACT.....	19
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO.....	21
1.1.1. Objetivo general	21
1.1.2. Objetivos específicos	21
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. MARCO TEÓRICO.....	22
2.1.1. Cultivo de quinua	22
2.1.2. Domesticación.....	23
2.1.3. Importancia	24
2.1.4. Valor nutritivo	25
2.1.5. Posición taxonómica	25
2.1.6. Botánica de la quinua	26
2.1.6.1. Raíz.....	26



2.1.6.2.	Tallo.....	26
2.1.6.3.	Hojas.....	27
2.1.6.4.	Inflorescencia.....	28
2.1.6.5.	Flores.....	28
2.1.6.6.	Fruto.....	29
2.1.6.7.	Semilla.....	29
2.1.7.	Fenología del cultivo.....	29
2.1.7.1.	Germinación.....	30
2.1.7.2.	Dos hojas verdaderas.....	30
2.1.7.3.	Cuatro hojas verdaderas.....	31
2.1.7.4.	Seis hojas verdaderas.....	31
2.1.7.5.	Ramificación.....	31
2.1.7.6.	Inicio de panojamiento.....	32
2.1.7.7.	Panojamiento.....	32
2.1.7.8.	Inicio de floración.....	32
2.1.7.9.	Floración o antesis.....	32
2.1.7.10.	Grano acuoso.....	33
2.1.7.11.	Grano lechoso.....	33
2.1.7.12.	Grano pastoso.....	33
2.1.7.13.	Madurez fisiológica.....	34
2.1.7.14.	Madurez de cosecha.....	34
2.1.8.	Requerimientos edafoclimáticos.....	34
2.1.8.1.	Suelo.....	34
2.1.8.2.	pH.....	35
2.1.8.3.	Clima.....	35



2.1.8.4.	Temperatura.....	36
2.1.8.5.	Agua.....	36
2.1.8.6.	Radiación	36
2.1.8.7.	Fotoperiodo.....	37
2.1.8.8.	Altitud.....	37
2.1.9.	Genética de la quinua	37
2.1.10.	Mejoramiento genético de la quinua.....	38
2.1.11.	Cultivares de quinua.....	40
2.1.11.1.	Salcedo-INIA.....	40
2.1.11.2.	Huariponcho	41
2.1.11.3.	Pasankalla	41
2.1.11.4.	Kcancolla	42
2.1.11.5.	Negra Collana	42
2.1.11.6.	Pandela Rosada.....	42
2.1.11.7.	Altiplano	43
2.1.12.	Caracterización agromorfológica.....	43
2.1.12.1.	Caracterización morfológica.....	43
2.1.12.2.	Caracterización agronómica	44
2.1.13.	Cruzas dobles	44

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	MATERIALES	47
3.1.1.	Localización del proyecto	47
3.1.2.	Características del campo experimental.....	48
3.1.3.	Características edáficas	48



3.1.4.	Características meteorológicas.....	49
3.1.5.	Temperatura	50
3.1.6.	Precipitación.....	51
3.1.7.	Humedad relativa	51
3.1.8.	Material genético.....	52
3.1.9.	Material de campo.....	53
3.2.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	54
3.2.1.	Instalación	54
3.2.1.1.	Preparación del suelo.....	54
3.2.1.2.	Surcado, marcado	55
3.2.1.3.	Siembra.....	55
3.2.1.4.	Fertilización	55
3.2.2.	Labores agronómicas	55
3.2.2.1.	Deshierbo.....	55
3.2.2.2.	Desahíje	56
3.2.2.3.	Rouging	56
3.2.2.4.	Aporque	57
3.2.3.	Cosecha	57
3.2.4.	Post cosecha	57
3.2.4.1.	Trillado	57
3.2.4.2.	Secado.....	57
3.2.4.3.	Ventado.....	57
3.2.4.4.	Etiquetado.....	58
3.3.	MUESTRA DEL ESTUDIO.....	58
3.4.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	58



3.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISEÑO EXPERIMENTAL	58
3.6.	VARIABLES DE RESPUESTA	59
3.6.1.	Características agronómicas	59
3.6.1.1.	Número de días al 50% de floración (d).....	59
3.6.1.2.	Número de días al 50% de madurez fisiológica (d).....	59
3.6.1.3.	Altura de planta (cm)	60
3.6.1.4.	Diámetro de tallo (mm)	60
3.6.1.5.	Longitud de panoja (cm).....	60
3.6.1.6.	Diámetro de panoja (mm).....	60
3.6.2.	Características morfológicas	60
3.6.2.1.	Color de panoja en floración (escala)	60
3.6.2.2.	Color de panoja en madurez fisiológica (escala).....	61
3.6.2.3.	Forma de panoja (escala)	61
3.6.2.4.	Densidad de panoja (escala)	61
3.6.3.	Características de rendimiento	61
3.6.3.1.	Peso de 1000 granos (g).....	61
3.6.3.2.	Diámetro de grano (mm)	61
3.6.3.3.	Peso de grano por planta (g).....	62
3.6.3.4.	Rendimiento de grano por hectárea (kg/ha).....	62
3.6.3.5.	Peso de biomasa por planta (g).....	62
3.6.3.6.	Índice de cosecha (%).....	62
3.6.4.	Evaluaciones de factores bióticos adversos	63
3.6.4.1.	Comportamiento al Mildiu (escala)	63
3.6.4.2.	Daño ornitológico (escala).....	63



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	EVALUACIÓN DE CARÁCTERES AGRONÓMICOS	64
4.1.1.	Floración	64
4.1.2.	Madurez fisiológica.....	67
4.1.3.	Altura de planta	70
4.1.4.	Diámetro de tallo.....	73
4.1.5.	Longitud de panoja.....	76
4.1.6.	Diámetro de panoja	78
4.2.	EVALUACIÓN DE CARÁCTERES MORFOLÓGICOS.....	80
4.2.1.	Color de panoja en floración	80
4.2.2.	Color de panoja en madurez fisiológica.....	80
4.2.3.	Forma de panoja.....	81
4.3.	EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO	83
4.3.1.	Peso de 1000 granos.....	83
4.3.2.	Diámetro de grano.....	86
4.3.3.	Peso de grano por planta	89
4.3.4.	Rendimiento de grano (kg/ha).....	91
4.3.5.	Peso de biomasa por planta	93
4.3.6.	Índice de cosecha	95
4.4.	EVALUACIÓN DE FACTORES BIÓTICOS ADVERSOS	97
4.4.1.	Comportamiento al Mildiu	97
4.4.2.	Daño por aves.....	98
V.	CONCLUSIONES.....	100
VI.	RECOMENDACIONES.....	101



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS.....	113

ÁREA: Ciencias agrícolas

TEMA: Manejo agronómico de cultivos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 de agosto del 2022.



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distancia de similitud genética de ocho variedades de quinua.	45
Figura 2. Localización del campo experimental en el C.E José Arze Borda - Camacani - 2019-2020.....	47
Figura 3. Temperaturas máximas, medias y mínimas, 2019-2020.	50
Figura 4. Precipitación pluvial mensual, 2019 – 2020.....	51
Figura 5. Registro de Humedad Relativa (%), 2019-2020.....	52
Figura 6. Comportamiento de días a la floración de líneas genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	66
Figura 7. Comportamiento de días a la madurez fisiológica de líneas genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	69
Figura 8. Comportamiento de altura de planta de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	72
Figura 9. Comportamiento del diámetro de tallo de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	75
Figura 10. Comportamiento de longitud de panoja de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	78
Figura 11. Promedio de los tratamientos sobre diámetro de panoja en líneas, parcelas y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019- 2020.	79
Figura 12. Comportamiento de peso de 1000 granos de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	85
Figura 13. Comportamiento de diámetro de grano de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	88



Figura 14.	Comportamiento de peso de grano por planta de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	91
Figura 15.	Comportamiento de rendimiento de grano (kg/ha) de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	93
Figura 16.	Comportamiento de peso de biomasa por planta en líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	95
Figura 17.	Comportamiento del índice de cosecha de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	97



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cruzas dobles de híbridos F1 distantes y cercanos genéticamente, flores polinizadas y semillas híbridas dobles obtenidas.....	46
Tabla 2. Medidas del campo experimental del C.E José Arze Borda - Camacani correspondiente a la campaña agrícola 2019-2020.....	48
Tabla 3. Características físicoquímicas del campo experimental.	49
Tabla 4. Parámetros Promedio Mensual de datos meteorológicos durante el desarrollo experimental, según SENAMHI, de la Estación Rincón de la Cruz-Acora.....	50
Tabla 5. Líneas de quinua procedentes de cruzas dobles, con sus genitores y testigo, 2019-2020.....	53
Tabla 6. Malezas encontradas en el campo experimental de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) 2019-2020.....	56
Tabla 7. Análisis de varianza para días a la floración de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	64
Tabla 8. Prueba de Tukey para días a la floración y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	65
Tabla 9. Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	67
Tabla 10. Prueba de Tukey para días a la madurez fisiológica y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	68



Tabla 11. Análisis de varianza para altura de planta de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	70
Tabla 12. Prueba de Tukey para altura de planta (cm) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	71
Tabla 13. Análisis de varianza para diámetro de tallo de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	73
Tabla 14. Prueba de Tukey para diámetro de tallo (mm) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	74
Tabla 15. Análisis de varianza para longitud de panoja de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	76
Tabla 16. Prueba de Tukey para longitud de panoja y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	77
Tabla 17. Análisis de varianza para diámetro de panoja de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	79
Tabla 18. Características morfológicas de color de panoja en floración y madurez fisiológica, forma y densidad de panoja, de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	82
Tabla 19. Análisis de varianza para peso de 1000 granos de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	83



Tabla 20. Prueba de Tukey para peso de 1000 granos (g) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	84
Tabla 21. Análisis de varianza para diámetro de grano de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	86
Tabla 22. Prueba de Tukey para diámetro de grano (mm) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	87
Tabla 23. Análisis de varianza para peso de grano por planta de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	89
Tabla 24. Prueba de Tukey para peso de grano por planta (g) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	90
Tabla 25. Análisis de varianza para rendimiento de grano en kg/ha de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	91
Tabla 26. Prueba de Tukey para rendimiento de grano (kg/ha) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	92
Tabla 27. Análisis de varianza para peso de biomasa por planta de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	93



Tabla 28. Prueba de Tukey para peso de biomasa por planta (g) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	94
Tabla 29. Análisis de varianza para índice de cosecha de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y 1 testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.	95
Tabla 30. Prueba de Tukey para índice de cosecha (%) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), 2019-2020.....	96
Tabla 31. Evaluación de factores bióticos adversos, Mildiu y daño por aves de las líneas de líneas, genitores y testigo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).	99



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

%	: Porcentaje
(ColxKca)x(SalxCol)	: Negra Collana x Kcancolla x Salcedo INIA x Negra Collana
(HuaxKca)x(PasxKca)	: Huariponcho x Kcancolla x Pasankalla x kcancolla
(HuaxKca)x(SalxHua)	: Huariponcho x Kcancolla x Salcedo INIA x Huariponcho
(SalxCol)x(SalxPan)	: Salcedo INIA x Negra Collana x Salcedo INIA x Pandela Rosada
(SalxHua)x(PasxKca)	: Salcedo INIA x Huariponcho x Pasankalla x Kcancolla
*	: Significativo
**	: Altamente Significativo
ANOVA	: Análisis de varianza
C.V.	: Coeficiente de Variabilidad
D.R.A.P	: Dirección Regional Agraria Puno
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
n.s	: No significativo
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
SIG<0.05	: Significancia alfa 0.05



RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental José Arze Borda - Camacani de la UNA-Puno, en el periodo 2019-2020, con el objetivo de evaluar las características agronómicas, morfológicas y rendimiento de grano de 18 líneas procedentes de cruzas dobles genéticamente cercanas y distantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), según la metodología propuesta por Bioversity International (2013). El estudio fue conducido bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y 1 testigo) y 3 repeticiones donde de acuerdo a los principales resultados se obtuvo, en características agronómicas, precocidad destacó la línea (SalxHua)x(PasxKca)99 con 142 días ; longitud y diámetro de panoja sobresalieron las líneas (SalxHua)x(PasxKca)99 con 54.80cm y (SalxCol)x(SalxPan)31 con 72.17mm; en altura de planta la línea (HuaxKca)x(PasxKca)2 con 125.3 cm, aunque fue superado por el testigo ATP con 1389 cm; y en diámetro del tallo la línea (HuaxKca)x(PasxKca) registró 14.50mm siendo superado por el genitor PAN 17.5 mm; Las líneas con mayor rendimiento de grano por hectárea son (SalxHua)x(PasxKca)99 con 6583.67 kg/ha y (HuaxKca)x(SalxHua)108 con 5344.33 kg/ha; en rendimiento de biomasa, resaltó la línea (SalxHua)x(PasxKca)123 con 92.50 g; en índice de cosecha, línea (HuaxKca)x(Salx Hua)123 alcanzó 47%, seguido de la cruza (HuaxKca)x(PasxKca)58 con 46%. ambos con alto potencial de rendimiento de grano. Las características del mejor ideotipo corresponde a la línea (SalxHua)x(Pas x Kca)99 por su rendimiento de grano de 6583.67 kg/ha, índice de cosecha de 39.67% y por ser precoz de 142 días, lo que constituyen el valor agronómico más importante de una variedad exigida por los agricultores.

Palabras clave: Quinoa, Cruzas dobles, líneas, rendimiento, ideotipo.



ABSTRACT

The present research was carried out at the José Arze Borda - Camacani Experimental Center of the UNA-Puno, in the period 2019-2020, with the objective of evaluating the agronomic, morphological and grain yield characteristics of 18 lines from genetically close and distant double crosses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), according to the methodology proposed by Bioversity International (2013). The study was conducted under a Randomized Complete Block design with 25 treatments (18 lines, 6 parents and 1 control) and 3 replicates where, according to the main results, in agronomic characteristics, precocity stood out the line (SalxHua)x(PasxKca)99 with 142 days; in length and panicle diameter stood out the lines (SalxHua)x(PasxKca)99 with 54.80cm and (SalxCol)x(SalxPan)31 with 72.17mm; in plant height the line (HuaxKca)x(PasxKca)2 with 125.3 cm, although it was surpassed by the control ATP with 1389 cm; and in stem diameter the line (HuaxKca)x(PasxKca) registered 14.50 mm being surpassed by the PAN genitor 17.5 mm; The lines with the highest grain yield per hectare are (SalxHua)x(PasxKca)99 with 6583.67 kg/ha and (HuaxKca)x(SalxHua)108 with 5344.33 kg/ha; in biomass yield, the line (SalxHua)x(PasxKca)123 stood out with 92.50 g; in harvest index, line (HuaxKca)x(Salx Hua)123 reached 47%, followed by the cross (HuaxKca)x(PasxKca)58 with 46%, both with high grain yield potential. The characteristics of the best ideotype corresponds to the line (SalxHua)x(Pas x Kca)99 for its grain yield of 6583.67 kg/ha, harvest index of 39.67% and for being precocious of 142 days, which constitute the most important agronomic value of a variety demanded by farmers.

Keywords: Quinoa, double crosses, lines, yield, ideotype.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) un cultivo andino domesticado hace miles de años por antiguas culturas de la región andina de Sud América (Gómez y Aguilar, 2016). En la actualidad está alcanzando importancia mundial por su elevado contenido de proteínas y balance óptimo de aminoácidos esenciales, calificado por la FAO como el mejor alimento nutraceutico y orthomolecular para la humanidad (Mujica, 2014).

La quinua fue seleccionada por la FAO como uno de los cultivos idóneos a ofrecer seguridad alimentaria en el siglo venidero (Jacobsen, 2003). Puesto que desafía una amplia adaptabilidad a condiciones climáticas y edáficas, desde Bolivia a los 4.500 m de altitud, hasta el nivel del mar en Chile (Vega *et al.*, 2010). Por otra parte, se espera que la producción de alimentos enfrente desafíos ante el incremento demográfico y al cambio climático (FAO, 2017). En este contexto, el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se presenta como una alternativa precisa por su amplia variabilidad genética, la cual le permite adaptarse a múltiples pisos agroecológicos, desarrollarse en climas bajo condiciones extremas de sequía, salinidad y diferentes tipos de suelo. Sin embargo, su baja tolerancia al calor, ha sido reportada en las siembras de costa y en otras partes del mundo donde su cultivo se ha introducido (Bazile *et al.*, 2016).

Ante ello es necesario alcanzar mediante el mejoramiento genético de cultivos, a través de la selección, un genotipo de quinua que posea el ideotipo adecuado para nuestra región, refiriéndose como ideotipo a un conjunto de cualidades asociadas con el rendimiento y la adaptabilidad a distintas condiciones edafoclimáticas, selección que debe realizarse mediante la caracterización agromorfológica (Chopra, 2014).



Por las consideraciones expuestas, el presente trabajo de investigación de caracterización agromorfológica y rendimiento de 18 líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruzas dobles distantes y cercanas genéticamente, en el Centro Experimental José Arze Borda Camacani Puno – Perú, procura realizar la identificación y selección de mejores ideotipos con características agronómicas, morfológicas y rendimiento de grano idóneas para las condiciones agroecológicas del altiplano peruano, los que contribuirán a mejorar la nutrición y la economía de las regiones vulnerables del país y del mundo, mediante la producción de quinua, aspectos que conllevaron a realizar la presente investigación.

1.1. OBJETIVO

1.1.1. Objetivo general

Realizar la caracterización agromorfológica y rendimiento de 18 líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruzas dobles distantes y cercanas genéticamente, seleccionando líneas con mejor ideotipo con respecto al rendimiento, en el C.E. José Arze Borda Camacani Puno – Perú.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar caracteres agronómicos de 18 líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruzas dobles distantes y cercanas genéticamente.
- Evaluar caracteres morfológicos de 18 líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruzas dobles distantes y cercanas genéticamente.
- Determinar el rendimiento de grano de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), genitores y su testigo.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Cultivo de quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta dicotiledónea perteneciente a la familia *Amarantaceae*; cultivo que se extendió por todo el mundo pues posee un alto valor nutricional (Chura *et al.*,2019). Cultivo andino domesticado hace miles de años por antiguas culturas de la región andina de Sud América (Gómez y Aguilar, 2016).

Mujica *et al.* (2013), afirman que la planta de quinua es erguida, alcanza alturas variables desde 0.5 a 3 m, que dependen del tipo de quinua, genotipos, condiciones ambientales, densidad de siembra y fertilidad de los suelos; las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4 000 msnm y de zonas frías, en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas, está clasificada como planta C3. Así mismo mencionan que la planta de quinua, es herbácea, anual, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en las diferentes zonas agroecológicas donde se la cultiva, fue utilizada como alimento desde tiempos inmemoriales.

Su gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones de clima y suelo y su resaltante adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos, hace que se puede cultivar en zonas con humedades relativas desde 40% hasta 88% y soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C, así mismo, es eficiente en el uso del agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a



200 mm (PROINPA, 2011). Esta capacidad de fácil adaptación puede deberse a su alta variabilidad genética.

Actualmente este cultivo viene siendo estudiado a nivel mundial por sus inherentes cualidades nutricionales y se presenta como un cultivo alternativo al constante cambio climático, por su adaptabilidad, valor nutricional y diversidad genética (EL-Harty *et al.*, 2001).

2.1.2. Domesticación

Es un proceso por el cual una determinada especie vegetal o animal puede llegar a desarrollar cambios en su morfología, fisiología o en su comportamiento, estos cambios pueden darse de manera natural por medio de la adaptabilidad que sucederá a lo largo de un proceso de varios años o puede llevarse a cabo mediante la selección artificial donde interviene la mano del hombre (Larson y Fuller, 2014).

A lo largo del proceso de domesticación de la quinua y como producto de la actividad humana, se evidenció un amplio rango de modificaciones morfológicas. Las que se presentan como, incremento del tamaño de la planta y la semilla, condensación de la inflorescencia en el extremo terminal de la planta, reducción de la testa, pérdida de la dormancia para la germinación, pérdida de los mecanismos de dispersión de la semilla, y altos niveles de pigmentación, traduciéndose al producto actual, en una planta de quinua de alta producción de semillas de colores claros, lo que devela que su domesticación inició hace varios miles de años mediante la selección y cultivo de esta especie. Los parientes más cercanos y también los posibles progenitores, muestran aun estas características silvestres (Mujica *et al.*, 2013). Por ello, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cuenta con mecanismos de adaptación, dotándola de la capacidad de adaptarse a



las diferentes condiciones agroecológicas; según Bazile *et al.* (2016) la quinua fue domesticada hace más 7000 años en los Andes.

Así mismo, Mujica (2015) menciona que la quinua es originaria de las orillas del lago Titicaca, extendiéndose por todo el altiplano y los valles interandinos donde fue domesticada y mejorada por diferentes grupos humanos y culturas que la utilizaron.

2.1.3. Importancia

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo andino tradicional que está tomando cada vez más atención mundial, debido a su alto valor nutricional y resaltante adaptabilidad a diferentes ambientes (Razzaghi *et al.*,2015).

La quinua poseedora de su capacidad para la producción de granos ricos en proteínas (que contiene amplias cantidades de aminoácidos esenciales como lisina y metionina), minerales importantes (Ca, P, Mg, Fe y Zn), vitaminas (B1, B9, C y E), aceites (que contienen grandes cantidades de linolenato y antioxidantes naturales), bajo condiciones ecológicamente extremas hace que sea importante para la diversificación de los futuros sistemas agrícolas (Bastidas *et al.*, 2016). Debido a una amplia diversificación en términos de sus hábitats nativos, la quinua se caracteriza por una extraordinaria resistencia al estrés ambiental abiótico y biótico (Hussin *et al.*, 2017).

Por su potencial como cultivo nutritivo y resistente fue reconocido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que declaró el año 2013 como el Año Internacional de la Quinua (Bazile *et al.*,2016). Debido a su riqueza nutricional y el alto nivel de adaptabilidad en ambientes marginales, la quinua fue introducida en varias áreas fuera de su origen como cultivo comercial no convencional, con informes demostrando una adaptación aceptable en Estados Unidos, Canadá, Italia, Marruecos, India y Egipto (Eisa *et al.*,2017).



2.1.4. Valor nutritivo

(*Chenopodium quinoa* Willd.) es conocida por su alta calidad nutricional, denominada por los investigadores como un alimento funcional. El contenido de proteína de la quinua generalmente varía entre el 12 y el 17%, y está influenciado por factores como la variedad, fertilidad del suelo y medio ambiente (Rojas *et al.*,2014). También carece de gluten y, por lo tanto, las personas con alergias al gluten o enfermedad celíaca pueden comerla de manera segura menciona Zevallos *et al.* (2013).

2.1.5. Posición taxonómica

Como específica Giusti (1970) citado por Mujica *et al.* (2000), la quinua pertenece a la familia Amaranthaceae, género *Chenopodium* que es el principal dentro de la familia Chenopodiaceae con amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies. Dichos autores mencionan que este cultivo fue descrito por primera vez por el científico alemán Luis Christian Willdenow, y tiene la siguiente posición taxonómica.

Reino : Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Sub familia: Chenopodioideae

Tribu: Chenopodieae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium quinoa* Willd.



2.1.6. Botánica de la quinua

La quinua es una planta herbácea anual, dicotiledónea de amplia dispersión geográfica, con características particulares en su morfología y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva (Apaza *et al.*, 2013).

2.1.6.1. Raíz

Posee raíz pivotante vigorosa, profunda, ramificada y fibrosa, la cual probablemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta (Mujica, 1977); alcanza longitudes variables en casos de sequía hasta 1,80 m de profundidad, posee a su vez numerosas raíces laterales, sus raicillas o pelos absorbentes nacen a distintas alturas y en algunos casos son tenues y muy delgadas (Mujica *et al.*, 2013); es fuerte, excepcionalmente se observa el vuelco por efecto del viento, excesiva humedad después de un riego o su propio peso según Gandarillas (1979). La profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta. Se han podido detectar plantas de 1,70 m de altura con una raíz de 1,50 m, y plantas de 90 cm con una de 80 cm (Pacheco y Morlon, 1978) citado por (Gandarillas, 1979).

2.1.6.2. Tallo

El tallo posee forma cilíndrica en el cuello de la planta y a medida que se aleja del suelo toma una forma angulosa, en las partes en la que se forman las ramificaciones. Su corteza es firme y compacta debido a los tejidos lignificados (Mujica *et al.*, 2013).

El color puede variar en la floración puede ser verde, verde-amarillo, naranja, rojo o púrpura, con presencia de estrías de colores variables, dependiendo de cada variedad. Muchas veces algunos aspectos como el color del tallo, estrías y axilas pueden ayudarnos a identificar una variedad, durante la madurez fisiológica se torna de una



coloración crema-rosado con diferentes tonalidades (Chura *et al.*, 2019). El tallo puede ser de tipo simple (ecotipos del altiplano) o ramificado (ecotipos de valle) lo que es influido por la densidad de siembra y fertilidad del suelo (Bonifacio, 2006). Además, Emrani *et al.* (2020), manifiestan que el color del tallo está siendo representado por genes dominantes que expresan el color.

2.1.6.3. Hojas

La hoja está formada por el peciolo y la lámina, estos peciolo son largos, finos y acanalados. Los que nacen directamente del tallo son más largos y los de las ramas primarias más cortos (Tapia *et al.*, 1979). Las hojas de quinua poseen formas rómbicas triangulares dentadas, poco carnosas con numerosas glándulas globulares en el haz y en el envés, que tienen la función de proporcionar un color blanquecino en la parte del haz (Portilla, 1955). La coloración de la hoja es variable desde verde, rosado, rojo y púrpura y puede medir hasta 15 cm de largo por 12 cm de ancho, con nervadura visibles que nacen del peciolo, existen genotipos que poseen abundante cantidad de hojas caso quinuas de valle y otras con menor cantidad (Mujica *et al.*, 2013).

Las hojas pueden poseer márgenes enteros, dentados o aserrados; el número de dientes puede ser variable de 3 a 20; las hojas y las partes tiernas de la planta están generalmente cubiertas con una pubescencia vesicular-granular blanca, rosada o púrpura esta característica contiene oxalato de calcio capaz de absorber agua del medio ambiente e incrementar la humedad relativa de la atmosfera que rodea las hojas influenciando el comportamiento de las células guarda de las estomas. A la madurez las láminas se tornan amarillas, naranja, rosadas, rojas o púrpura (Gómez y Aguilar, 2016).



2.1.6.4. Inflorescencia

El cultivo de la quinua posee una panoja típica, formada por un eje central, secundarios y terciarios con pedicelos que sostiene a los glomérulos. El eje principal está más desarrollado que las ramificaciones secundarias. Los glomérulos por panoja pueden variar en número de 80 a 120 y el número de semilla por panoja de 100 a 3000, encontrando panojas de mayor tamaño que rinden hasta 500 gramos de semilla por inflorescencia (Zanabria y Mamani, 2017), La panoja cuenta con una longitud variable de 15 a 70cm como mencionan Gómez y Aguilar (2016), éstas generalmente están dispuesta en el ápice de la planta y en el ápice de las ramas, de acuerdo al desarrollo del eje principal en función a los secundarios se puede determinar si es de tipo laxa (amarantiforme) o compacta (glomerulada) existiendo formas intermedias entre ambas (Apaza *et al.*, 2013).

2.1.6.5. Flores

La quinua posee gran número de flores muy pequeñas (3-4 mm) las que se agrupan para formar la inflorescencia (Ward, 2000). Son incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos; Pueden ser hermafroditas, pistiladas, (femeninas) y andro estériles, en general se indica que tiene 10% de polinización cruzada (Apaza *et al.*, 2013); sin embargo, en algunas variedades (Kcancolla) alcanza hasta el 80 % de polinización, Poseen habito tanto autógeno como alógamo (Mujica y Chura, 2012).

Las flores pueden presentar en general un perigonio sepaloide con 5 sépalos de color verde, un androceo con 5 estambres cortos, curvos de color amarillo y filamentos cortos también posee un gineceo con estigma central plumoso y con dos a tres ramificaciones estigmáticas, cuenta con un ovario elipsoidal, súpero, unilocular, las flores



hermafroditas en el glomérulo son apicales y sobresalen a las pistiladas (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.6.6. Fruto

Gandarillas (1979), menciona que el fruto es un aquenio cubierto por el perigonio, del que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco. El fruto puede ser de forma cónica, cilíndrica, elíptica y de tamaño variable, está formada por el pericarpio, epispermo, endospermo y el embrión, constituyendo este última cerca del 60% del volumen total (Mujica, 1989); el pericarpio puede ser de color translucido, blanco, amarillo, naranja, rosa, rojo, café, gris o negro (Lescano, 1981).

2.1.6.7. Semilla

La semilla es el fruto maduro desprovisto de perigonio, posee forma lenticular, elipsoidal, esferoidal o cónica, cuenta con tres secciones, la primera el epispermo, en ello se encuentra la saponina que le da el sabor amargo al grano y su adherencia varía según el genotipo; seguida por el embrión, éste está formado por dos cotiledones y la radícula que constituyen el 30% del volumen total de la semilla y envuelve a la epispermo como un anillo y finalmente el perisperma siendo el principal tejido de almacenamiento, está constituido principalmente por almidón ocupando un 60 % del volumen de la semilla (Apaza *et al.*, 2013).

2.1.7. Fenología del cultivo

La fenología del cultivo son cambios externos que inician desde la germinación hasta la formación de las semillas las cuales interactúan con las condiciones ambientales refieren Mujica y Canahua (1989).



Montes y Rojas *et al.* (2018) hacen mención que la fenología del cultivo se encuentra estrictamente ligada a las condiciones medio ambientales existentes durante el desarrollo del cultivo; La quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciadas, las cuales permiten identificar cambios que ocurren durante el desarrollo de las plantas y proporcionan el tiempo adecuado para realizar propagaciones, labores culturales, riego, control de plagas y enfermedades, así mismo identificar épocas críticas del cultivo. Se han determinado 14 fases fenológicas (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.1. Germinación

La germinación de las semillas de quinua puede darse rápidamente en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura, la radícula es la primera estructura en emerger la cual se alarga hacia abajo dentro del suelo iniciando la formación del sistema radicular, seguido de la formación del hipocótilo que crece de forma ascendente atravesando el suelo donde inicia el proceso de la fotosíntesis (Mujica *et al.*, 2013).

Zanabria y Mamani (2017), mencionan que los cotiledones son elevados a la superficie protegidos por el epispermo y perigonio, dando la apariencia de mostrar la semilla encima del talluelo facilitando el consumo por las aves, por la succulencia de los cotiledones.

2.1.7.2. Dos hojas verdaderas

Esta fase fenológica tiene como característica la aparición de dos hojas extendidas que poseen forma romboidal, proceso que se suscita a los 15 a 20 días después de la siembra, esta fase es propicia para la presencia de insectos cortadores de plantas tiernas como son *Feltia experta*, *Copitarsia turbata*, *Agrotis ypsilon* (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.3. Cuatro hojas verdaderas

En esta fase se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde y el botón foliar, las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; puede ocurrir a los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía; sin embargo es muy susceptible al ataque de insectos masticadores de hojas como *Epitrix subcrinita* y *Diabrotica de color* (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.4. Seis hojas verdaderas

En esta fase fenológica se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, a su vez en esta etapa las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento y algo flácidas, se notan ya las hojas axilares, ocurre de los 35 a 45 días después de la siembra, en esta fase se observa la protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, en respuesta a la presencia de bajas temperaturas durante la noche, stress por déficit hídrico o stress salino; así mismo durante el día en presencia de viento (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.5. Ramificación

La ramificación se inicia con ocho hojas verdaderas extendidas, con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, en esta etapa las hojas cotiledonales se desprenden dejando cicatrices en el tallo, también se nota la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar desprotegida la panoja, este proceso se da aproximadamente a los 45 a 50 días después de la siembra., es susceptible a bajas temperaturas las que pueden afectar el desarrollo de la planta. En esta fase se realiza en aporque y fertilización complementaria (Mujica *et al.*, 2013). También en esta etapa el área foliar se incrementa significativamente y se puede tener problemas con insectos cortadores de hojas y enfermedades foliares como el mildiu (Gómez y Aguilar, 2016).



2.1.7.6. Inicio de panojamiento

En esta fase se aprecia que la inflorescencia emerge del ápice de la planta con presencia de aglomeración de hojas pequeñas a su alrededor, las cuales van cubriendo la panoja en sus tres cuartas partes; también se encuentran cubiertas de cristales de oxalato de calcio, ello ocurre de los 55 a 60 días después de la siembra, en esta fase se puede observar el amarillamiento de las dos primeras hojas verdaderas, se produce el engrosamiento y elongación significativa del tallo. Se menciona que en esta etapa ocurre el ataque de la primera generación de *Eurisacca quinoae* Polvony “Qhona qhona” formando nidos, y minando las hojas (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.7. Panojamiento

Empieza seguido del inicio de panojamiento donde la inflorescencia sobre sale vistosamente por encima de las hojas superiores de la planta, notándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados sobre todo los apicales que corresponderán a las flores pistiladas, esta etapa ocurre de los 65 a 70 días de la siembra; (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.8. Inicio de floración

Fase donde la flor hermafrodita apical inicia su apertura mostrando los estambres separados, donde se observa a simple vista las anteras de coloración amarilla intensas y brillantes, proceso que ocurre a los 75 a 80 días después de la siembra, en esta fase el cultivo es bastante sensible al stress hídrico y bajas temperaturas (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.9. Floración o antesis

Esta fase se da posterior al inicio de floración; donde se observa el 50% de las flores de la inflorescencia principal abiertas, esto ocurre de los 90 a 100 días después de



la siembra, esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, su dinámica es la apertura de sus flores al medio día y se cierran al atardecer, se puede observar a la vez la presencia de hoja inferiores amarillentas, menos activa fotosintéticamente las cuales son eliminadas paulatinamente (Mujica *et al.*, 2013). De acuerdo con Zanabria y Mamani (2017) las plantas de quinua expuestas a temperaturas que superan los $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ pueden sufrir abortos florales, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas.

2.1.7.10. Grano acuoso

Fase de inicio de formación de la semilla después de ser fecundada, donde los frutos de la panoja están recientemente formados, se puede identificar presionando con las uñas de los dedos notando una consistencia acuosa, algo espesa de color transparente, lo que ocurre de los 95 a 100 días después de la siembra, siendo muy corto este periodo (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.11. Grano lechoso

Se da cuando los frutos se encuentran en los glomérulos de la panoja, al presionarlos con las uñas los frutos explotan y expulsan un líquido lechoso, lo que caracteriza a esta fase fenológica, la cual acontece a los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el cultivo requiere de cantidades adecuadas de agua, para prevenir el déficit hídrico, ya que podría afectar al óptimo rendimiento, disminuyéndolo drásticamente (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.12. Grano pastoso

El estado de grano pastoso es considerado cuando los frutos al ser presionados muestran una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de



la siembra, en esta fase se presenta el ataque de la segunda generación de “Qhona qhona” (*Eurissacca quinoae*) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano (Mujica y Canahua, 1989).

2.1.7.13. Madurez fisiológica

Mujica *et al.* (2013) destacan que en esta fase el grano formado al ser presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el período de llenado del grano, a la vez en esta fase ocurre el amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación. Según Gomez y Aguilar (2016) en ésta etapa la quinua es susceptible a la mancha bacteriana (*Pseudomonas spp*).

2.1.7.14. Madurez de cosecha

en esta etapa se procede a realizar la cosecha y el emparvado debido a que los granos contenidos en las panojas pierden la suficiente humedad para facilitar la trilla y el desprendimiento del grano contenido dentro del perigonio (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.8. Requerimientos edafoclimáticos

2.1.8.1. Suelo

La quinua prospera en una amplia gama de condiciones de suelo desde zonas áridas a regiones húmedas (Zurita *et al.*, 2014). Puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelo, prefiere suelos con buen drenaje francos, semi profundos con un alto contenido de materia orgánica (Gómez y Aguilar, 2016).



Mujica *et al.* (2000). Afirman que el cultivo de quinua requiere buen drenaje, pendientes moderadas y contenido de nutrientes, puesto que es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco potasio. El exceso de humedad por un periodo de 4 a 7 días afectará el desarrollo de la planta, pudiendo ocasionar hasta la muerte del cultivo, se menciona que la quinua es un cultivo rustico y que puede producir en suelos pobres, pero con rendimientos bajos (Tapia y Fries, 2007).

2.1.8.2. pH

Los pH de 5 a 9 son adecuados para el cultivo de quinua, existiendo ecotipos adaptables a diversos niveles de salinidad y agua de riego (Roqueiro *et al.*, 2020). El pH del suelo puede ser neutro o ligeramente alcalino existiendo variedades que soportan hasta pH 8 propios de los salares de Bolivia considerados halófitos a su vez se ha detectados quinuas de suelos ácidos pH 4.5 en Michi quillay, Cajamarca, Perú (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.8.3. Clima

La quinua se adapta a diferentes climas, por su amplia variabilidad genética, desde el desértico caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta la Ceja de Selva con mayor humedad relativa y sorprendentemente a la puna y zonas de grandes altitudes Mujica *et al.* (2013) así mismo añaden que la resistencia ontogénica a la sequía y al frío es muy variable, pudiendo encontrar ecotipos resistentes a -8°C y lograr sobrevivir hasta 20 días posterior al punto de marchitez permanente.



2.1.8.4. Temperatura

La temperatura óptima de crecimiento y desarrollo del cultivo de quinua está alrededor de 15 a 20 °C; sin embargo, desarrolla a temperaturas de 10 °C, temperaturas medias y altas de hasta 25 °C; Se ha determinado que posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas pudiendo soportar hasta menos 8 °C en determinadas fases fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación, sin embargo, son más susceptible en la fase de floración y llenado de grano (Roqueiro *et al.*, 2020). Tanto las bajas como las altas temperaturas originan esterilidad del polen y afectan al desarrollo de la planta (Zanabria y Mamani, 2017).

2.1.8.5. Agua

La quinua se caracteriza por su eficiente uso del agua, ya que cuenta con mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten tolerar el déficit de humedad, así como también resistir a la falta de humedad del suelo, a la quinua se le encuentra creciendo y dando producciones aceptables con precipitaciones mínimas de 200-250 mm anuales (Tapia *et al.*, 2014).

2.1.8.6. Radiación

Es capaz de soportar radiaciones extremas en las zonas altas de los Andes, sin embargo, estas altas radiaciones permiten compensar las horas sol necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo, Carrasco (2016) sostiene a la vez que la radiación es importante, ya que regula la distribución de los cultivos sobre la superficie terrestre e influye en las posibilidades agrícolas de cada región.



2.1.8.7. Fotoperiodo

La quinua en su amplia variabilidad genética se encuentran genotipos de días cortos y de días largos y también genotipos indiferentes al fotoperiodo; en zonas de mayor producción de quinua el promedio de horas luz diarias requeridas es de 12.19, con un total anual de 146.3 horas al año (Roqueiro *et al.*, 2020). Las variedades del Altiplano de Perú y Bolivia y las quinuas del nivel del mar son las de menor sensibilidad al fotoperiodo y son las que tienen menor longitud del ciclo (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.8.8. Altitud

Típicamente la quinua se ha cultivado desde el nivel del mar hasta los 4 000 msnm, pero su mejor producción se ha logrado en el rango de 2.500 a 3.800 msnm (Mamani y Zanabria, 2017).

2.1.9. Genética de la quinua

Existen en las plantas dos tipos de reproducción, la primera la reproducción sexual, en la que existe recombinación genética que por lo general se realiza de forma natural en un ecosistema, este tipo de reproducción generan semillas que dan lugar a nuevos individuos, mediante transferencia de material genético, tanto del gameto masculino como el femenino, transfiriendo características de cada parental, tal que el hijo o progenie pueda heredar características o rasgos de cada padre, este proceso se origina cuando el grano de polen llega a la flor, mediante el tubo polínico, penetrando el ovario, donde se produce la fecundación, uniéndose los dos gametos, con su respectivo material genético, produciendo finalmente, semillas con características heredadas de cada parental.

El segundo tipo es la reproducción asexual, donde existe recombinación genética, consiste en que a partir de la célula de una planta se crea otra idéntica, debido al



procedimiento de mitosis, de esa manera solo existirá transferencia de un mismo material genético, lo que daría lugar a individuos haploides. En el caso de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), este cultivo realiza la reproducción sexual, y tiene un número de cromosomas somáticos igual a $2n = 4x = 36$ (Jarvis *et al.*, 2017; Mujica *et al.*, 2000; Gandarillas, 1979).

La diversidad genética de la quinua, está asociada con cinco ecotipos: Altiplano, en donde esta Perú y Bolivia; Valles Interandinos, comprendido por Colombia, Ecuador y Perú; Salares, tierras de Bolivia, Chile, Argentina y Yungas, ubicado en Bolivia, zonas costeras y tierras bajas de Chile (Jellen, 2014). Que a su vez está sometida a un proceso de selección y adaptación permanente a las condiciones ambientales cambiantes, constituye un amortiguador contra los cambios nocivos en el medio ambiente y materia prima necesaria para numerosas investigaciones científicas, industriales y su conservación es vista como una cuestión de seguridad.

Es nuestro recurso natural fundamental, limitado y perecedero que proporcionan la materia prima o genes que, debidamente utilizados o combinados por el hombre, permiten obtener nuevas y mejores variedades de plantas. Son fuente insustituible de características tales como adaptación, resistencia a enfermedades, plagas y productividad (Vallejo y Estrada, 2002).

2.1.10. Mejoramiento genético de la quinua

El fitomejoramiento busca crear plantas cuyo patrimonio hereditario esté de acuerdo con las condiciones, necesidades y recursos de los productores rurales, de la industria y de los consumidores, es decir de todos aquellos que producen, transforman y consumen productos vegetales (Vallejo y Estrada, 2002).



La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una alotetraploide con un número cromosómico de $2n = 4x = 36$ (Kolano *et al.*, 2016); posee un gran potencial agronómico, sin embargo, sigue siendo un cultivo infrautilizado, con muy pocos programas de mejoramiento genético en sus países de origen (Massawe *et al.*, 2016; Zurita-Silva *et al.*, 2014).

Murphy *et al.* (2016) afirman que la quinua está ganando importancia mundial debido a su excelente calidad de proteínas y tolerancia al estrés abiótico. En los últimos 60 años han visto grandes avances en la expansión de la producción y experimentación de cultivos de quinua, sumado a su amplia diversidad genética ha llevado a su versatilidad agronómica y su adaptación a diferentes tipos de suelo, particularmente suelos salinos, y ambientes con condiciones extremadamente variables en términos de humedad, altitud y temperatura.

La hibridación es uno de los métodos preponderantes de mejoramiento que consiste en la combinación de caracteres favorables existentes en variedades o accesiones diferentes con la finalidad de combinarlas en el híbrido y posteriormente a partir de la F2 aplicar métodos apropiados de selección para concentrar los caracteres favorables dispersos entre las accesiones en unas pocas líneas y/o variedades.

Como lo hace notar Gandarillas (1979), el método de hibridación ofrece buenas perspectivas para lograr objetivos como rendimiento, tamaño de grano, resistencia a enfermedades y otros caracteres importantes. Según Lescano (1994) la hibridación de la quinua puede llevarse a cabo entre plantas de diferentes variedades, ecotipo, accesiones y líneas avanzadas que se conoce como hibridación intervarietal o dentro de la especie. Este método implica la participación de dos genitores donde la planta madre es aquella en que se hace la emasculación y la planta padre es la que proporciona el polen para la



planta madre, esta forma de hibridación se conoce como cruzamiento planta a planta. Cuando las plantas cruzadas alcanzan la madurez fisiológica, se procede a cosechar individualmente cada planta y deben ser trilladas por separado conservando sus registros respectivos.

Según Mujica *et al.* (2013), señalan que el objetivo de mejoramiento genético en quinua debe ser precisamente mejorar la arquitectura de planta con una alta eficiencia productiva con panojas grandes y anchas, tallos gruesos y plantas de alturas medianas. Así mismo, Zurita *et al.* (2014), manifiestan que en este contexto la resistencia genética de las plantas se constituye en la mejor opción para elevar los rendimientos, asegurar alimentación para la población, generar ingresos económicos y mejorar el nivel de vida del productor de quinua.

Mujica *et al.* (2013) hacen mención que el proceso de la hibridación es el punto de partida para la obtención de variedades de quinua mejoradas genéticamente, con características agronómicas requeridas por el productor. A través del procedimiento de cruza simple y cruza dobles se obtendrán caracteres sobresalientes de la quinua y poder seleccionar las mejores.

2.1.11. Cultivares de quinua

2.1.11.1. Salcedo-INIA

La variedad fue lograda del cruce de las variedades Real Boliviana x Sajama, por selección masal del cruce dialélico de siete x siete, en la estación experimental de Salcedo-INIA (Programa de Investigación de Cultivos Andinos-PICA) se considera una variedad mejorada. Sus características principales son: planta de color verde, con inflorescencia glomerulada, con altura de planta de 1,80, de grano grande con diámetro de 1,8 a 2 mm, de color blanco, sin saponina, panoja glomerulada, periodo vegetativo 160



días, con de rendimiento 3 500 kg/ha, resistente a heladas (-2 °C), tolerante al mildiu. De gran adaptación a diferentes altitudes (3800 – 3900 msnm); se recomienda su cultivo en la zona circunlacustre de Juli, Pomata, Ilave, Pilcuyo y otros como la costa y valles interandinos según Mujica *et al.* (2013).

2.1.11.2. Huariponcho

Esta variedad se distingue por ser resistente a las granizadas y heladas, fue descubierta en el distrito de Taraco, esta quinua es amarga y suele ser más defensiva frente al ataque de las aves, tiene un potencial de rendimiento de 2 205 kg/ha, también se caracteriza por tener una panoja gruesa, con panoja glomerulada y de color púrpura en madurez fisiológica, el color de la semilla es amarillo, su ciclo vegetativo en condiciones de invernadero es de 145 días, lo cual puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales en que es sembrada (Reinoso y Paredes, 1998).

2.1.11.3. Pasankalla

INIA (2013), indica que el mejoramiento fue por selección de panoja en surco, a partir de la colecta ingresada al banco de germoplasma con el código PIQ031069 procedente de la localidad de Caritamaya, distrito de Acora, provincia de Puno en 1978. Grace (1985) afirma que la variedad ‘Pasankalla’ puede presentar plantas de tallo rojo y tallo blanco, el color de semilla es plomo, la altura de la planta alcanza hasta 88 cm y con un potencial de rendimiento grano es de 2 510 kg/ha. , contenido saponina (grano), su ciclo vegetativo promedio es de 170 días, en cuanto a la respuesta a factores bióticos y abióticos es susceptible a heladas (-2°C), al granizo susceptible, como también al ataque de aves; sin embargo es tolerante al mildiu (*Peronospora variabilis*), y los usos más frecuentes que se le da es para harina tostada, expandido, graneado, ideal para pasteles.



2.1.11.4. Kcancolla

Esta variedad fue seleccionada a partir del ecotipo local de la zona de Cabanillas - Puno, la planta presenta color verde, tamaño mediano alcanzando 80 cm de altura, de ciclo vegetativo tardío, más de 170 días, de grano blanco, tamaño mediano, con alto contenido de saponina, de panoja generalmente amarantiforme, resistente al frío, granizo y muy difundida en el altiplano peruano (Tapia *et al.*, 2000).

2.1.11.5. Negra Collana

Las investigaciones de Catacora y Canahua (1991), hacen referencia que la variedad “Negra Collana”, es resultado de las pruebas de identificación, adaptación y eficiencia desarrollados en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), y evaluaciones participativas en campo, con agricultores de las comunidades campesinas, Collana, Collpa, Cieneguilla, Vizcachani, Kallachoco y Corcoroni de los distritos de Cabana, Ilave, Mañazo y Pilcuyo de la Región Puno. Su adaptación y su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3 815 y 3 900 msnm, con clima frío seco, precipitación de 400 a 550 mm y temperatura de 4°C a 15°C, con un potencial de rendimiento de 3 010 kg/ha.

2.1.11.6. Pandela Rosada

Proviene de la zona Sur de Bolivia, es una variedad considerada precoz por su ciclo vegetativo (140 días), posee grano grande y amargo. Una desventaja de este genotipo es su alta susceptibilidad al mildiu, no es tolerante a las sequías, el color de grano una vez alcanzado su madurez fisiológica es de color marfil y su potencial de rendimiento es de 2 500 kg/ha (Tapia, 2000); (Mujica *et al.*, 2000).

2.1.11.7. Altiplano

La variedad altiplano fue liberada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en su Estación Experimental Agraria-EEA-IIIpa, en Puno. Se caracteriza principalmente por ser de grano grande, dulce y de color blanco, con peciolo color de verde, presenta panoja amarantiforme de color verde durante la floración, y en madurez fisiológica es de color blanco, además que proviene de variedades precoces, es resistente a sequias y tolerante al Mildiu, con un rendimiento comercial de 2.8 t/ha (Díaz, 2016).

2.1.12. Caracterización agromorfológica

2.1.12.1. Caracterización morfológica

La caracterización morfológica es un método determinante que nos permite cualificar y conocer la variabilidad genética del genoma de una determinada población, mediante su manifestación fenotípica, diferenciando taxonómicamente a las plantas y seleccionando los descriptores morfológicos más adecuados, que puedan discriminar de manera correcta al grupo de cultivos que se pretende caracterizar, de esta manera, posteriormente evaluarlas y coleccionar su información (Villarreal y Elias, 2013).

Para realizar una adecuada caracterización morfológica se toma en consideración conjuntos de caracteres para diferentes grupos de plantas de cultivo, para el grupo de cereales, las características más importantes a evaluar son color de la planta en floración, longitud de panoja, color del grano en madurez fisiológica, diámetro de grano, forma del fruto (Bhandari *et al.*, 2017).

Como afirma Romero (2021) la caracterización morfológica son los determinantes más fuertes del valor agronómico y la clasificación taxonómica, ampliamente usado en la



actualidad ya que las evaluaciones son directas, de bajo costo, fáciles y no requieren costosas tecnologías.

2.1.12.2. Caracterización agronómica

Una adecuada caracterización agronómica inicia de las características que tienen importancia económica como la calidad del grano, rendimiento, tolerancia al estrés abiótico y biótico (Joshi *et al.*, 2021). Por otra parte, Manjarres-Hernández *et al.* (2021) sostienen que las características más importantes son longitud de panoja, diámetro de panoja, rendimiento de grano por planta, peso de 1000 semillas, diámetro de grano, forma de la densidad de panoja y rendimiento de grano por planta. El uso de la caracterización agronómica es fundamental en los bancos de germoplasma, programas de mejoramiento genético, comparativos y en evaluaciones del comportamiento de variedades, correctamente realizados y documentados.

2.1.13. Cruzas dobles

Mujica (2014) destaca que los trabajos de Cruzas simples y dobles de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Puno, se iniciaron en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano, con la siembra de ocho variedades de quinua utilizados como genitores (1. Salcedo INIA (SAL), 2. Huariponcho (HUA), 3. Choclito (CHO), 4. Chullpi rojo (CHU), 5. Pasankalla (PAS), 6. Negra collana (COL), 7. Kcancolla (KCA), 8. Pandela rosada (PAN)), con cuatro repeticiones y tres fechas de siembra, distanciadas en una semana, para obtener polen viable y ovario receptivo. De las plántulas al estado de ocho hojas verdaderas, se obtuvieron hojas tiernas, que fueron desecadas con gel, una vez secas, fueron preparadas, identificadas y embolsadas siguiendo el protocolo para dicho fin, y determinado el valor de la similitud genética y distancias genéticas en la Universidad de Hohenheim (UHOH) – Alemania,

utilizando la metodología GBS (Genotyping by Sequencing) Elshire (*et al.*, 2011): citado por Mujica (2014) debido a una alta proporción de datos por pareja y exclusión de otros.

Por otro lado, Bustincio (2013), afirma que para realizar la interpretación de los resultados de análisis molecular de las ocho variedades de quinua se han reconocido y elegido a seis variedades las cuales separamos en dos grupos, las genéticamente más distantes y las genéticamente más cercanas. Los resultados indican que las accesiones más distantes son: Kcancolla con Huariponcho, Salcedo INIA con Huariponcho y Pasankalla con Kcancolla y las emparentadas: Kcancolla con Negra Collana, Salcedo-INIA con Pandela Rosada y Salcedo-INIA con Negra collana, como se muestra a continuación:

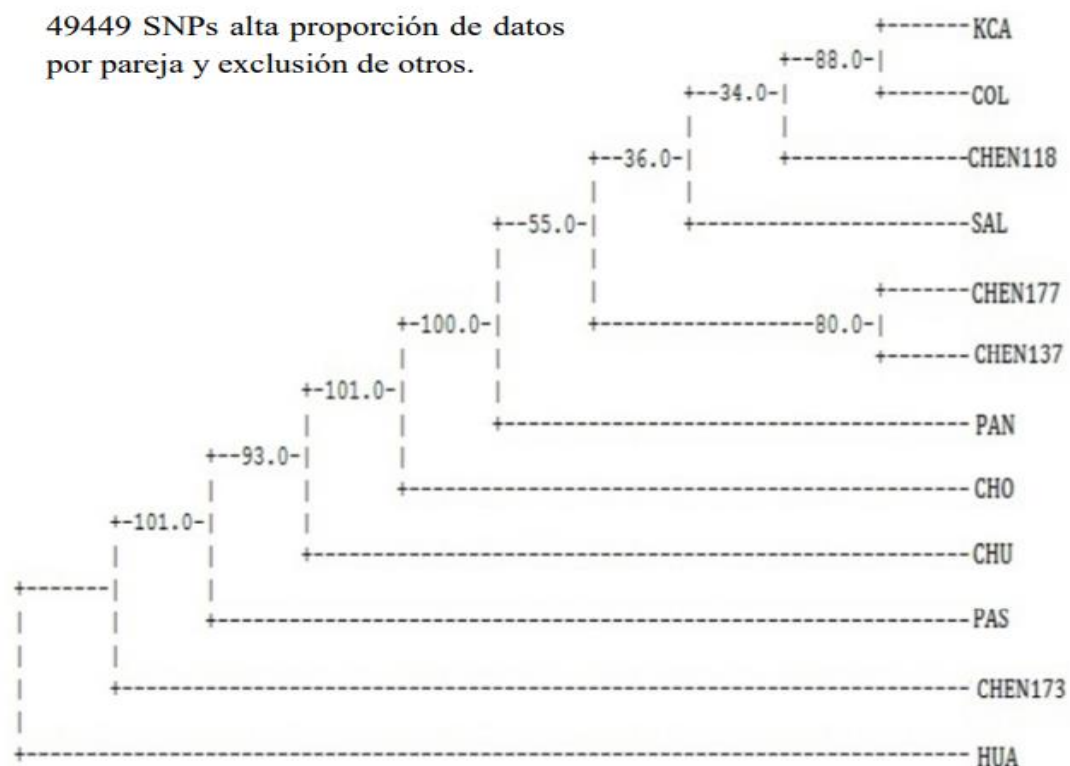


Figura 1. Distancia de similitud genética de ocho variedades de quinua.

Fuente: Lchthardt (2012), citado por Mujica (2014).



Posteriormente los seis híbridos F1 procedentes de cruzas simples 3 distantes y 3 cercanas, fueron sembradas en Puno, en tres fechas de siembra, del 30 de noviembre al 16 de diciembre del 2012, con cuatro repeticiones y al llegar a floración fueron hibridadas en invernadero del 02 de febrero al 10 de abril del 2013, obteniendo cruzas dobles, para disponer de mayor variabilidad y posteriormente efectuar autofecundaciones para obtener homocigosis y luego selección, disponiendo de semillas híbridas de cruzas dobles en total 397 semillas (236 distantes y 161 cercanas) que se muestra en la tabla N°1 incluido el número de flores polinizadas y semillas híbridas logradas, con un porcentaje promedio de 80,3% de semillas conseguidas después de la hibridación.

Tabla 1. Cruzas dobles de híbridos F1 distantes y cercanos genéticamente, flores polinizadas y semillas híbridas dobles obtenidas.

Cruzas seleccionadas	Flores polinizadas	Semillas obtenidas	%	Distancias genéticas
1. (2x7)X(1x2)	98	69	70.4	Distantes
2. (2x7)X(5x7)	77	70	90.9	Distantes
3. (1x2)X(5x7)	113	97	85.84	Distantes
1. (6x7)X(1x8)	44	29	65.9	Cercanas
2. (6x7)X(1x6)	68	44	64.7	Cercanas
3. (1x8)X(1x6)	94	88	93.61	Cercanas
Total	494	397		
Promedio			80.36	

Fuente: Mujica (2014).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIALES

3.1.1. Localización del proyecto

La presente investigación se realizó en el Centro Experimental (C.E.) José Arze Borda - Camacani de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, correspondiente a la campaña agrícola 2019-2020.

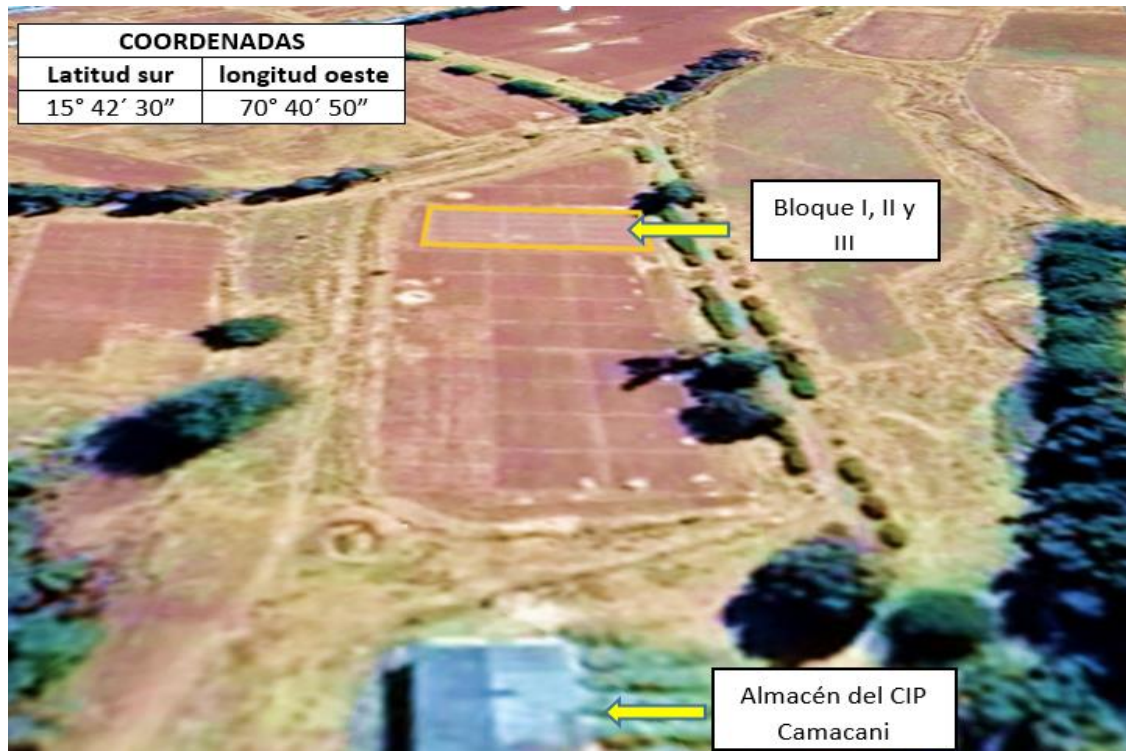


Figura 2. Localización del campo experimental en el C.E José Arze Borda - Camacani - 2019-2020.

El C.E. José Arze Borda - Camacani, se encuentra ubicado en el Departamento de Puno, Provincia de Puno y distrito de Platería, a 25 Km de la carretera panamericana sur Puno- Desaguadero. Localizada a una latitud Sur 15°56' 23" y longitud Oeste de 69°50' 13.5", a una altitud de 3850 msnm.

3.1.2. Características del campo experimental

Tabla 2. Medidas del campo experimental del C.E José Arze Borda - Camacani correspondiente a la campaña agrícola 2019-2020.

Medidas del campo experimental	
Descripción	Superficie abarcada
Número de bloques	3
Longitud de surco	3m
Ancho de surco	0.6m
Área neta de la parcela	7.2 m ²
Área neta del bloque	36 m ²
Área neta de calles	201 m ²
Área neta del experimento	540 m ²
Área total del experimento	741 m ²

3.1.3. Características edáficas

Como se muestra en la tabla 3 el campo experimental posee un suelo de textura franco – limoso, con un pH ligeramente ácido, no salino, con un contenido de nitrógeno y materia orgánica calificado como bajo, adecuada concentración de fósforo y potasio, con una conductividad eléctrica de 0.421 mmhos/cm. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Análisis de Suelo, Agua y Fertilización del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Puno-Perú.

Tabla 3. Características físicoquímicas del campo experimental.

Componente	Cantidad
Arena (%)	41.44
Limo (%)	47.28
Arcilla (%)	11.28
M.O. (%)	1.63
N(nitrógeno)ppm	0.05
P(fósforo) ppm	7.08
K(potasio)ppm	103.6
pH	6.34
C.E.mmhos/cm	0.421
Clase Textural	F
Ca ⁺² meq/100g	60 – 75
Mg ⁺² meq/100g	15 – 20
k ⁺ meq/100g	3 a 7
Na ⁺ meq/100g	> 15

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, agua y fertilización del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Puno, 2019.

3.1.4. Características meteorológicas

Para obtener el comportamiento de las características meteorológicas de temperatura máxima y mínima junto a precipitación pluvial y humedad relativa, 2019-2020 se recurrió a los datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) a través de la Estación más cercana al campo experimental denominado Rincón de la Cruz – Acora Puno Perú.

Tabla 4. Parámetros Promedio Mensual de datos meteorológicos durante el desarrollo experimental, según SENAMHI, de la Estación Rincón de la Cruz-Acora.

Año	Mes	Temperatura °C			Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
		Máxima	Media	Mínima		
2019	Octubre	16.8	9.7	2.6	88	81.5
2019	Noviembre	16.4	10.4	4.4	87	71.9
2019	Diciembre	16.9	11.1	5.3	88	77.7
2020	Enero	16.1	10.6	5.1	91	162.6
2020	Febrero	15.7	10.7	5.7	93	162.8
2020	Marzo	15.5	10.45	5.4	40	72.2
2020	Abril	15.8	9.45	3.1	17	16.9
2020	Mayo	15.6	8	0.4	66	3.5

Fuente: SENAMHI 2019-2020.

3.1.5. Temperatura

Como se observa en la Figura 3, la temperatura máxima de 16.9°C fue registrada en el mes de diciembre y la temperatura mínima de 0.40°C registrada en el mes de mayo, con presencia de heladas, a lo largo del desarrollo del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Will.), 2019 – 2020.

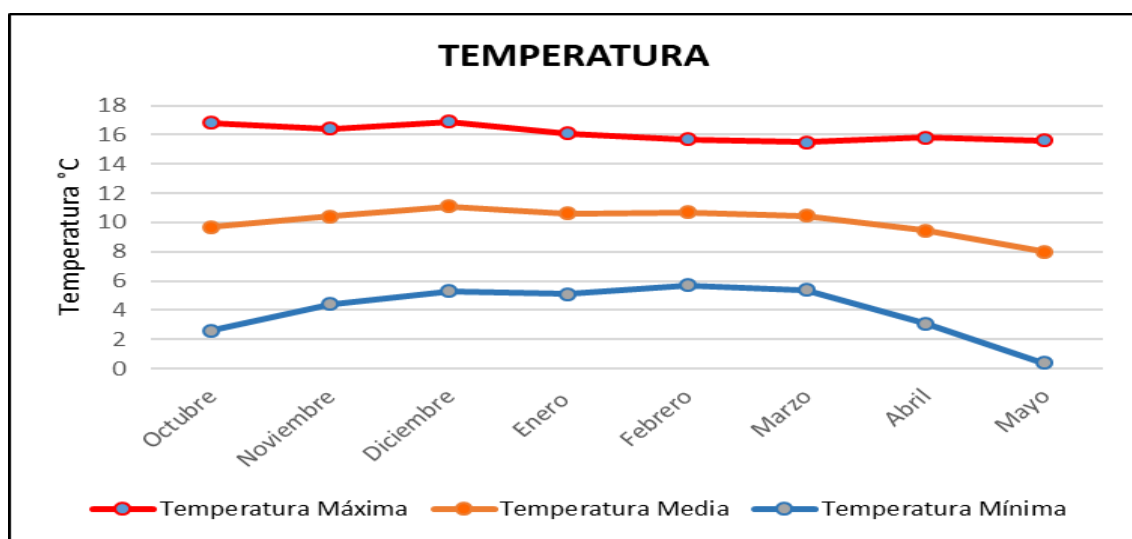


Figura 3. Temperaturas máximas, medias y mínimas, 2019-2020.

3.1.6. Precipitación

Según los datos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – (SENAMHI), en la figura 4 se observa que existen variaciones mínimas en las precipitaciones mensuales, a excepción de los meses de enero y febrero con 162.6mm y 162.8mm, respectivamente, donde se registró las máximas precipitaciones pluviales, así mismo se registró en el mes de mayo la menor precipitación pluvial con 3.5mm.

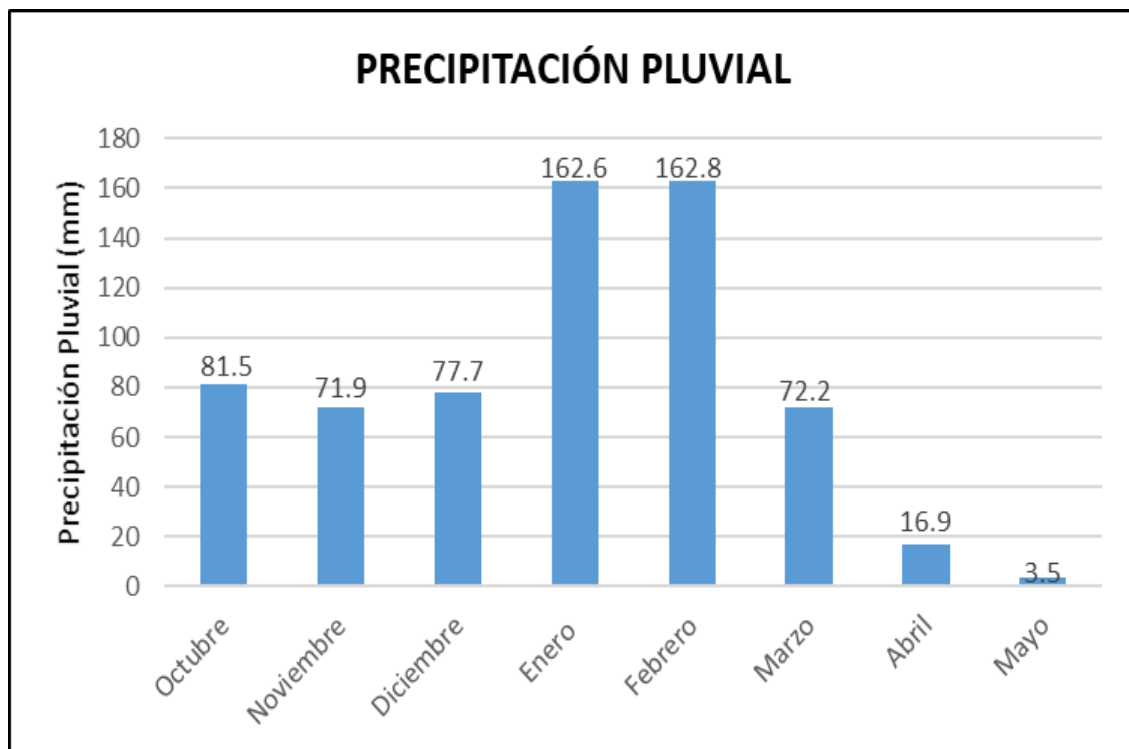


Figura 4. Precipitación pluvial mensual, 2019 – 2020.

3.1.7. Humedad relativa

La presencia de la humedad relativa fue ascendente durante los meses de octubre a febrero como se muestra en la figura 5 con valores que van desde 88% a 93%, podemos observar que en los meses de marzo y abril disminuyó significativamente con 40% y 17% durante el desarrollo del cultivo.

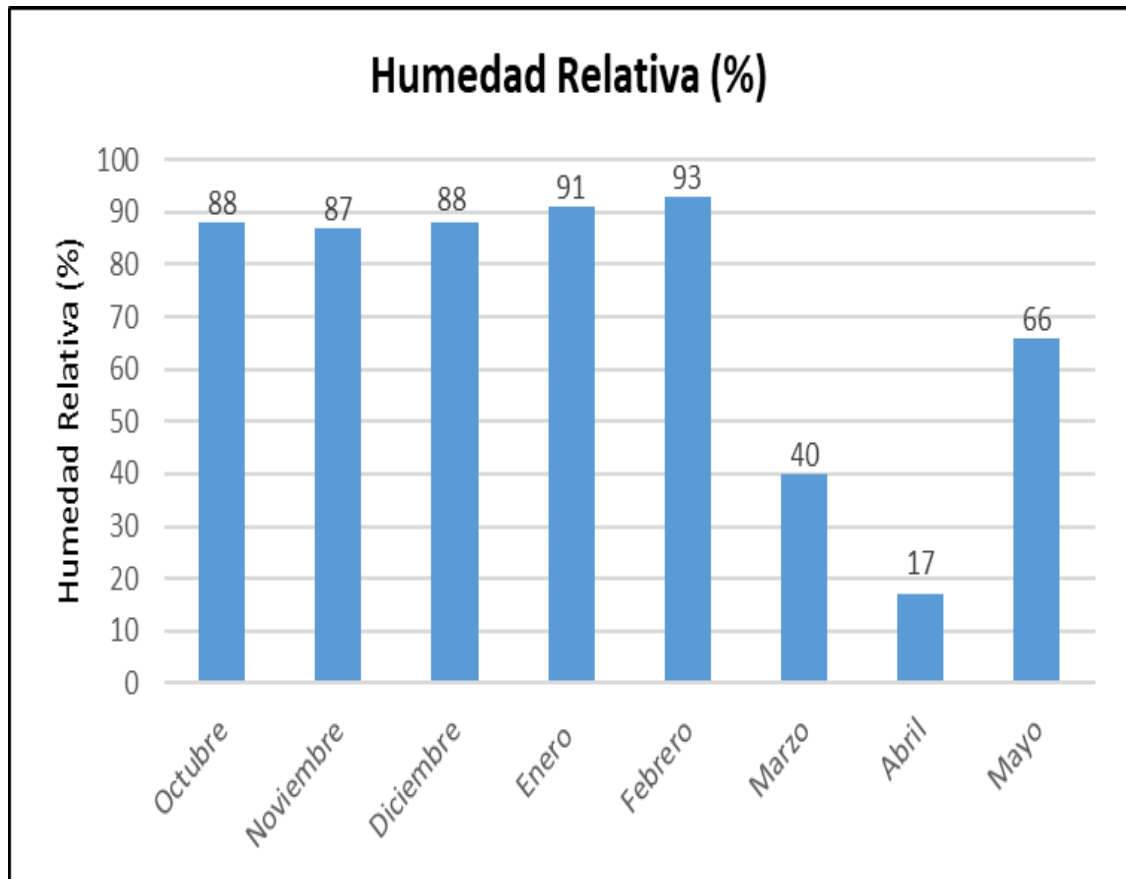


Figura 5. Registro de Humedad Relativa (%), 2019-2020.

3.1.8. Material genético

En el presente trabajo de investigación se utilizaron semillas de quinua que fueron obtenidas del programa de mejoramiento genético de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) llevado a cabo en Puno-Perú en convenio con la Universidad de Hohenheim de Alemania, estimando las distancias genéticas para la obtención como resultado de nuevas opciones de cultivares (Mujica, 2014). Se trabajó con 18 progenies de quinua procedentes de cruza dobles, conforme se observa en la tabla 5.



Tabla 5. Líneas de quinua procedentes de cruza dobles, con sus genitores y testigo, 2019-2020.

Nº	Cruza	Línea	Genitores	Testigo
1	(Huariponcho x Kcancolla)x(Pasankalla x Kcancolla)	2	Pandela Rosada	Altiplano
2	(Huariponcho x Kcancolla)x(Pasankalla x Kcancolla)	58	Negra Collana	
3	(Huariponcho x Kcancolla)x(Pasankalla x Kcancolla)	99	Kcancolla	
4	(Huariponcho x Kcancolla)x(Salcedo_INIA x Huariponcho)	108	Salcedo_INIA	
5	(Huariponcho x Kcancolla)x(Salcedo_INIA x Huariponcho)	123	Huariponcho	
6	(Huariponcho x Kcancolla)x(Salcedo_INIA x Huariponcho)	19	Pasankalla	
7	(Huariponcho x Kcancolla)x(Salcedo_INIA x Huariponcho)	28		
8	(Huariponcho x Kcancolla)x(Salcedo_INIA x Huariponcho)	3		
9	(Negra Collana x Kcancolla)x(Salcedo_INIA x Negra Collana)	125		
10	(Negra Collana x Kcancolla)x(Salcedo_INIA x Negra Collana)	57		
11	(Salcedo_INIA x Huariponcho)x(Pasankalla x Kcancolla)	139		
12	(Salcedo_INIA x Huariponcho)x(Pasankalla x Kcancolla)	148		
13	(Salcedo_INIA x Huariponcho)x(Pasankalla x Kcancolla)	92		
14	(Salcedo_INIA x Huariponcho)x(Pasankalla x Kcancolla)	99		
15	(Salcedo_INIA x Negra Collana)x(Salcedo_INIA x Pandela Rosada)	31		
16	(Salcedo_INIA x Negra Collana)x(Salcedo_INIA x Pandela Rosada)	87		
17	(Salcedo_INIA x Negra Collana)x(Salcedo_INIA x Pandela Rosada)	68		
18	(Salcedo_INIA x Negra Collana)x(Salcedo_INIA x Pandela Rosada)	75		

3.1.9. Material de campo

a) Insumos

- Semillas de las líneas de quinua
- Urea, Fosfato di amónico

b) Herramientas de campo

- Herramientas de labranza (lampa, pico, rastrillo, hoz)
- Vernier
- Cinta métrica, tijeras de podar
- Etiquetas, sobres manila



- Sacos, rafia
- Libro de campo

c) Equipos de campo

- Tractor Agrícola con implementos de roturación, nivelación y surcado
- Balanza Electrónica, Balanza de Precisión
- Cámara digital

d) Otros

- Calculadora
- Tamiz
- Celular Smartphone, laptop
- Materiales de escritorio (lapicero, lápiz, grapas, regla)
- Manual de descriptores de quinua

3.2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Instalación

3.2.1.1. Preparación del suelo

Se ejecutó en el mes de octubre, con la roturación del campo experimental con tractor y arado discos, seguido por la rastra de discos en forma cruzada, para mullir y desterronar el suelo a una profundidad 20 cm aproximadamente, a la vez se realizó la nivelación del campo experimental con la ayuda de rastrillos y tablones de madera en toda el área destinada para el experimento de 741m².



3.2.1.2. Surcado, marcado

El surcado se realizó con tractor y surcadora con un distanciamiento de 0,60m entre surcos y a una profundidad de 0.20m, luego el marcado del campo experimental con cal utilizando como herramienta una wincha de 50m, en seguida se trazó la distribución de bloques con calles de 1m y 1.20m, cada tratamiento constó de 2.4m x 3m (7.2m²).

3.2.1.3. Siembra

La siembra se efectuó el 24 de octubre del año 2019 en forma manual a chorro continuo, a una profundidad de 2 centímetros, utilizando 5 gramos de semilla en cada sobre manila debidamente etiquetado para su correcta identificación, por cruza y por orden en el que se instaló el experimento, según el diseño experimental.

3.2.1.4. Fertilización

Se utilizó una dosis de fertilización de 80-40-00 de N-P₂O₅-K₂O niveles recomendados para el cultivo en la zona andina, cuyas fuentes usadas fueron (46% de N) y (46% de P₂O₅). En el primer deshierbo se aplicó el fosfato di amónico y el 50 % de urea y el otro 50% de urea se aplicó al momento la realización del primer aporque, recomendado por Mujica *et al.* (2001).

3.2.2. Labores agronómicas

3.2.2.1. Deshierbo

Esta actividad se realizó de forma manual, con el fin de evitar la competencia intraespecífica e interespecífica de las plantas de quinua con las malezas, por el espacio, los nutrientes, agua y luz, a fin asegurar el desarrollo óptimo de las plantas de quinua. Se

realizó tres deshierbos durante el desarrollo del cultivo en las cuales se encontró las siguientes malezas que se muestran en la tabla N°6.

Tabla 6. Malezas encontradas en el campo experimental de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) 2019-2020.

Nombre científico	Nombre común
<i>Bidens pilosa</i>	Amor seco
<i>Capsella bursapastoris</i>	Bolsa del pastor
<i>Medicago hispida</i>	Trébol carretilla
<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo
<i>Tagetes mandonii</i>	Chiqchipa
<i>Brassica campestris</i>	Nabo silvestre
<i>Erodium cicutarium</i>	Aguja aguja
<i>Malvastrum capitatum</i> Saret.	Nabo silvestre

3.2.2.2. Desahíje

Se realizó de forma manual en la fase fenológica de ramificación, cuando las plantas alcanzaron 30 cm de altura, con el objetivo de regular el número de plantas/área, eliminando plantas débiles y pequeñas, el desahíje evita la competencia por nutrientes y facilita el control de plagas y enfermedades garantizando una buena producción.

3.2.2.3. Rouging

Ésta actividad consistió en la remoción de plantas atípicas con características distintas a las líneas en estudio, como plantas con apariencia similar a la quinua (ayaras), plantas de otras progenies trasladadas por diferentes medios (viento, lluvia, otros), realizando una importante y exhaustiva evaluación durante las diferentes fases fenológicas para lograr obtener semillas de calidad y uniformes.



3.2.2.4. Aporque

Se realizaron dos aporques en forma manual con ayuda de un pico, el primero cuando las plantas alcanzaron aproximadamente 30 cm de altura, el segundo a los 70 cm, con la finalidad de remover el suelo para mejorar la aireación e infiltración del agua, dotar de suelo a las plantas para su mejor estabilidad y evitando el tumbado por acción del viento o aves e indirectamente controlar las malezas.

3.2.3. Cosecha

La cosecha se realizó el 16 de abril de 2020, de forma manual con una hoz en forma escalonada, según la madurez fisiológica de cada línea, genitores y testigo, tomándose 10 plantas de los surcos centrales de cada unidad experimental.

3.2.4. Post cosecha

3.2.4.1. Trillado

La trilla de las plantas procedentes de surcos centrales de cada parcela se efectuó en forma manual, separando los granos de la broza.

3.2.4.2. Secado

El secado de los granos provenientes de la trilla se realizó en forma natural sobre una manta con la acción del sol y el viento.

3.2.4.3. Venteado

Se realizó de forma manual con ayuda de la acción del viento,



3.2.4.4. Etiquetado

Las semillas de cada tratamiento fueron adecuadamente envasadas e identificadas en sobre manila para su pesado y conservación.

3.3. MUESTRA DEL ESTUDIO

Constituida por 75 unidades experimentales, donde se consideró como muestra un total 10 plantas al azar por unidad experimental para las medidas cuantitativas evitando plantas de borde y para las evaluaciones cualitativas en función al 50% de plantas de la población de las 18 líneas, 6 progenitores y 1 testigo, validado por Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).

3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación desarrollado reúne las condiciones metodológicas de una investigación de tipo experimental, puesto que realiza evaluaciones de variables dependientes en función a las variables independientes, obteniendo los datos a nivel de campo, que permitió definir genotipos con buenas características agromorfológicas y rendimiento de grano.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis estadístico los datos colectados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA). y la prueba Tukey para determinar diferencias entre líneas, genitores y testigo.

Se utilizó el diseño experimental Bloques Completos al Azar con 25 tratamientos conducidos en 3 bloques (18 líneas, 6 genitores, 1 testigo) de quinua, los que representan 75 unidades experimentales.



El modelo para diseño de Bloque Completo al Azar:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Rendimiento del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima repetición.

M = efecto de la media general.

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento.

B_j = efecto del j-ésimo bloque o repetición.

E_{ij} = efecto aleatorio del error experimental del i-ésimo tratamiento, en la j-ésima repetición.

3.6. VARIABLES DE RESPUESTA

3.6.1. Características agronómicas

3.6.1.1. Número de días al 50% de floración (d)

Ésta variable se determinó contando los días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan alcanzado la floración, según Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).

3.6.1.2. Número de días al 50% de madurez fisiológica (d)

Fue evaluado contabilizando los días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten hojas amarillas en la parte basal del tallo y panoja, además granos semi duros a la presión de las uñas Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).



3.6.1.3. Altura de planta (cm)

Se registró en la madurez fisiológica de cada tratamiento, tomando al azar 10 plantas de los surcos centrales de la parcela, las medidas se realizaron con una regla graduada desde la base del tallo hasta el ápice de la panoja, expresado en centímetros Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).

3.6.1.4. Diámetro de tallo (mm)

Ésta variable fue evaluada en 10 plantas seleccionadas al azar de cada parcela, midiendo la parte media de tercio inferior de la planta utilizando una regla vernier Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).

3.6.1.5. Longitud de panoja (cm)

Esta variable fue tomada en el estado fenológico de madurez fisiológica, midiendo 10 plantas al azar desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).

3.6.1.6. Diámetro de panoja (mm)

Tomada en el punto más ancho de la panoja fisiológicamente madura, utilizando una regla vernier en 10 plantas obtenidas al azar, Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).

3.6.2. Características morfológicas

3.6.2.1. Color de panoja en floración (escala)

Esta variable fue determinada de forma visual cuando la unidad experimental alcanzó el 50% de plantas en floración, utilizando la escala propuesta de Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013).



3.6.2.2. Color de panoja en madurez fisiológica (escala)

Fue determinado cuando el 50% de las plantas de la unidad experimental lograron la madurez fisiológica, mediante la escala de 14 colores propuesto por Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013).

3.6.2.3. Forma de panoja (escala)

Se evaluó de manera visual, identificándose 3 tipos de formas (glomerulada, intermedia y amarantiforme), según lo propuesto por Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013).

3.6.2.4. Densidad de panoja (escala)

Esta variable se evaluó visualmente, identificando a qué tipo de densidad de panoja corresponde cada unidad experimental, encontrándose 3 tipos laxa, intermedia y compacta, según el descriptor Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013).

3.6.3. Características de rendimiento

3.6.3.1. Peso de 1000 granos (g)

Variable obtenida una vez terminada la cosecha, para ello se separó 1000 granos (semillas) de quinua sin perigonio, se hizo el pesado utilizando una balanza analítica, conforme Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).

3.6.3.2. Diámetro de grano (mm)

Posterior a la trilla se procedió a la medición del diámetro de grano, una regla vernier, según Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).



3.6.3.3. Peso de grano por planta (g)

Esta variable se determinó sobre una muestra de 10 plantas, desprendiendo los granos de cada panoja, se procedió a la limpieza de impurezas y el posterior pesado de cada muestra, utilizando una balanza analítica de acuerdo a Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).

3.6.3.4. Rendimiento de grano por hectárea (kg/ha)

Para determinar ésta variable se usaron los datos del peso de grano por planta, realizando la respectiva conversión de peso de grano en gramos por planta a peso de granos en kg/ha, Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013).

3.6.3.5. Peso de biomasa por planta (g)

Hace referencia al peso de la parte aérea de la planta (tallos, hojas, ramas y panoja), posterior al secado, se procedió a separar el grano de la planta, seguidamente se realizó el pesado de la estructura de la planta usando una balanza digital.

3.6.3.6. Índice de cosecha (%)

Para determinar el potencial de rendimiento de grano de las líneas, genitores y testigo, se utilizó el parámetro índice de cosecha (IC). Al respecto Stoskopf (1981) y Garrido *et al* (2013) definen el índice de cosecha como el cociente o relación entre el rendimiento de grano (semilla) y la biomasa aérea total de las plantas (hoja, tallo, panoja) sin considerar las raíces y hojas caídas, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$IC = \text{Rendimiento de grano (kg/ha)} / \text{Rendimiento de biomasa (kg/ha)} \times 100.$$



3.6.4. Evaluaciones de factores bióticos adversos

3.6.4.1. Comportamiento al Mildiu (escala)

El comportamiento al Mildiu de cada línea, genitores y testigo fueron determinados según Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, (2013), escala que va desde muy bajo, bajo, intermedia, alta y muy alta. Mediante la observación.

3.6.4.2. Daño ornitológico (escala)

Para cuantificar ésta variable fue necesaria la observación de daños ocasionados en cada unidad experimental, utilizando una escala desde muy bajo, bajo, alta y muy alto.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACIÓN DE CARÁCTERES AGRONÓMICOS

4.1.1. Floración

El análisis de varianza para el número de días a la floración se muestra en la Tabla 7, para tratamientos se visualiza diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$), entendiéndose que hay diferencias estadísticas en el número de días a la floración entre los tratamientos, lo cual podría ser debido a las características genéticas de la quinua, con coeficiente de variación (CV) de 2.16% indicando que los datos evaluados son confiables,

Tabla 7. Análisis de varianza para días a la floración de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	11.76	5.88	1.49	0.2359	n.s.
Tratamientos	24	600.67	25.03	6.34	<0.0001	**
Error	48	189.57	3.95			
Total	74	802.00				

CV= 2.16% $\bar{X} = 92.20$

La Tabla 8, muestra la prueba de Tukey ($p > 0.05$) para tratamientos en estudio sobre días a la floración, donde los tratamientos por orden de mérito del 1 al 14 estadísticamente son similares, SAL, ATP, (SalxHua)x(PasxKca)139, tuvieron la mayor cantidad de días, con 97.3, 97.3 y 96.7 días, respectivamente.

Los tratamientos que tuvieron menor cantidad de días al 50% de floración fueron (HuaxKca)x(SalxHua)28, (HuaxKca)x(SalxHua)108, (SalxHua)x(PasxKca)99 con, 88.3, 88.3 y 87.0 días, respectivamente.

Tabla 8. Prueba de Tukey para días a la floración y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

N°	Tratamientos	Promedio de días (N°)	Sig. ≤ 0.05
1	SAL	97.3	a
2	ATPchk	97.3	a
3	(SalxHua)x(PasxKca)139	96.7	a b
4	(SalxCol)x(SalxPan)31	95.3	a b c
5	(SalxCol)x(SalxPan)68	94.7	a b c d
6	HUA	94.3	a b c d e
7	PAS	94.0	a b c d e
8	(SalxCol)x(SalxPan)87	94.0	a b c d e
9	(HuaxKca)x(SalxHua)19	93.7	a b c d e
10	(HuaxKca)x(SalxHua)123	93.3	a b c d e
11	KCA	92.7	a b c d e f
12	(SalxHua)x(PasxKca)148	92.7	a b c d e f
13	PAN	92.7	a b c d e f
14	(HuaxKca)x(PasxKca)58	91.7	a b c d e f
15	(ColxKca)x(SalxCol)125	91.0	b c d e f
16	(ColxKca)x(SalxCol)57	91.0	b c d e f
17	(HuaxKca)x(PasxKca)99	90.7	b c d e f
18	COL	90.3	c d e f
19	(HuaxKca)x(PasxKca)2	90.3	c d e f
20	(HuaxKca)x(SalxHua)3	89.7	c d e f
21	(SalxCol)x(SalxPan)75	89.3	c d e f
22	(SalxHua)x(PasxKca)92	88.7	d e f
23	(HuaxKca)x(SalxHua)28	88.3	e f
24	(HuaxKca)x(SalxHua)108	88.3	e f
25	(SalxHua)x(PasxKca)99	87.0	f

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

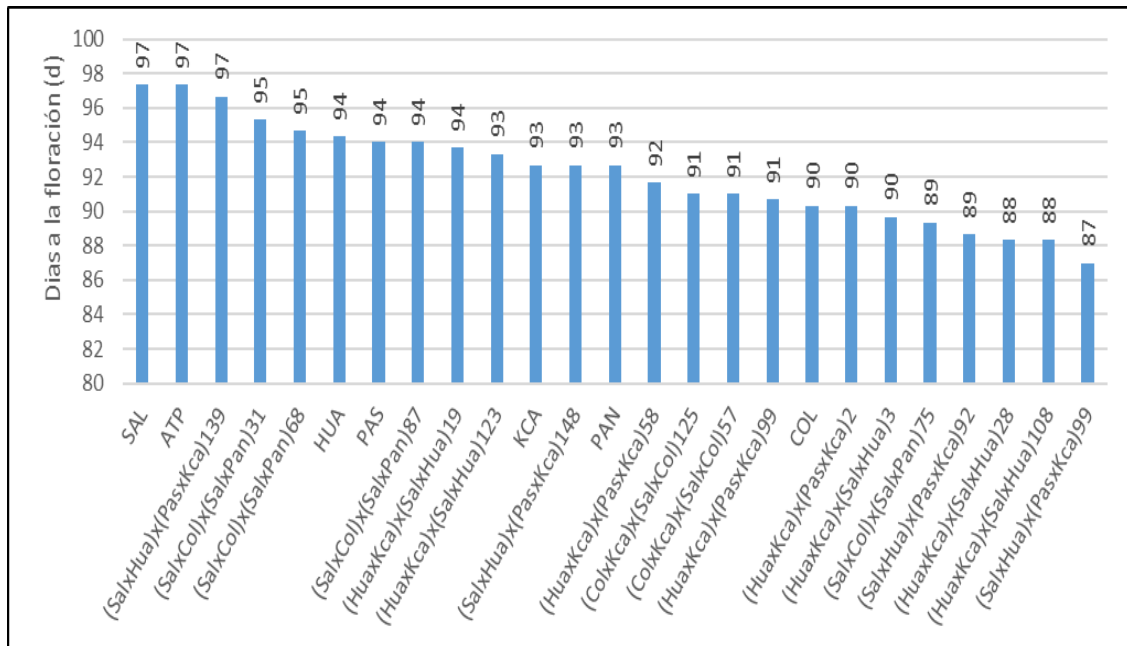


Figura 6. Comportamiento de días a la floración de líneas genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

Como se muestra en la Tabla 8 y Figura 6, los tratamientos presentan un rango promedio de 87 a 97 días a la floración, las líneas precoces son las que tienen menor número de días a la floración. Al respecto Mujica *et al.* (2000) mencionan que la apertura de flores ocurre entre los 75 a 80 días posterior a la siembra y la floración en su totalidad se realiza entre los 90 a 100 días; también, Rojas (2013) hace mención que existen líneas precoces y tardías con un rango de floración entre 60 y 145 días, con un promedio de 93 días, a su vez resalta que la floración es fuertemente dependiente del genotipo.

También Mayta (2021) en su trabajo de investigación usando el mismo material genético en condiciones de invernadero de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano en Puno – Perú, concluye que (Sal xHua)x(PasxKca)y(SalxCol)x(SalxPan) llegaron a la floración a los 68 y 67 días, respectivamente. Desde el punto de vista de Chávez y Pérez (1996) consideran como material semitardío a las variedades superiores de 90 días a floración, de manera que las 5 últimas líneas en el presente estudio se consideran precoces.

4.1.2. Madurez fisiológica

En la Tabla 9, para tratamientos se visualiza estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$), lo que evidencia que el número de días respecto al madurez fisiológica varía entre los tratamientos, lo cual podría ser atribuido a las características genéticas de la quinua. Los datos analizados presentan un coeficiente de variación de 1.42%, valor que indica la confiabilidad de los datos registrados en campo.

Tabla 9. Análisis de varianza para días a la madurez fisiológica de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	20.03	10.01	2.20	0.1220	n.s.
Tratamientos	24	1087.92	45.33	9.95	<0.0001	**
Error	48	218.64	4.56			
Total	74	1326.59				
CV= 1.42%		$\bar{X} = 150.45$				

En la Tabla 10 y Figura 7 se muestra la prueba de Tukey para número de días a la madurez fisiológica, donde el tratamiento (SalxHua)x(PasxKca)99 alcanzó a los 142 días, como precoz y el tratamiento SAL a los 158 días comportándose como tardío.

Tabla 10. Prueba de Tukey para días a la madurez fisiológica y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

Nº	Tratamientos	Promedio de días (Nº)	Sig. ≤ 0.05
1	SAL	158.3	a
2	(SalxCol)x(SalxPan)68	157.0	a b
3	ATP	156.0	a b c
4	PAS	153.7	a b c d
5	(SalxHua)x(PasxKca)139	153.3	a b c d
6	COL	152.7	a b c d e
7	(HuaxKca)x(SalxHua)123	152.0	a b c d e f
8	HUA	152.0	a b c d e f
9	(SalxCol)x(SalxPan)31	151.7	a b c d e f g
10	(SalxCol)x(SalxPan)87	151.7	a b c d e f g
11	(HuaxKca)x(SalxHua)108	151.0	b c d e f g h
12	PAN	151.0	b c d e f g h
13	(HuaxKca)x(PasxKca)58	150.7	b c d e f g h
14	KCA	150.7	b c d e f g h
15	(ColxKca)x(SalxCol)125	150.3	b c d e f g h
16	(HuaxKca)x(SalxHua)19	150.3	b c d e f g h
17	(ColxKca)x(SalxCol)57	150.0	c d e f g h
18	(SalxHua)x(PasxKca)148	149.7	c d e f g h
19	(HuaxKca)x(PasxKca)99	148.7	d e f g h
20	(SalxHua)x(PasxKca)92	147.7	d e f g h i
21	(HuaxKca)x(SalxHua)3	146.0	e f g h i
22	(SalxCol)x(SalxPan)75	145.7	f g h i
23	(HuaxKca)x(SalxHua)28	145.0	g h i
24	(HuaxKca)x(PasxKca)2	144.7	h i
25	(SalxHua)x(PasxKca)99	141.7	i

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

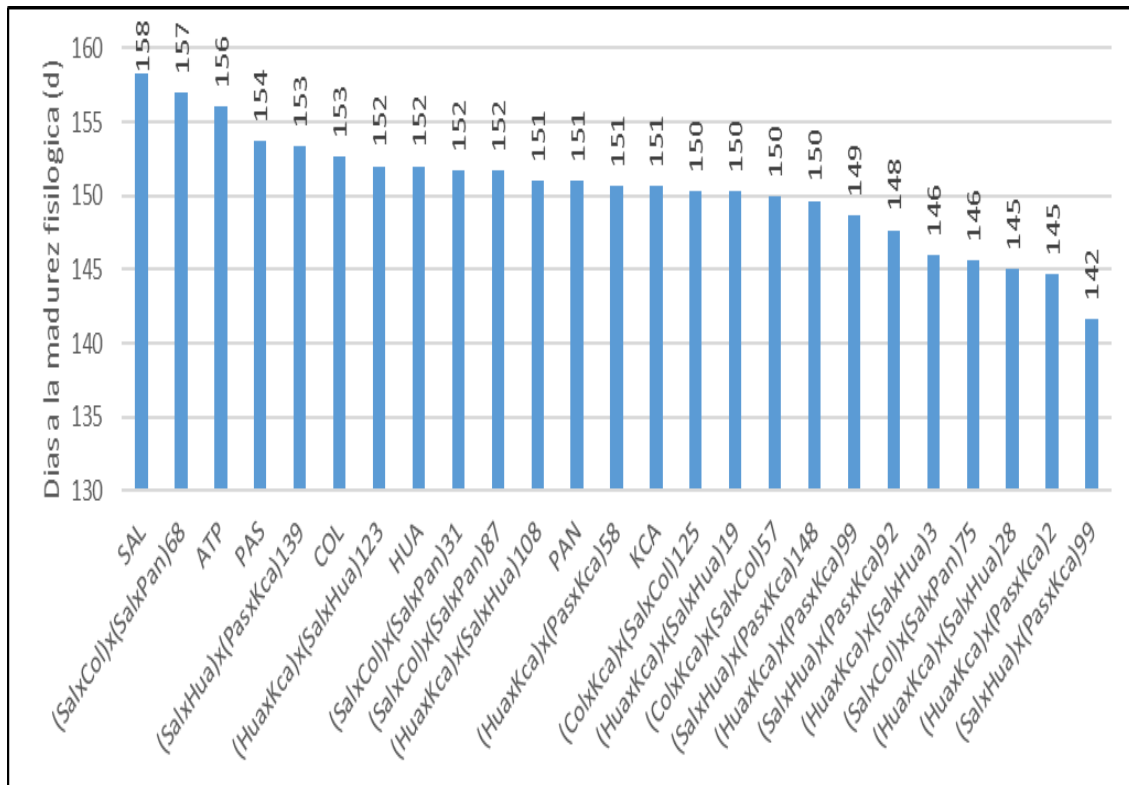


Figura 7. Comportamiento de días a la madurez fisiológica de líneas genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

López y Marqués *et al.* (2020), mencionan que la precocidad es uno de los caracteres que forma parte del ideotipo de la quinua, ya que disminuye los días a la cosecha y que los tiempos óptimos podrían ser 135 a 145 días. Así mismo, Mujica *et al.* (2000), afirman que la madurez fisiológica en la quinua se presenta en un promedio de 160 a 180 días después de la siembra. Los resultados encontrados en la presente investigación son bastante similares, inclusive se encuentran dentro del rango obtenido por los autores mencionados; sin embargo, dichas variaciones pueden ser atribuidas al tipo de suelo y clima reinante en la campaña agrícola. Por otra parte, Domínguez (2014) en su investigación en condiciones de invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de San Agustín, concluye que la cruz doble con menor número de días a la madurez fisiológica fue (Col x Kca) X (Sal x Col) con 115 días, menor a lo encontrado en el presente estudio.

4.1.3. Altura de planta

El análisis de varianza para altura de planta se observa en la Tabla 11, donde para tratamientos, existe diferencia estadística altamente significativas ($P \leq 0.01$), que indica que las líneas en estudio presentan variabilidad en altura de planta; esto podría ser debido a las características del suelo, clima y genética de la quinua, y muestra un coeficiente de variación de 8.77%.

Tabla 11. Análisis de varianza para altura de planta de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	1469.48	734.74	7.16	0.0019	**
Tratamientos	24	9791.87	407.99	3.97	<0.0001	**
Error	48	4928.42	102.68			
Total	74	16189.78				
CV= 8.77%		$\bar{X} = 115.61$				

En la Tabla 12 y Figura 8 se observa la prueba de Tukey para altura de planta, donde el tratamiento ATP y PAS alcanzaron mayor altura con 138.90 y 137.3cm, respectivamente y la menor altura tuvieron los tratamientos (SalxCol)x(SalxPan)75 y (SalxHua)x(PasxKca)139 con 98.47 y 98.00 cm, respectivamente.

Tabla 12. Prueba de Tukey para altura de planta (cm) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

N°	Tratamientos	Promedio de altura de planta (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	ATP	138.9	a
2	PAS	137.3	a b
3	PAN	134.7	a b c
4	(HuaxKca)x(PasxKca)2	125.3	a b c d
5	COL	124.5	a b c d
6	(HuaxKca)x(PasxKca)99	124.0	a b c d
7	(SalxHua)x(PasxKca)148	122.6	a b c d
8	(ColxKca)x(SalxCol)125	122.0	a b c d
9	SAL	120.3	a b c d
10	(SalxCol)x(SalxPan)68	119.0	a b c d
11	HUA	117.6	a b c d
12	(HuaxKca)x(SalxHua)19	116.0	a b c d
13	(SalxHua)x(PasxKca)99	114.8	a b c d
14	(HuaxKca)x(PasxKca)58	114.2	a b c d
15	(SalxCol)x(SalxPan)31	113.9	a b c d
16	KCA	113.8	a b c d
17	(SalxHua)x(PasxKca)92	113.7	a b c d
18	(HuaxKca)x(SalxHua)108	106.1	b c d
19	(HuaxKca)x(SalxHua)28	105.8	b c d
20	(SalxCol)x(SalxPan)87	102.8	c d
21	(HuaxKca)x(SalxHua)123	102.7	c d
22	(ColxKca)x(SalxCol)57	102.2	d
23	(HuaxKca)x(SalxHua)3	101.3	d
24	(SalxCol)x(SalxPan)75	98.4	d
25	(SalxHua)x(PasxKca)139	98.0	d

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

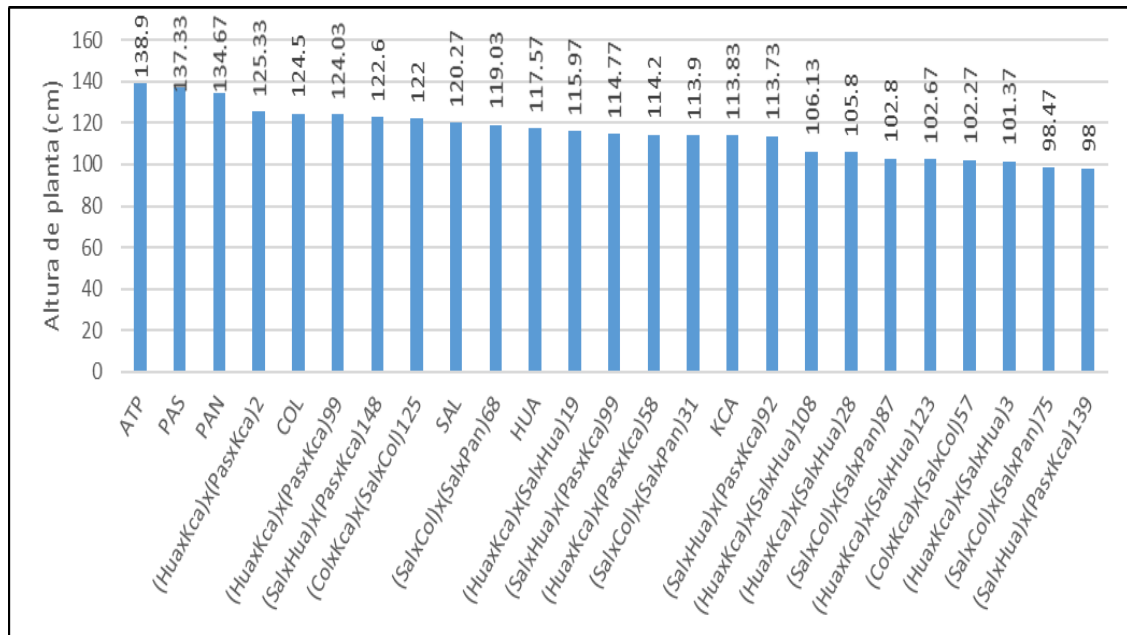


Figura 8. Comportamiento de altura de planta de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

Al respecto López-Marqués *et al.* (2020) y Manjarres-Hernández., *et al.* (2021) afirman que en recientes estudios sobre la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), la altura de planta es un carácter importante en todo programa de mejoramiento genético y caracterización agromorfológica, por lo tanto, es necesario seleccionar plantas de quinua con altura mediana – baja, debido a su relación con el rendimiento, de esta manera inducir el alto rendimiento. Según García *et al.* (2007) los genotipos de porte alto no necesariamente tendrán panojas grandes, sino depende las características genéticas que posee la quinua, es posible encontrar plantas de porte bajo con panojas de tamaño superior a una planta de porte alto. EL-Harty *et al.* (2021) al realizar estudio de caracterización de variables cualitativas y cuantitativas de 32 genotipos de quinua en la localidad de Riyadh – Arabia Saudita, categorizó la variable cuantitativa altura de planta en 3 categorías, corto (60 a 80 cm), mediano (80 a 135cm) y largo (136 a 180 cm), considerando que los genotipos de categoría mediana obtuvieron un mayor rendimiento que los de categoría larga, concordando con lo afirmado por Lopez-Marquez *et al.* (2020) y Manjarres-Hernández., *et al.* (2021).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación en relación a la mayor altura (138.9 cm) y menor altura (98.0 cm) son corroborados por los autores mencionados.

4.1.4. Diámetro de tallo

En la Tabla 13, se observa que, para tratamientos diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), lo que indica que los tratamientos presentan diferente diámetro de tallo, corroborado por El coeficiente de variación 14.46%.

Tabla 13. Análisis de varianza para diámetro de tallo de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	110.83	55.41	15.65	<0.0001	**
Tratamientos	24	150.82	6.28	1.78	0.0452	*
Error	48	169.91	3.54			
Total	74	431.56				
CV= 14.46%		$\bar{X} = 13.00$				

En la Tabla 14 y Figura 9 se muestra la prueba de Tukey para diámetro de tallo, donde el tratamiento PAN y (HuaxKca)x(PasxKca)2, alcanzaron mayor diámetro de tallo con 17.50 y 14.50 mm, respectivamente, y el tratamiento que alcanzó menor diámetro de tallo fue (SalxCol)x(SalxPan)75 con 11.03 mm, con un promedio de 13.00 cm.

Tabla 14. Prueba de Tukey para diámetro de tallo (mm) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

N°	Tratamientos	Promedio de diámetro tallo (mm)	Sig. ≤ 0.05
1	PAN	17.50	a
2	(HuaxKca)x(PasxKca)2	14.50	a b
3	(SalxHua)x(PasxKca)99	14.47	a b
4	COL	14.23	a b
5	(HuaxKca)x(SalxHua)19	14.17	a b
6	PAS	13.97	a b
7	HUA	13.97	a b
8	ATP	13.90	a b
9	(SalxHua)x(PasxKca)148	13.77	a b
10	SAL	13.73	a b
11	(HuaxKca)x(PasxKca)58	13.13	a b
12	(HuaxKca)x(PasxKca)99	12.97	a b
13	KCA	12.67	a b
14	(HuaxKca)x(SalxHua)108	12.50	a b
15	(HuaxKca)x(SalxHua)123	12.50	a b
16	(SalxCol)x(SalxPan)87	12.43	a b
17	(SalxCol)x(SalxPan)31	12.30	a b
18	(ColxKca)x(SalxCol)125	12.13	a b
19	(ColxKca)x(SalxCol)57	12.10	a b
20	(SalxHua)x(PasxKca)139	11.73	a b
21	(SalxHua)x(PasxKca)92	11.47	b
22	(HuaxKca)x(SalxHua)28	11.37	b
23	(HuaxKca)x(SalxHua)3	11.37	b
24	(SalxCol)x(SalxPan)68	11.33	b
25	(SalxCol)x(SalxPan)75	11.03	b

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

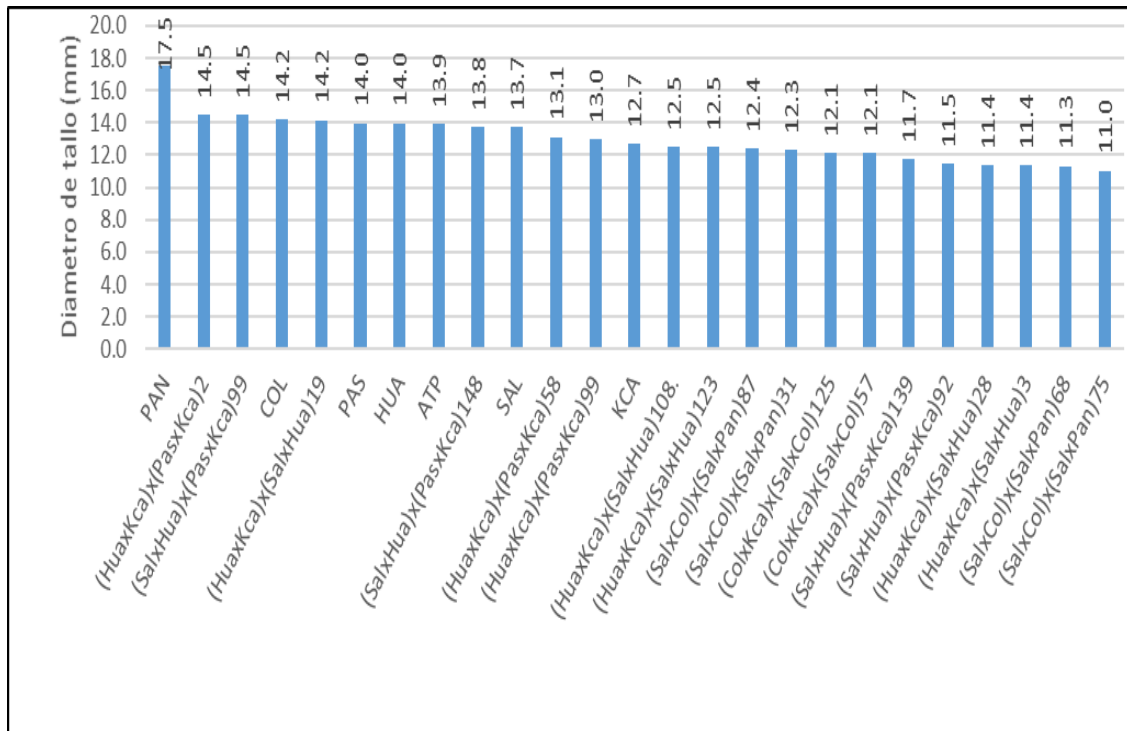


Figura 9. Comportamiento del diámetro de tallo de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

En relación al diámetro de tallo, Mujica *et al.* (2013) destaca que el crecimiento y desarrollo de la quinua está determinado por la genética de la planta, y va estrechamente relacionado con las condiciones ambientales, tales como radiación solar, la temperatura y la humedad del suelo, a las que está expuesta y por los factores bióticos (plagas, enfermedades y plantas extrañas que compiten con el cultivo). De acuerdo con López-Marqués *et al.* (2020) el comportamiento de algunos caracteres puede ser resultado de la capacidad adaptativa que poseen, y las condiciones agroecológicas a la cual están expuestas, además que el carácter diámetro de tallo podría prevenir el tumbado de plantas, que podrían ser causados por el exceso de peso en la panoja, el viento y problemas ornitológicos, convirtiéndose en un carácter importante para los programas de mejoramiento genético.

4.1.5. Longitud de panoja

En la Tabla 15, se observa que, para tratamientos existe diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), lo que evidencia que los tratamientos presentan diferencias en longitud de panoja, con un coeficiente de variación de 13.61% que indica confiabilidad de los datos evaluados.

Tabla 15. Análisis de varianza para longitud de panoja de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	80.62	40.31	1.02	0.3698	n.s.
Tratamientos	24	1789.87	74.58	1.88	0.0314	*
Error	48	1904.80	39.68			
Total	74	3775.29				
CV= 13.61%		$\bar{X} = 46.28$				

La prueba de Tukey Tabla 16, y Figura 10 para longitud de panoja, muestra que los tratamientos (SalxHua)x(PasxKca)99, (HuaxKca)x(PasxKca)99, (HuaxKca)x(SalxHua)108, tuvieron mayor longitud de panoja con 54.80, 52.90 y 52.13 cm, respectivamente; y el tratamiento que obtuvo menor longitud de panoja fue ATP con 31.07 cm; por lo tanto, destacan 3 líneas que superan en longitud de panoja a sus genitores y testigo.

Tabla 16. Prueba de Tukey para longitud de panoja y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

N°	Tratamientos	Promedio de longitud (cm)	Sig. ≤ 0.05
1	(SalxHua)x(PasxKca)99	54.80	a
2	(HuaxKca)x(PasxKca)99	52.90	a
3	(HuaxKca)x(SalxHua)108	52.13	a
4	COL	52.07	a
5	(HuaxKca)x(SalxHua)19	51.43	a
6	HUA	49.80	a b
7	(HuaxKca)x(PasxKca)2	49.23	a b
8	(SalxHua)x(PasxKca)139	49.03	a b
9	KCA	48.17	a b
10	(HuaxKca)x(SalxHua)28	47.90	a b
11	PAN	47.63	a b
12	(HuaxKca)x(PasxKca)58	47.23	a b
13	PAS	45.67	a b
14	(SalxCol)x(SalxPan)68	45.50	a b
15	(HuaxKca)x(SalxHua)123	44.87	a b
16	(ColxKca)x(SalxCol)57	44.53	a b
17	(SalxCol)x(SalxPan)31	44.33	a b
18	(SalxHua)x(PasxKca)92	44.27	a b
19	(ColxKca)x(SalxCol)125	44.20	a b
20	(HuaxKca)x(SalxHua)3	44.10	a b
21	(SalxCol)x(SalxPan)87	42.40	a b
22	(SalxHua)x(PasxKca)148	42.30	a b
23	SAL	41.10	a b
24	(SalxCol)x(SalxPan)75	40.27	a b
25	ATP	31.07	b

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

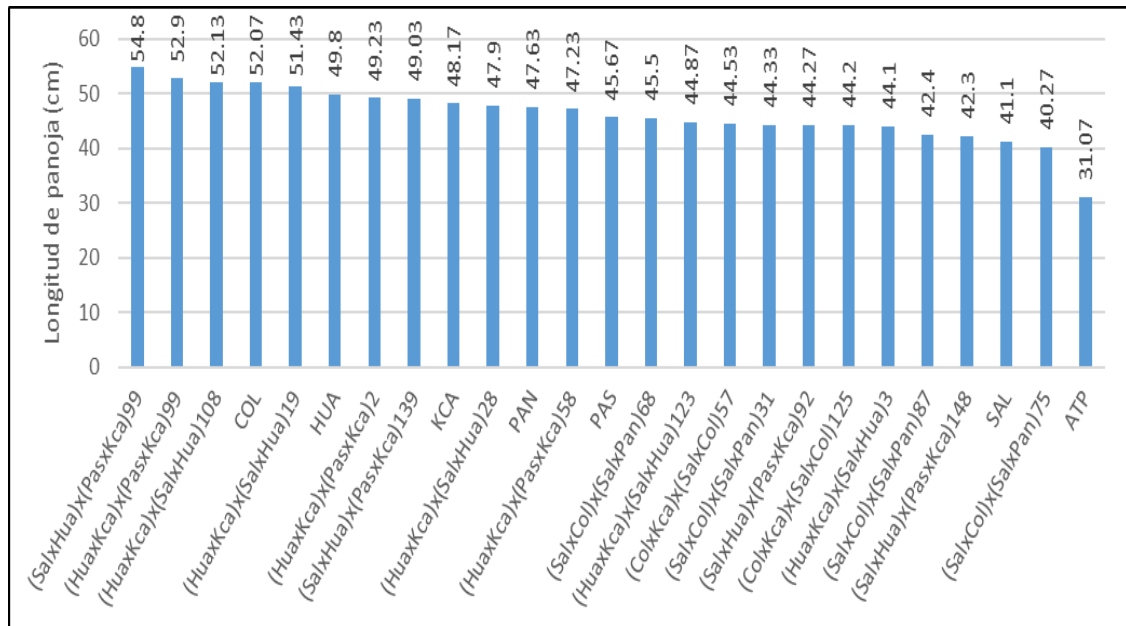


Figura 10. Comportamiento de longitud de panoja de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

En relación a la longitud de panoja, Delgado *et al.* (2009), manifiestan que existe una relación positiva entre las variables longitud de panoja y altura de planta, lo cual indica que la altura contribuye al incremento de longitud de panoja. Al respecto Guerrero *et al.* (2008), afirman que el carácter longitud de panoja esta correlacionado con el diámetro de panoja y el rendimiento; también Coronado *et al.* (2021), indican que el carácter longitud de panoja esta correlacionado con el diámetro de panoja y la altura de planta. Complementando a tales afirmaciones Manjarres-Hernández *et al.* (2021), hacen mención que los genotipos con longitudes de panoja medias - cortas estarían asociados con un alto rendimiento, ya que en su evaluación encontraron genotipos con alto rendimiento, pero con panojas con longitudes medianas – cortas.

4.1.6. Diámetro de panoja

En la Tabla 17, se observa que, para tratamientos no existe diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$), lo que revela que los tratamientos presentan diámetro de panoja similares, con un coeficiente de variación de 15.61%.

Tabla 17. Análisis de varianza para diámetro de panoja de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	592.46	296.23	3.37	0.0426	*
Tratamientos	24	3375.58	140.65	1.60	0.0821	n.s.
Error	48	4215.59	87.82			
Total	74	8183.63				

CV= 15.61% $\bar{X} = 60.03$

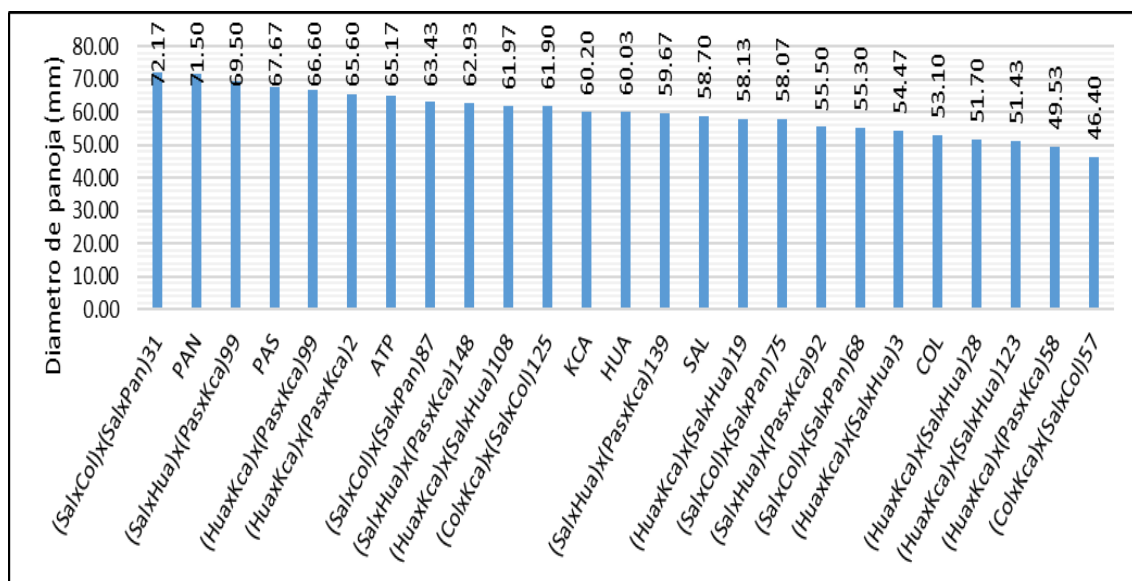


Figura 11. Promedio de los tratamientos sobre diámetro de panoja en líneas, parcelas y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

En la Figura 11, se presenta el promedio de diámetro de panoja, que varía en un rango entre el tratamiento (SalxCol)x(SalxPan)31 con (72.17mm) y el tratamiento (ColxKca)x(SalxCol)57 con (46.40 cm), con un promedio de 60.03 mm. Según Snowdon *et al.* (2021). Esta variación puede deberse a condiciones medio ambientales o al manejo agronómico realizado en cada experimento. Al respecto, Mayta (2021) también obtuvo valores de 60.20 mm para (SalxHua)x(PasxKca) y 69.00 mm para el genitor PAS en condiciones de invernadero. Blanco (2009) citado por Mayta (2021), señala que el diámetro de la panoja varía en un rango de 2.9 a 19.4 cm; en la presente investigación los genotipos en estudio se encuentran dentro de este rango de variación. Además, Mujica *et*



al. (2013) sostienen que uno de los objetivos de mejoramiento genético en quinua deber ser, mejorar la arquitectura de planta con una alta eficiencia productiva, con panojas grandes y anchas, tallos gruesos y plantas de altura mediana.

4.2. EVALUACIÓN DE CARÁCTERES MORFOLÓGICOS

4.2.1. Color de panoja en floración

Para evaluar el color de panoja se utilizó la categoría propuesta por Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013), el cual clasifica en categoría de verde, purpura, rojo y mixtura (purpura y rojo). En la Tabla 18 se muestra que, de los 25 tratamientos, 12 tratamientos (48%) se caracterizaron por tener el color “verde”, 9 tratamientos (36%) de color “rojo”, 2 tratamientos (8%) de color purpura y 2 tratamientos (8%) de color “mixtura”.

Al respecto Manjarres-Hernández *et al.* (2021), al realizar la caracterización agromorfológica de 30 genotipos de quinua en Colombia, encontraron panoja de color verde, amarillo y violeta en la floración, afirmando que este carácter está determinado por cada genotipo. Estudios complementarios indican que en la etapa de panojamiento e inicio de floración es posible encontrar variabilidad desde color de verde, purpura a rojo; sin embargo, a medida que avanza el desarrollo hacia la fase de madurez fisiológica, se presenta una mayor diversidad de colores, combinando claros a oscuros, cremas, amarillos, rojos, café hasta coloración negra (Rojas *et al.*, 2014).

4.2.2. Color de panoja en madurez fisiológica

La evaluación cualitativa de color de panoja en madurez fisiológica, se realizó conforme lo establecido por Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013).



En la Tabla 18, se observa que, de los 25 tratamientos, 11 tratamientos (44%) se caracterizaron por tener el color “blanco”, 5 tratamientos (20%) de color “Anaranjado”, 3 tratamientos (12%) de color gris, también hay 3 tratamientos (12%) de color gris

“Marrón”, 2 tratamientos (8%) de color “Purpura” y 1 tratamiento de color “rojo y blanco”. Estos resultados evidencian que existe una variación en el color de panoja en el estado fenológico de madurez fisiológica en las líneas. Según Emrani *et al.* (2020), la expresión de un carácter en la mayoría, está determinada por la dominancia de un gen, para dicho carácter.

4.2.3. Forma de panoja

En la Tabla 18, se visualiza que, de los 25 tratamientos, 23 tratamientos (92%) se caracterizaron por tener forma de panoja “Intermedia”, 01 tratamiento (4%) con forma “Glomerulada”; correspondiendo a la línea (HuaxKca)x(SalxHua)123; y el genitor “ATP” (4%) con la forma de panoja Amarantiforme. En relación a la forma, Manjarres *et al.* (2021), en su investigación en condiciones de Bogotá-Colombia, reportaron formas de panoja entre glomerulada e intermedia en la mayoría de los genotipos estudiados, señalando que el carácter glomerulado estaría relacionado con el rendimiento.

4.2.4. Densidad de panoja

En la Tabla 18, se observa que los 25 tratamientos, 16 tratamientos (64%) se caracterizaron por poseer densidad “Intermedia”, 7 tratamientos (28%) con densidad “compacta”, y 2 tratamientos (8%) con panoja “Laxa”.

De acuerdo con Gómez y Aguilar (2016) la densidad de panoja está asociada al tamaño de grano y la más pequeña se forma en panojas compactas y según Emrani *et al.*

(2020). estos resultados señalados estarían determinados por el genotipo de cada individuo y el actuar de algún gen dominante.

Tabla 18. Características morfológicas de color de panoja en floración y madurez fisiológica, forma y densidad de panoja, de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

	Tratamientos	Color de la panoja en floración	Color de la panoja en madurez fisiológica	Forma de panoja	Densidad de panoja
1	(SalxCol)x(SalxPan)87	Rojo	Rojo y blanco	Intermedia	Intermedia
2	(HuaxKca)x(SalxHua)108	Rojo	Anaranjado	Intermedia	Intermedia
3	(SalxHua)x(PasxKca)139	Verde	Blanco	Intermedia	Laxa
4	(HuaxKca)x(SalxHua)123	Rojo	Anaranjado	Glomerulada	Intermedia
5	(SalxCol)x(SalxPan)75	Rojo	Blanco	Intermedia	Compacta
6	(HuaxKca)x(PasxKca)99	Verde	Anaranjado	Intermedia	Intermedia
7	(SalxHua)x(PasxKca)92	Rojo	Blanco	Intermedia	Intermedia
8	(ColxKca)x(SalxCol)125	Verde	Gris	Intermedia	Compacta
9	COL	Verde	Gris	Intermedia	Intermedia
10	HUA	Rojo	Anaranjado	Intermedia	Intermedia
11	PAS	Mixtura	Purpura	Intermedia	Intermedia
12	SAL	Verde	Blanco	Intermedia	Compacta
13	(SalxCol)x(SalxPan)31	Verde	Blanco	Intermedia	Intermedia
14	(SalxCol)x(SalxPan)68	Mixtura	Marrón	Intermedia	Intermedia
15	(SalxHua)x(PasxKca)99	Verde	Anaranjado	Intermedia	Compacta
16	(ColxKca)x(SalxCol)57	Rojo	Gris	Intermedia	Intermedia
17	(HuaxKca)x(SalxHua)28	Purpura	Marrón	Intermedia	Intermedia
18	(HuaxKca)x(SalxHua)3	Verde	Marrón	Intermedia	Intermedia
19	(HuaxKca)x(PasxKca)2	Verde	Blanco	Intermedia	Intermedia
20	KCA	Rojo	Blanco	Intermedia	Intermedia
21	PAN	Purpura	Purpura	Intermedia	Compacta
22	(HuaxKca)x(PasxKca)58	Verde	Blanco	Intermedia	Compacta
23	(HuaxKca)x(SalxHua)19	Verde	Blanco	Intermedia	Laxa
24	(SalxHua)x(PasxKca)148	Rojo	Blanco	Intermedia	Intermedia
25	ATP	Verde	Blanco	Amarantiforme	Compacta

4.3. EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO

4.3.1. Peso de 1000 granos

En la Tabla 19, se observa que, para tratamientos existe diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$), evidenciando que los tratamientos presentan diferente peso de 1000 granos, con un coeficiente de variación de 4.47%.

Tabla 19. Análisis de varianza para peso de 1000 granos de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	0.02	0.01	0.60	0.5533	n.s.
Tratamientos	24	21.91	0.91	50.66	<0.0001	**
Error	48	0.87	0.02			
Total	74	22.80				
CV= 4.47%		$\bar{X} = 3.00$				

En la Tabla 20 y Figura 12 se muestra la prueba de Tukey para peso de 1000 granos, donde los tratamientos (SalxCol)x(SalxPan)31 y PAS alcanzaron mayor peso de 1000 granos con 4.30 y 3.90 g, respectivamente. Los tratamientos que tuvieron menor peso de 1000 granos fueron (SalxHua)x(PasxKca)139 y COL con 2.40 y 2.33 g, respectivamente.



Tabla 20. Prueba de Tukey para peso de 1000 granos (g) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

N°	Tratamientos	Promedio de peso de 1000 granos (g)	Sig. ≤ 0.05
1	(SalxCol)x(SalxPan)31	4.30	a
2	PAS	3.90	a b
3	PAN	3.73	b c
4	ATP	3.73	b c
5	(SalxCol)x(SalxPan)87	3.67	b c d
6	(HuaxKca)x(PasxKca)2	3.63	b c d
7	(HuaxKca)x(PasxKca)99	3.47	c d e
8	SAL	3.27	d e f
9	(SalxCol)x(SalxPan)75	3.07	e f g
10	(ColxKca)x(SalxCol)125	3.00	f g h
11	(SalxCol)x(SalxPan)68	2.93	f g h i
12	(HuaxKca)x(SalxHua)1081	2.87	f g h i
13	KCA	2.73	g h i j
14	HUA	2.70	g h i j
15	(HuaxKca)x(SalxHua)19	2.67	g h i j
16	(HuaxKca)x(PasxKca)58	2.67	g h i j
17	(HuaxKca)x(SalxHua)28	2.67	g h i j
18	(ColxKca)x(SalxCol)57	2.63	h i j
19	(HuaxKca)x(SalxHua)123	2.60	h i j
20	(SalxHua)x(PasxKca)148	2.53	i j
21	(SalxHua)x(PasxKca)92	2.53	i j
22	(SalxHua)x(PasxKca)99	2.53	i j
23	(HuaxKca)x(SalxHua)3	2.43	j
24	(SalxHua)x(PasxKca)139	2.40	j
25	COL	2.33	j

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

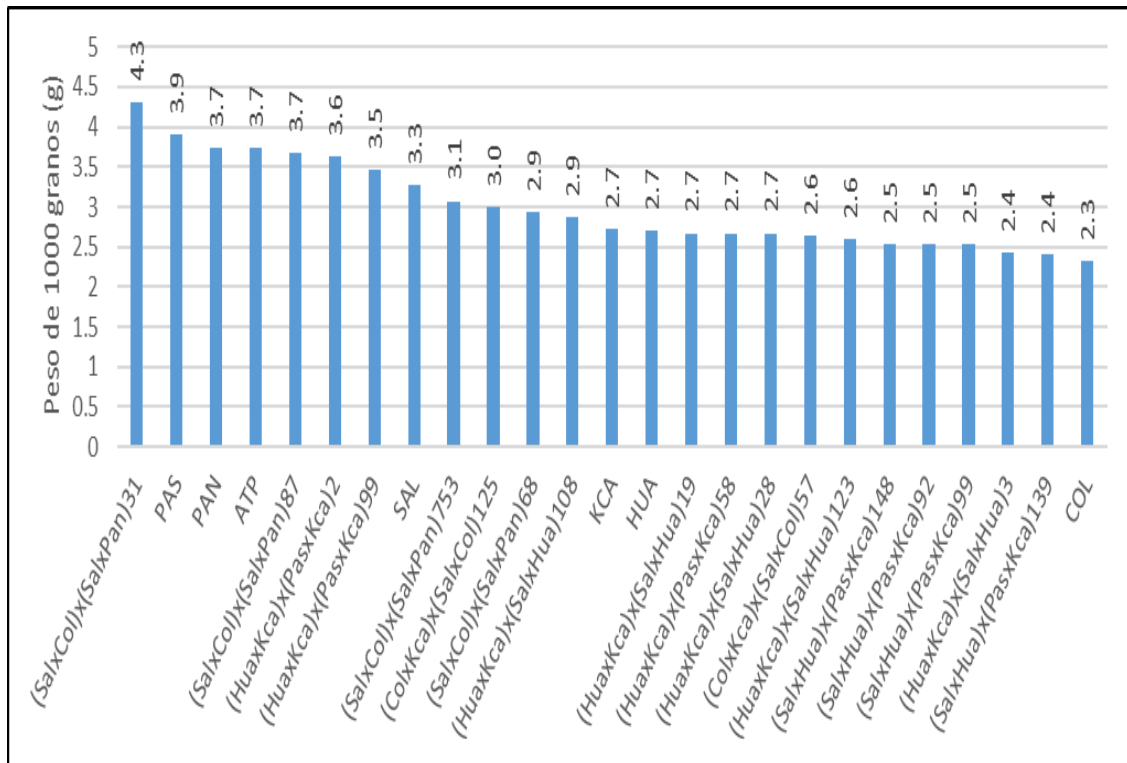


Figura 12. Comportamiento de peso de 1000 granos de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

Al respecto Domínguez (2014) en condiciones de invernadero en Arequipa, para la línea (SalxPan)x(SalxCol) obtuvo 2.22g. (ColxKca)x(SalxCol) 2.15g, (HuaxKca)x(SalxHua) 2.14g, (SalxHua)x(PasxKca) obtuvo 2.10g, (ColxKca)x(SalxPan) 1.98g y finalmente (HuaxKca)x (PasxKca) 1.97g, resultados que son inferiores a los obtenidos en la presente investigación, Al respecto Wahli y Latinreco (1990), proponen una escala de clasificación del tamaño de grano según su peso, donde los granos con peso mayor a 3 g son considerados de tamaño grande, con peso entre 2.5 y 3 g son considerado mediano y menores a 2.5 g son de tamaño pequeño. Según Manjarres-Hernández *et al.* (2021), el peso de 1000 granos tiene una correlación significativa con el diámetro de tallo y el rendimiento, además observó que el peso de mil granos es una de las características cuantitativas influenciadas por el medio ambiente, fertilidad de suelo, disponibilidad de agua, adaptación de progenies a la zona, cosecha oportuna y contenido de humedad.

4.3.2. Diámetro de grano

En la Tabla 21, se observa que, para tratamientos presentan diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$), lo que muestra que existe variabilidad en diámetro de grano entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 4.04%.

Tabla 21. Análisis de varianza para diámetro de grano de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	0.02	0.01	1.73	0.1882	n.s.
Tratamientos	24	1.63	0.07	11.18	<0.0001	**
Error	48	0.29	0.01			
Total	74	1.95				
CV= 4.04%		$\bar{X} = 1.93$				

En la Tabla 22 y Figura 13 se muestra la prueba de Tukey para diámetro de grano, donde los tratamientos por orden de mérito del 1 al 9 obtuvieron un rango de diámetro entre 2 y 2.20 mm, clasificándose como grano grande, los tratamientos 10 a 12 entre 1.93 y 1.97 mm, los tratamientos de 13 a 22 con un rango entre 1.80 y 1.87 mm (grano mediano) y los tratamientos de 23 a 25, tuvieron diámetro de grano en el rango de 1.70 y 1.77 mm, como grano pequeño.

Tabla 22. Prueba de Tukey para diámetro de grano (mm) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

N°	Tratamientos	Promedio de diámetro grano (mm)	Sig. ≤ 0.05
1	(SalxCol)x(SalxPan)87	2.20	a
2	PAN	2.17	a b
3	(SalxCol)x(SalxPan)31	2.17	a b
4	PAS	2.13	a b
5	ATP	2.13	a b
6	(HuaxKca)x(PasxKca)2	2.10	a b c
7	(HuaxKca)x(PasxKca)99	2.07	a b c d
8	(SalxCol)x(SalxPan)68	2.00	a b c d e
9	SAL	2.00	a b c d e
10	(ColxKca)x(SalxCol)125	1.97	a b c d e
11	(HuaxKca)x(SalxHua)108	1.97	a b c d e
12	(SalxCol)x(SalxPan)75	1.93	b c d e f
13	(ColxKca)x(SalxCol)57	1.87	c d e f
14	KCA	1.83	d e f
15	(HuaxKca)x(SalxHua)19	1.83	d e f
16	(HuaxKca)x(SalxHua)123	1.83	d e f
17	(HuaxKca)x(PasxKca)58	1.83	d e f
18	(SalxHua)x(PasxKca)139	1.83	d e f
19	(HuaxKca)x(SalxHua)28	1.83	d e f
20	(HuaxKca)x(SalxHua)3	1.80	e f
21	HUA	1.80	e f
22	(SalxHua)x(PasxKca)99	1.80	e f
23	(SalxHua)x(PasxKca)148	1.77	e f
24	(SalxHua)x(PasxKca)92	1.77	e f
25	COL	1.70	f

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

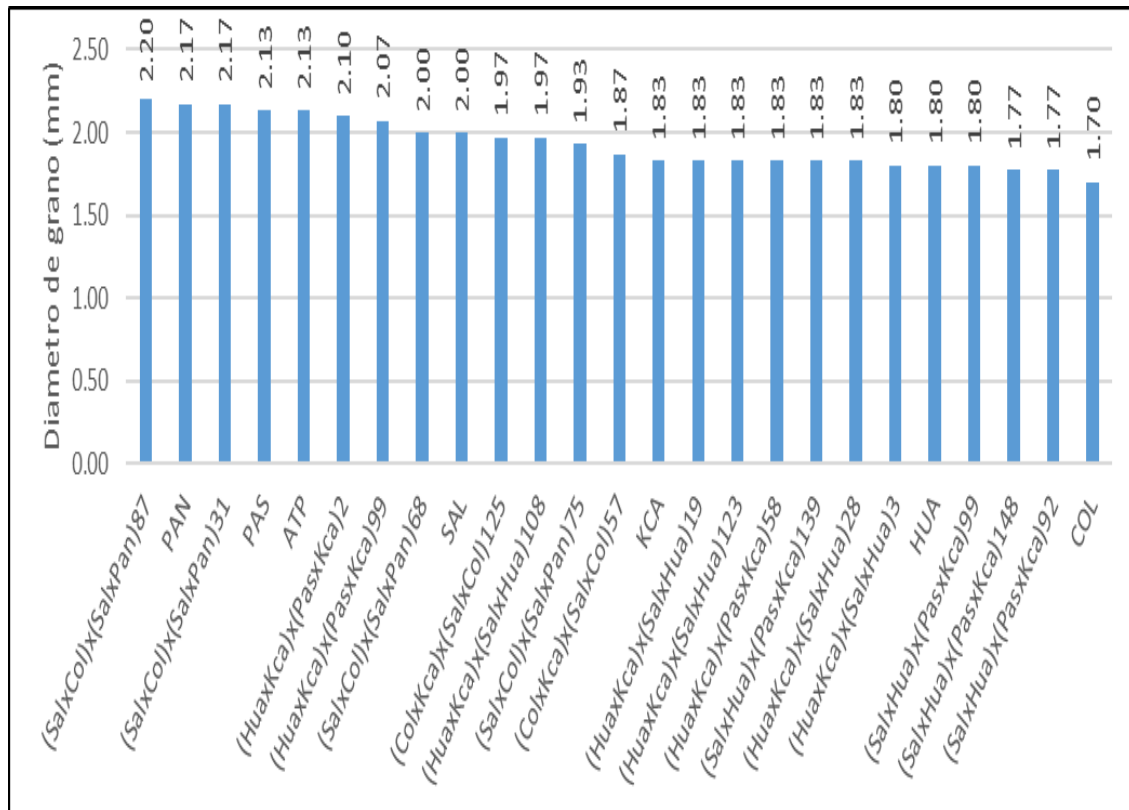


Figura 13. Comportamiento de diámetro de grano de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

Como hace notar en su investigación Mayta (2021) el diámetro de grano de seis cruza dobles y sus genitores, bajo condiciones de invernadero con las cruza ($(ColxKca)x(SalxCol)$, $(ColxKca)x(SalxPan)$, $(SalxCol)x(SalxPan)$, $(SalxHua)x(PasxKca)$, $(HuaxKca)x(SalxHua)$ y $(HuaxKca)x(PasxKca)$ obtuvo 1.81, 1.81, 1.80, 1.80, 1.80 y 1.79 mm, respectivamente; los genotipos que presentaron menores promedios de diámetro de grano fueron PAS, SAL, HUA, PAN, KCA y COL con 1.72, 1.70, 1.65, 1.52, 1.50 y 1.42 mm, respectivamente; Siendo inferiores a las obtenidas en el presente estudio. Según Snowdon *et al.* (2021) estas variaciones podrían deberse a las condiciones edafoclimáticas en interacción con cada genotipo.

Por otra parte, se dice que la semilla producida en las diferentes partes de la panoja varía de tamaño, por ello, la semilla producida en una misma planta no es uniforme, por tal motivo los productores que comercializan la semilla realizan una selección mecánica

usando tamices adecuados para obtener granos grandes con un espesor de grano igual o mayor a 0.6 mm. Además, ARONI *et al.* (2009) y Chura *et al.* (2019) indican que el peso de las semillas y el diámetro de grano están estrechamente relacionados.

4.3.3. Peso de grano por planta

En la Tabla 23, se observa que, para tratamientos se observa que existe diferencias estadísticas significativas, indicando que existe variación de rendimiento entre líneas, con un coeficiente de variación de 21.74%.

Tabla 23. Análisis de varianza para peso de grano por planta de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	455.78	227.89	6.50	0.0032	**
Tratamientos	24	1480.12	61.67	1.76	0.0479	*
Error	48	1682.91	35.06			
Total	74	3618.81				

CV= 21.74% $\bar{X} = 27.23$

En la Tabla 24 y Figura 13 se muestra la prueba de Tukey para peso de grano por planta donde los tratamientos (SalxHua)x(PasxKca)99 y PANP4 alcanzaron mayor peso de grano por planta con 39.50 y 35.00g, respectivamente, y el tratamiento que obtuvo menor peso de grano por planta fue (ColxKca)x(SalxCol)57 con 15.80g.

Tabla 24. Prueba de Tukey para peso de grano por planta (g) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

N°	Tratamientos	Promedio de rendimiento por planta (g)	Sig. ≤ 0.05
1	(SalxHua)x(PasxKca)99	39.50	a
2	PAN	35.00	a
3	HUA	32.37	a b
4	(HuaxKca)x(SalxHua)108	32.07	a b
5	(SalxCol)x(SalxPan)87	30.23	a b
6	(HuaxKca)x(PasxKca)99	29.53	a b
7	(HuaxKca)x(PasxKca)2	28.73	a b
8	(SalxHua)x(PasxKca)92	28.47	a b
9	PAS	28.03	a b
10	(SalxCol)x(SalxPan)75	27.83	a b
11	(SalxHua)x(PasxKca)148	27.47	a b
12	(HuaxKca)x(PasxKca)58	27.23	a b
13	(SalxHua)x(PasxKca)139	27.13	a b
14	SAL	26.83	a b
15	(SalxCol)x(SalxPan)31	26.00	a b
16	KCA	25.10	a b
17	(HuaxKca)x(SalxHua)28	25.00	a b
18	(ColxKca)x(SalxCol)125	24.70	a b
19	ATP	24.63	a b
20	(HuaxKca)x(SalxHua)3	24.30	a b
21	(HuaxKca)x(SalxHua)123	24.30	a b
22	COL	23.77	a b
23	(SalxCol)x(SalxPan)68	23.47	a b
24	(HuaxKca)x(SalxHua)19	23.33	a b
25	(ColxKca)x(SalxCol)57	15.80	b

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

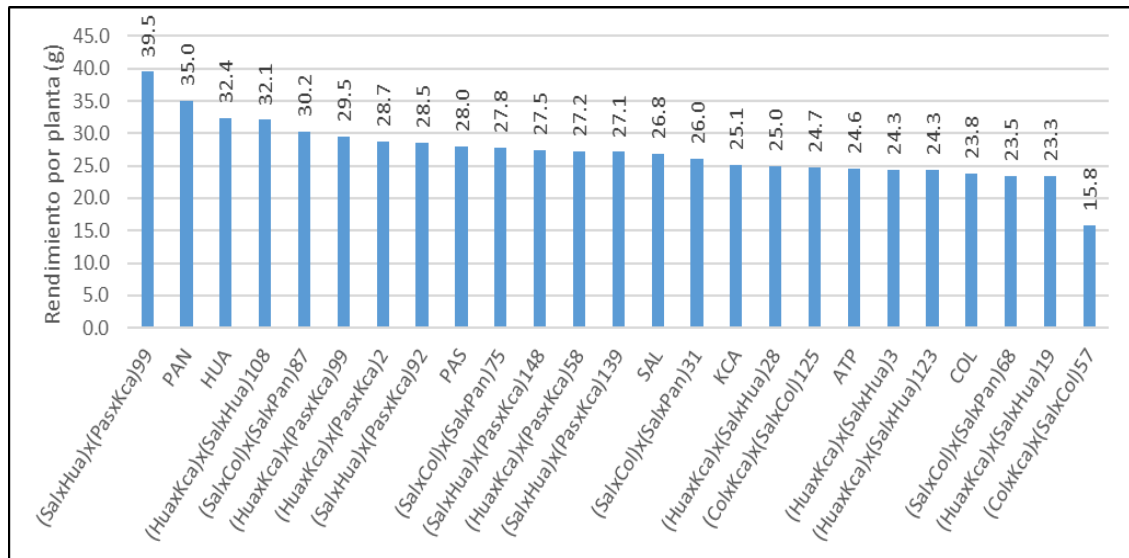


Figura 14. Comportamiento de peso de grano por planta de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

En relación al rendimiento de grano/planta, Bonifacio *et al.* (2004), destacan que el rendimiento de grano es el resultado de las componentes de tipo genético, ambiental y la interacción genético-ambiental, donde la parte genética es heredable. Por otra parte, Bertero *et al.* (2004) recalca que el rendimiento de grano tiene una correlación estrecha con los días a la madurez fisiológica.

4.3.4. Rendimiento de grano (kg/ha)

En la Tabla 25, se observa que para tratamientos existe diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$), mostrando que el rendimiento de grano en kg/ha varía entre las líneas en estudio, con un coeficiente de variación de 21.74%.

Tabla 25. Análisis de varianza para rendimiento de grano en kg/ha de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	12662162.43	6331081.21	6.50	0.0032	**
Tratamientos	24	41118457.68	1713269.07	1.76	0.0479	*
Error	48	46752956.24	974019.92			
Total	74	100533576.35				

CV= 21.74%

$\bar{X} = 4,337.54$

La Tabla 26 y Figura 15, muestra la prueba de Tukey para rendimiento de grano en kg/ha, donde los tratamientos por orden de mérito del 1 al 24 estadísticamente son similares, destacando los tratamientos (SalxHua)x(PasxKca)99 y PAN con 6583.67 y 5833.33 kg/ha, respectivamente; y menor rendimiento de grano obtuvo la línea (ColxKca)x(SalxCol)57 con 2633.33 kg/ha; con rendimiento promedio de 4337.54 kg/ha.

Tabla 26. Prueba de Tukey para rendimiento de grano (kg/ha) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

N°	Tratamientos	Promedio de rendimiento de grano (kg/ha)	Sig. ≤ 0.05
1	(SalxHua)x(PasxKca)99	6583.67	a
2	PAN	5833.33	a
3	HUA	5394.33	a b
4	(HuaxKca)x(SalxHua)108	5344.33	a b
5	(SalxCol)x(SalxPan)87	5038.67	a b
6	(HuaxKca)x(PasxKca)99	4922.33	a b
7	(HuaxKca)x(PasxKca)2	4789.00	a b
8	(SalxHua)x(PasxKca)92	4744.67	a b
9	PAS	4672.33	a b
10	(SalxCol)x(SalxPan)75	4639.00	a b
11	(SalxHua)x(PasxKca)148	4578.00	a b
12	(HuaxKca)x(PasxKca)58	4539.00	a b
13	(SalxHua)x(PasxKca)139	4522.00	a b
14	SAL	4472.33	a b
15	(SalxCol)x(SalxPan)31	4333.00	a b
16	KCA	4183.33	a b
17	(HuaxKca)x(SalxHua)28	4166.67	a b
18	(ColxKca)x(SalxCol)125	4116.67	a b
19	ATP	4105.67	a b
20	(HuaxKca)x(SalxHua)123	4050.33	a b
21	(HuaxKca)x(SalxHua)3	4050.00	a b
22	COL	3961.00	a b
23	(SalxCol)x(SalxPan)68	3911.00	a b
24	(HuaxKca)x(SalxHua)19	3888.67	a b
25	(ColxKca)x(SalxCol)57	2633.33	b

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

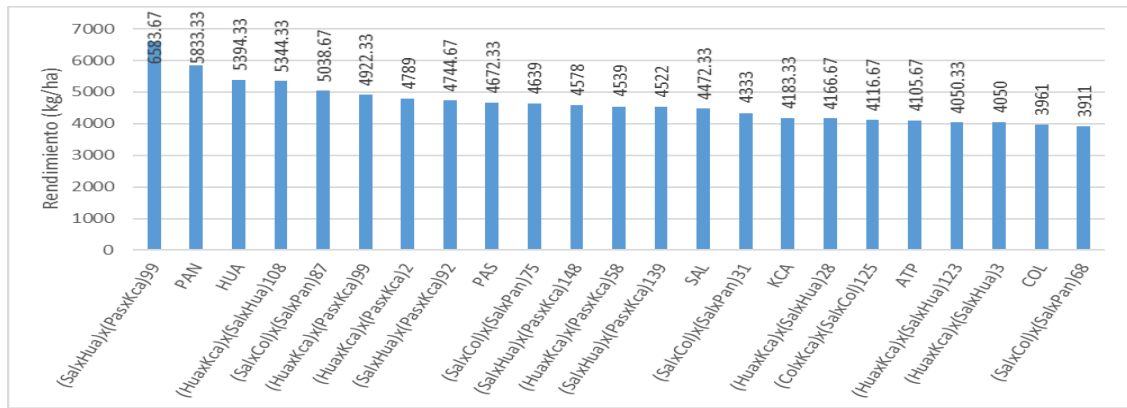


Figura 15. Comportamiento de rendimiento de grano (kg/ha) de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

Respecto al rendimiento de grano, Delatorre Herrera *et al.* (2013) destacan que la expresión de los caracteres agro morfológicos de la quinua, pueden variar de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas, sobre todo en el rendimiento/ha, donde las bajas condiciones de fertilidad del suelo y riego limitado, afectan la producción de quinua, por ello debemos tomarlos en cuenta en cada campaña. Por su parte Montoya (2018), argumenta que el uso eficiente de nitrógeno depende de cada genotipo y que está relacionado directamente con el rendimiento de semilla y biomasa por hectárea,

4.3.5. Peso de biomasa por planta

En la Tabla 27, se observa que, para tratamientos existe diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$), lo que evidencia que entre líneas existe variación en el peso de biomasa por planta, con un promedio de 70.14g y un coeficiente de variación de 23.87%.

Tabla 27. Análisis de varianza para peso de biomasa por planta de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	2250.02	1125.01	4.01	0.0244	*
Tratamientos	24	15567.70	648.65	2.31	0.0067	**
Error	48	13454.82	280.31			
Total	74	31272.54				

$$CV = 23.87\%$$

$$\bar{X} = 70.14$$

En la Tabla 28 y Figura 16, se observa la prueba de Tukey para rendimiento de biomasa, donde los tratamientos PAN y (SalxHua)x(PasxKca)99 obtuvieron mayor peso de biomasa con 118.13 y 92.50 g respectivamente. Mientras el (ColxKca)x(SalxCol)57 obtuvo el menor peso con 46.87 g.

Tabla 28. Prueba de Tukey para peso de biomasa por planta (g) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

N°	Tratamientos	Promedio de biomasa (g)	Sig. ≤ 0.05
1	PAN	118.13	a
2	(SalxHua)x(PasxKca)99	92.50	a b
3	ATP	84.93	a b
4	PAS	84.37	a b
5	SAL	78.37	a b
6	(SalxHua)x(PasxKca)92	76.77	a b
7	COLP6	75.20	a b
8	(HuaxKca)x(PasxKca)99	73.70	a b
9	(HuaxKca)x(SalxHua)108	73.70	a b
10	(SalxCol)x(SalxPan)31	72.73	a b
11	HUA	72.10	a b
12	(HuaxKca)x(PasxKca)2	71.03	a b
13	(SalxCol)x(SalxPan)87	68.37	a b
14	(SalxHua)x(PasxKca)148	67.27	a b
15	(SalxCol)x(SalxPan)68	66.60	a b
16	(SalxHua)x(PasxKca)139	65.17	a b
17	(SalxCol)x(SalxPan)75	61.93	b
18	(ColxKca)x(SalxCol)125	60.93	b
19	KCA	59.27	b
20	(HuaxKca)x(PasxKca)58	59.17	b
21	(HuaxKca)x(SalxHua)3	58.53	b
22	(HuaxKca)x(SalxHua)19	57.60	b
23	(HuaxKca)x(SalxHua)28	55.93	b
24	(HuaxKca)x(SalxHua)123	52.37	b
25	(ColxKca)x(SalxCol)57	46.87	b

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

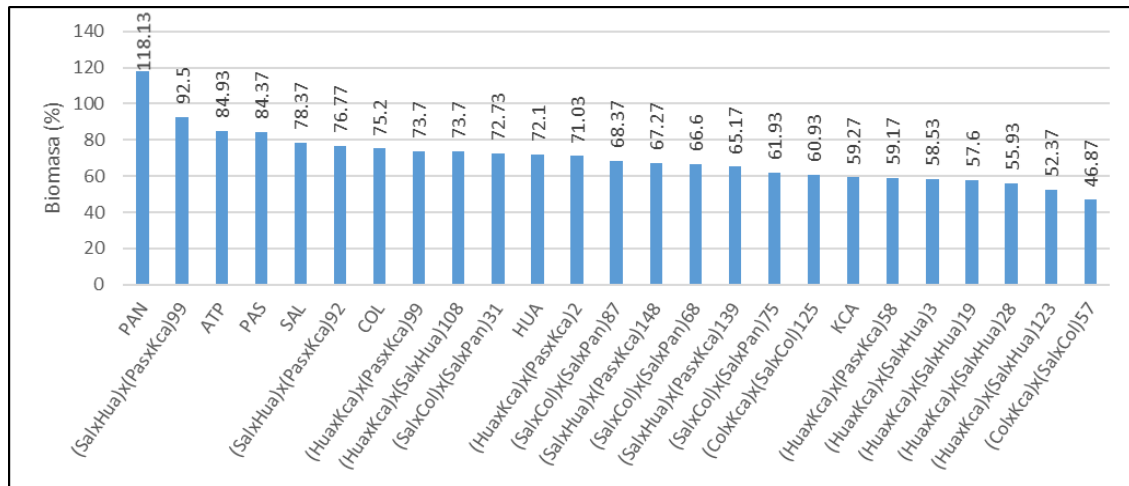


Figura 16. Comportamiento de peso de biomasa por planta en líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

En referencia al rendimiento de biomasa, Clozza (2010), considera que el índice de cosecha se calcula con la relación entre el rendimiento de grano y la biomasa del área total, coincidiendo con lo manifestado por Bioversity International, FAO, PROINPA y INIAF, FIDA, 2013)

4.3.6. Índice de cosecha

En la Tabla 29, se observa que, para tratamientos se muestra diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$), lo que indica que las líneas de quinua en estudio presentan diferentes índices de cosecha, con un promedio de 39.69% y coeficiente de variación de 12.98%.

Tabla 29. Análisis de varianza para índice de cosecha de 25 tratamientos (18 líneas, 6 genitores y 1 testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	2	208.11	104.05	3.92	0.0265	*
Tratamientos	24	1969.28	82.05	3.09	0.0004	**
Error	48	1274.56	26.55			
Total	74	3451.95				
CV= 12.98%		$\bar{X} = 39.69$				

En la Tabla 30 y Figura °17, se muestra la prueba de Tukey para índice de cosecha donde el tratamiento (HuaxKca)x(SalxHua)123, alcanzó mayor índice de cosecha con 47.00%, mostrando su potencial de rendimiento de grano y el menor índice de cosecha corresponde a ATP con 29.00%, con menor potencial de rendimiento de grano y mayor potencial forrajero, con un promedio de 39.69%.

Tabla 30. Prueba de Tukey para índice de cosecha (%) y medias de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

N°	Tratamientos	Promedio de índice de cosecha (%)	Sig. ≤ 0.05
1	(HuaxKca)x(SalxHua)123	47.00	a
2	(HuaxKca)x(PasxKca)58	46.00	a b
3	(SalxCol)x(SalxPan)87	46.00	a b
4	HUA	45.33	a b
5	(SalxCol)x(SalxPan)75	44.67	a b c
6	(HuaxKca)x(SalxHua)28	43.67	a b c
7	(SalxHua)x(PasxKca)99	43.67	a b c
8	(HuaxKca)x(SalxHua)108	43.33	a b c
9	KCA	42.33	a b c
10	(HuaxKca)x(PasxKca)2	41.67	a b c
11	(SalxHua)x(PasxKca)139	41.67	a b c
12	(SalxHua)x(PasxKca)148	41.33	a b c
13	(HuaxKca)x(SalxHua)19	41.00	a b c
14	(HuaxKca)x(SalxHua)3	40.67	a b c
15	(ColxKca)x(SalxCol)125	40.33	a b c
16	(HuaxKca)x(PasxKca)99	40.00	a b c
17	(SalxHua)x(PasxKca)92	39.67	a b c
18	(SalxCol)x(SalxPan)68	35.67	a b c
19	(SalxCol)x(SalxPan)31	35.33	a b c
20	SAL	34.33	a b c
21	PAS	34.00	a b c
22	(ColxKca)x(SalxCol)57	34.00	a b c
23	COL	31.67	a b c
24	PAN	30.00	b c
25	ATP	29.00	c

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

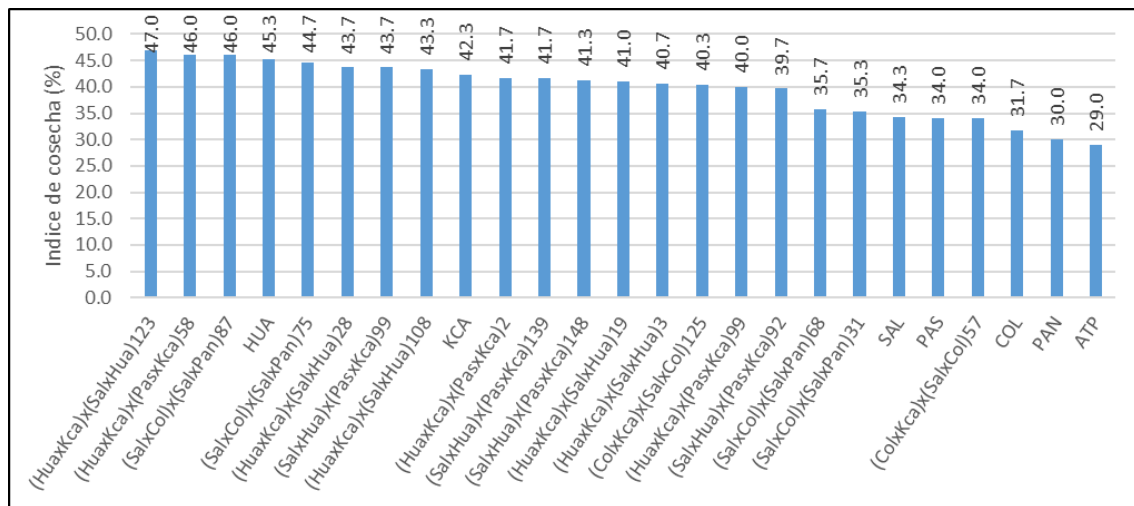


Figura 17. Comportamiento del índice de cosecha de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020.

Al respecto, Vilca *et al.* (2015), sostienen que los genotipos con mayor índice de cosecha son potenciales genéticos para la producción de semilla, mientras que los genotipos con menor índice de cosecha son potenciales genéticos para producción de forraje, así la variedad Salcedo INIA 36%, Kcancolla 37%, Negra Collana 34%, Choclito (ATP) 40% que son similares a los % de índice de cosecha obtenidos en el presente trabajo de investigación.

4.4. EVALUACIÓN DE FACTORES BIÓTICOS ADVERSOS

4.4.1. Comportamiento al Mildiu

En la Tabla 20, se observa que, de los 25 tratamientos, 16 (64%) tuvieron la característica de ser “muy bajos”, 8 (32%) se caracterizaron como “bajo”, y 1 (4%) tuvo un comportamiento intermedio al Mildiu como “intermedio”.

La evaluación se efectuó con la metodología propuesta por Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013), teniendo una escala de ausente, muy bajo, baja, intermedia, alta, muy alta, según la incidencia de daño realizado por este Fitopatógeno. para determinar la susceptibilidad al Mildiu (*Peronospora variabilis*).



En la Tabla 31, con respecto al carácter de reacción al Mildiu, la línea HuaxKca)x(SalxHua)19 presentó una susceptibilidad intermedia a diferencia de los genitores y demás líneas que presentaron una susceptibilidad entre baja y muy baja. Al respecto Nagaraja *et al.* (2021) sostienen que la manifestación del Mildiu depende de las condiciones ambientales como la humedad y la temperatura. Según Colque-Little *et al.* (2021) consideran que es fundamental encontrar materiales genéticos, que sean resistentes al Mildiu, puesto que causa un daño directo en el rendimiento, destaca que todo programa de mejoramiento genético de quinua debería incluir, la variable de resistencia al Mildiu, para posteriormente seleccionar a líneas que contengan este carácter de resistencia.

4.4.2. Daño por aves

En la Tabla 31, se visualiza que, de los 25 tratamientos, 12 (48%) se caracterizaron como “bajo”, y 13 (52%) como “muy bajo”.

La evaluación del daño ornitológico se realizó según la propuesta por Bioersivity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013), con base a una escala de ausente, muy bajo, baja, intermedia, alta, muy alta; Según la evaluación que no hubo mayor pérdida causado por las aves ya que se aplicó el control ornitológico Se probó: plástico rojo, cinta auditiva de cassette, papel metálico dorado, papel metálico plateado, como recomienda Palao (2021) y adicional la forma presencial.

Al respecto Nagaraja *et al.* (2021), ratifican que el daño de aves afecta directamente el rendimiento de la quinua, y recomienda realizar un control ornitológico tradicional, debido a que es económico y sencillo. Por otra parte, Barrientos (2020) considera que el daño por aves podría deberse en gran medida al contenido de saponina de cada línea, pero no podemos aseverarlo; además, estaría correlacionada con el

contenido de saponina de cada línea, ya que las aves son atraídas por las líneas dulces o con menor contenido de saponina.

Tabla 31. Evaluación de factores bióticos adversos, Mildiu y daño por aves de las líneas de líneas, genitores y testigo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

N°	Tratamientos	Incidencia de daño	Daño ornitológico
1	(SalxCol)x(SalxPan)87	Muy bajo	Bajo
2	(HuaxKca)x(SalxHua)108	Bajo	Bajo
3	(SalxHua)x(PasxKca)139	Bajo	Muy bajo
4	(HuaxKca)x(SalxHua)123	Muy bajo	Muy bajo
5	(SalxCol)x(SalxPan)75	Bajo	Bajo
6	(HuaxKca)x(PasxKca)99	Muy bajo	Muy bajo
7	(SalxHua)x(PasxKca)92	Bajo	Bajo
8	(ColxKca)x(SalxCol)125	Bajo	Bajo
9	COL	Muy bajo	Bajo
10	HUA	Muy bajo	Bajo
11	PASP	Muy bajo	Bajo
12	SALP	Muy bajo	Muy bajo
13	(SalxCol)x(SalxPan)31	Muy bajo	Bajo
14	(SalxCol)x(SalxPan)68	Muy bajo	Bajo
15	(SalxHua)x(PasxKca)99	Muy bajo	Muy bajo
16	(ColxKca)x(SalxCol)57	Muy bajo	Muy bajo
17	(HuaxKca)x(SalxHua)28	Muy bajo	Muy bajo
18	(HuaxKca)x(SalxHua)3	Muy bajo	Muy bajo
19	(HuaxKca)x(PasxKca)2	Muy bajo	Muy bajo
20	KCA	Muy bajo	Muy bajo
21	PAN	Bajo	Bajo
22	(HuaxKca)x(PasxKca)58	Muy bajo	Muy bajo
23	(HuaxKca)x(SalxHua)19	Intermedio	Muy bajo
24	(SalxHua)x(PasxKca)148	Bajo	Muy bajo
25	ATP	Bajo	Bajo



V. CONCLUSIONES

Según los resultados de caracterización de las 18 líneas de quinua procedentes de las cruzas dobles distantes y cercanas genéticamente, se llegó a las siguientes conclusiones:

PRIMERA: Referente a características agronómicas, en cuanto a precocidad destacó la línea (Sal x Hua) x (Pas x Kca)⁹⁹ con 141.7 días; en longitud y diámetro de panoja sobresalieron las líneas (Sal x Hua) x (Pas x Kca)⁹⁹ con 54.80cm y (Sal x Col) x (Sal x Pan)³¹ con 72.17mm, respectivamente; en altura de planta predominó el genitor ATP con 138.9cm; y en el diámetro del tallo resaltó el genitor PAN con 17.50mm.

SEGUNDA: En cuanto a características morfológicas, para color de panoja en floración, de los 25 tratamientos, 12 (48%) líneas presentaron color “Verde”; en forma de panoja 23 líneas (92%) mostraron tipo intermedia y el 8% entre amarantiforme y glomerulada; respecto a densidad de panoja 18 líneas (72%) fueron de tipo intermedia, 4 líneas (20%) presentaron tipo compacta y 2 líneas (8%) de tipo laxa.

TERCERA: En rendimiento de grano destacó la línea (Sal x Hua) x ((Pas x Kca)⁹⁹ con 6583.67 kg/ha e índice de cosecha con 39.67%, seguido del genitor PAN con 5833.33 kg/ha e índice de cosecha con 43%, ambos con alto potencial de rendimiento de grano.

Las características del mejor ideotipo corresponde a la línea (Sal x Hua) x ((Pas x Kca)⁹⁹ por el rendimiento de grano con 6583.67 kg/ha, por el índice de cosecha con 39.67% y por ser precoz con 141.7 días, los que constituyen el valor agronómico más importante de una variedad exigido por los agricultores.



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se recomienda tener en cuenta los resultados obtenidos en este trabajo de investigación a fin de seleccionar las líneas anheladas y necesarias para los agricultores e investigadores de este tipo de cultivo.

SEGUNDA: Se sugiere evaluar (SalxHua)x(PasxKca)99, (HuaxKca)x(PasxKca)2 y (HuaxKca)x(SalxHua)108 que son las líneas más precoces y con mayor rendimiento. Así continuar con la evaluación de las siguientes generaciones dentro y fuera del programa de mejoramiento genético de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R. & Pinedo, R. (2013). *Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. 76 p. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/767>
- Barioglio, C. F. (2006). *Diccionario de las Ciencias agropecuarias*. 1ra edición Córdoba: 496 p
- Barrientos, E. (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*. Universidad Nacional del Altiplano. 214 p. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15782>
- Bazile, D., Jacobsen, S.-E. & Verniau, A. (2016). The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits. *Frontiers in Plant Science*, 6p. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00622>
- Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi, M. S., Ba, D., Breidy, J., Hassan, L., Mohammed, M. I., Mambetov, O., Otambekova, M., Sepahvand, N. A., Shams, A., Souici, D., Miri, K. & Padulosi, S. (2016). Worldwide Evaluations of Quinoa: Preliminary Results from Post International Year of Quinoa FAO Projects in Nine Countries. *Frontiers in Plant Science*, 7, 850p. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00850> 102
- Bhandari, H., Nishant, A., Srivastava, K., Singh, M. & Hemantaranjan, A. (2017). Assessment of genetic diversity in crop plants—An overview. *Advances in Plants & Agriculture Research*, Volume 7(Issue 3), 8p. <https://doi.org/10.15406/apar.2017.07.00255>



- Bioersivity International, FAO, PROIMPA, INIAF y FIDA (2013). *Descriptorios para quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres*. 64 P.
- Bonifacio, A. (2006). *El futuro de los productos andinos en la región alta y los valles centrales de los andes*. Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial. La Paz, Bolivia. 34 P.
- Bonifacio, A., Mujica, A., Álvarez, A., y Roca, W. (2004). *Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla*. En *quinua ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. Santiago, Chile. pp. 125-159.
- Bonifacio, A.; Mujica, A.; Álvarez, A.; Roca, W. (2001). *Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla*. En: *Quinoa, Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro*. Santiago de Chile, Chile.
- Bustincio, R. (2013). *Obtención de progenie de cruza simple en ocho variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.), mediante la estimación de distancias genéticas asistida por marcadores moleculares*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 72 p.
- Catacora, P. & Canahua, A. (1991). *Selección de genotipos de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) resistentes a heladas y perspectivas de producción en camellones*. Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz. IBTA, ORSTOM, CIID-Canada. La Paz, Bolivia pp. 53-56.
- Chopra & S. J. Fleischer (Eds.). *Plant Biotechnology: Experience and Future Prospects* pp.25-33. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06892-3_3



- Chura, E., Mujica, A., Haussmann, B., Smith, K., Flores, S. & Flores, A. L. (2019). Agronomic characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) progeny from close and distant self-fertilized s5 simple crosses. *Ciencia e Investigación Agraria*, pp.154-165. <https://doi.org/DOI 10.7764/rcia.v46i2.2142>
- Chura, E., Mujica, A., Pinto, J., Leon, B. & Flores, A. (2021). Agromorphological characterization of F1 progenies of simple crosses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), under greenhouse conditions. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 2460–2481pp.
- Colque-Little, C., Abondano, M. C., Lund, O. S., Amby, D. B., Piepho, H.-P., Andreasen, C., Schmöckel, S. & Schmid, K. (2021). Genetic variation for tolerance to the downy mildew pathogen *Peronospora variabilis* in genetic resources of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *BMC Plant Biology*, 21(1), 41p. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02804-7>
- Coronado, A. C. M., Hernández, E. H. M. & Coronado, Y. M. (2021). Phenotypic diversity of agromorphological characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm in Colombia. *Scientia Agricola*, 79p. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2021-0017>
- Delatorre-Herrera, J., Sánchez, M., Delfino, I. & Oliva, M. I. (2013). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), un tesoro andino para el mundo. *Idesia (Arica)*, 31(2), pp. 111-114. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292013000200017>
- Delgado, A., Palacios, J. y Betancourt, C. (2009). Evaluation of 16 genotypes of sweet quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the municipality of Iles, Nariño Colombia. *Agronomía Colombiana*, 27(2), pp. 159-167.



- Dominguez, J. (2014). *Caracterización agromorfológica de progenies autofecundadas S4, procedentes de cruzas simples, genéticamente distantes y cercanas en quinua (Chenopodium quinoa Willd.), en condiciones de Campiña de Arequipa.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 105p.
- Dominguez, R (2014). *Caracterización agromorfológica de progenies autofecundadas S2, de cruzas dobles genéticamente distantes y cercanas en quinua (Chenopodium quinoa willd.) bajo condiciones de invernadero.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 89 p. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4121>
- Eisa, S. S., Eid, M. A., Abd El-Samad, E. H., Hussin, S. A., Abdel-Ati, A. A., El-Bordeny, N. E., Ali, S. H., Al-Sayed, H., Lotfy, M. E. y Masoud, A. M. (2017). *(Chenopodium quinoa Willd.) A new cash crop halophyte for saline regions of Egypt. Australian Journal of Crop Science*, 11(3), pp. 343-351.
- EL-Harty, E. H., Ghazy, A., Alateeq, T. K., Al-Faifi, S. A., Khan, M. A., Afzal, M., Alghamdi, S. S. & Migdadi, H. M. (2021). Morphological and Molecular Characterization of Quinoa Genotypes. *Agriculture*, 11(4), 286p. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040286>
- Emrani, N., Hasler, M., Patiranage, D. S. R., Nathaly, M.-T., Rey, E. & Jung, C. (2020). An efficient method to produce segregating populations in quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). *Plant Breeding*, 139(6), 1190-1200pp. <https://doi.org/10.1111/pbr.12873>
- FAO. (2017). The future of food and agriculture: Trends and challenges. *Futuribles*. 3p. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02146755>



- Gandarillas, H. (1979). *Mejoramiento genético en quinua y cañihua cultivos andinos. Serie de libros y materiales educativos N° 49. CIID-IICA*. Bogotá, Colombia. pp. 65-82.
- García, C., Barco, O. y Rosas, I. (2007). Evaluación y transferencia de tecnología para tres genotipos promisorios de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los municipios de Pasto y Guaitarilla del departamento de Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 24(1-2), pp. 74-87
- Garrido, Marco, Silva, Paola, Silva, Herman, Muñoz, Rocío, Baginsky, Cecilia & quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo. *Idesia (Arica)*, 31(2), 69-76. Recuperado en 21 de diciembre de 2015, de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-4292013000200010&lng=es&tlng=es.10.4067/S0718-34292013000200010.
- Gomez, L. & Aguilar, E. (2016). *Guía del cultivo de Quinoa* (Segunda edición). SINCO. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina 130p.
<http://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- Gomez-Pando, L. (2015). *Quinoa Breeding. En Quinoa: Improvement and Sustainable Production* pp. 87-108. John Wiley & Sons, Ltd.
<https://doi.org/10.1002/9781118628041.ch6>
- Grace, B. (1985). *El Clima del Altiplano, Departamento de Puno, Perú. INIPA, CIPA XV, Convenio Perú- Canadá*. Puno, Perú. 183 p.



- Guerrero, J. L., Vallejo, M. T. & Betancourth, C. (2008). Evaluación de 16 selecciones de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd) en el municipio de Guaitarilla, Nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 25(1 y 2), pp. 130-149. 108
- Jacobsen, S. (2003). The worldwide potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International* 19 (12), 167–177.
- Jarvis, D. E., Ho, Y. S., Lightfoot, D. J., Schmöckel, S. M., Li, B., Borm, T. J. A., Ohyanagi, H., Mineta, K., Michell, C. T., Saber, N., Kharbatia, N. M., Rupper, R. R., Sharp, A. R., Dally, N., Boughton, B. A., Woo, Y. H., Gao, G., Schijlen, E. G. W. M., Guo, X., Tester, M. (2017). The genome of *Chenopodium quinoa*. *Nature*, 542(7641), pp. 307-312. <https://doi.org/10.1038/nature21370>
- Jellen, E. (2014). *Botánica, Filogenia y Evolución. En estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. Chile-Francia: FAO- CIRAD. pp. 12-13.
- Joshi, D. C., Meena, R. P. & Chandora, R. (2021). Chapter 3 - Genetic resources: Collection, characterization, conservation, and documentation. En M. Singh & S. Sood (Eds.), *Millets and Pseudo Cereals*. *Woodhead Publishing* pp. 19-31. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820089-6.00003-3> 109
- Larson, G. & Fuller, D. Q. (2014). The Evolution of Animal Domestication. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45(1), pp.115-136. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110512-135813>
- Lescano, J. (1994). *Genética y mejoramiento de cultivos andinos*. Programa Interinstitucional de waru waru.
- Lescano, R., J. L. 1981. *Cultivo de la quinua*. Universidad Nacional del Altiplano. Centro de Investigaciones en Cultivos Andinos. Puno, Perú.



- López-Marqués, R. L., Nørrevang, A. F., Ache, P., Moog, M., Visintainer, D., Wendt, T., Østerberg, J. T., Dockter, C., Jørgensen, M. E., Salvador, A. T., Hedrich, R., Gao, C., Jacobsen, S.-E., Shabala, S. & Palmgren, M. (2020). Prospects for the accelerated improvement of the resilient crop quinoa. *Journal of Experimental Botany*, 71(18), 16p. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa285>
- Lozano-Povis, A., Alvarez-Montalván, C. E., Moggiano, N., Lozano-Povis, A., Alvarez&Montalván, C. E. & Moggiano, N. (2021). El cambio climático en los andes y su impacto en la agricultura: Una revisión sistemática. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), pp. 101-108. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>
- Manjarres-Hernández, E. H., Arias-Moreno, D. M., Morillo-Coronado, A. C., Ojeda&Pérez, Z. Z. & Cárdenas-Chaparro, A. (2021). Phenotypic Characterization of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for the Selection of Promising Materials for Breeding Programs. *Plants*, 10(7), 16p. <https://doi.org/10.3390/plants10071339>
- Manjarres-Hernández, E. H., Morillo-Coronado, A. C., Ojeda-Pérez, Z. Z., Cárdenas & Chaparro, A. & Arias-Moreno, D. M. (2021). Characterization of the yield components and selection of materials for breeding programs of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Euphytica*, 217(6), 101p. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02837-5>
- Massawe, F., Mayes, S., & Cheng, A. (2016). Crop Diversity: An Unexploited Treasure Trove for Food Security. *Trends in Plant Science*, 21(5), pp. 365-368. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.02.006>



- Mayta, J. *Progenies autofecundadas S5 de la quinua: un estudio de características agromorfológicas y moleculares*– Mafra, SC: Ed. da UnC, 2021. 115p.
- Montes-Rojas, C., Burbano-Catuche, G. A., Muñoz-Certuche, E. F., & Calderón-Yonda, Y. (2018). Description of phenological cycle of four ecotypes of (*Chenopodium quinoa* Willd.) at Purace-Cauca, Colombia. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(2), pp. 26-37.
- Mujica, A. & Canahua, A. (1989). Fases fenológicas del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). En: *Curso Taller, Fenología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica*. 27p. INIA, EEZA-ILLPA, PICA, PISA. 112
- Mujica, A. (1977). *Cultivo de la quinua*. Universidad Nacional del Altiplano. Prog. Ing. Agron. Puno, Perú. 93 p.
- Mujica, A., Izquierdo, J., Pierre, J. & Jacobsen, S.-E. (2000). *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. 261p.
- Mujica, A., Suquilanda, M., Chura, E., Ruiz, E., Leon, A., Cutipa, S. & Ponce, C. (2014). *Producción orgánica de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) Puno, Perú: Sociedad Peruana para el Fomento y Competitividad de la Innovación Agraria (FINCAGRO)*. 118p.
- Murphy, K. M., Bazile, D., Kellogg, J. & Rahmanian, M. (2016). Development of a Worldwide Consortium on Evolutionary Participatory Breeding in Quinoa. *Frontiers in Plant Science*, 7, 608p. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00608>



- Nagaraja, A., Chethana, B. S. & Jain, A. K. (2021). Chapter 7—Biotic stresses and their management. En M. Singh & S. Sood (Eds.), *Millets and Pseudo Cereals*. Woodhead Publishing. pp. 119-142. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820089-6.00007-0>
- Palao, I, L., Pauro-Flores, L., & Delgado-Mamani, P. (2021). Mecanismos de protección para el control de aves plaga en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) En salcedo – Puno. *Revista De Ciencias Agrarias*, 7(1), pp. 32-39.
- Pearsall, D. (1992). *The origins of plant cultivation in South America*. 33p. <https://www.scribd.com/document/401726647/Pearsall-1992-The-Origins-of-Plant-Cultivation-in-South-America#>
- Pinargote, J. & Mestanza, C. (2018). *Producción de biomasa y determinación den índice de cosecha en genotipos de quinua (Chenopodium quinoa Willd), en la finca experimental la María*. 99p.
- Portilla, A. (1955). La quinua. *Revista de la Facultad de Medicina*, 23(4), pp. 178-189.
- Razzaghi, F., Jacobsen, S.-E., Jensen, C. R. y Andersen, M. N. (2015). Ionic and photosynthetic homeostasis in quinoa challenged by salinity and drought mechanisms of tolerance. *Functional plant biology*, 42(2), pp. 136–148.
- Reinoso, J. & Paredes, S. (1998). *Post-Producción de productos andinos en el altiplano: Inventario y demanda*. CONDESAN, CIRNMA. Lima, Perú. pp. 1-136.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C. y Jacobsen, S.-E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Food reviews international*, 19(1-2), pp. 179–189.



- Rojas, W. y Pinto, M. (2013). *La diversidad genética de quinua de Bolivia*. Congreso Científico de la Quinua. pp. 77-91
- Rojas, W., Pinto, M., Alanoca, C., Gómez P., Leon-Lobos, L. G., Alercia, A., Diulgheroff, S., Padulosi, S. y Bazile, D. (2014). *Estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de quinua*. FAO. pp. 65-94.
- Romero, E. M. A. (2021). *Caracterización agromorfológica de líneas autofecundadas S10 de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) procedentes de cruzas simples cercanas y distantes genéticamente en Potojani*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. 129 p.
- Roqueiro, G., Guillen, L. F., Barcena, N., Tornello, S., Ruiz Cortez, L. A. & Notario, L. (2020). *Promoción del cultivo de quinua en los Valles Andinos y Centrales de San Juan como alternativa productiva y contribución a la seguridad alimentaria*. EEA San Juan, INTA. 10p. <http://repositorio.inta.gob.ar:80/handle/20.500.12123/8238>
- Rustom, A. (2012). *Estadística descriptiva de probabilidad e inferencia*. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 197p.
- Snowdon, R. J., Wittkop, B., Chen, T.-W., & Stahl, A. (2021). Crop adaptation to climate change as a consequence of long-term breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 134(6), pp. 1613-1623. <https://doi.org/10.1007/s00122->
- Stoskopf, N. C. (1981). *Understanding Crop Production*. Reston-Virginia- USA. 433p.
- Tapia, (2000). *Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación: Agronomía de los cultivos andinos*. Cultivos Andinos. FAO (CD – ROM) Chile.



- Tapia, E. (2007). *Agronomía de los cultivos andinos. En M. E. Tapia, Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación*. Santiago: FAO. pp. 28-77.
- Tapia, M. (1979). *La quinua y la kañiwa, cultivos andinos*. IICA.
- Tapia, M., Cahuana, A. & Ignacion, S. (2014). *Razas de quinua del Perú de los Andes al mundo*. Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 173p.
- Velasco, O., Cárdenas, B., Abril, R., Ancco, M. & Annco, R. (2019). Estudio comparativo del contenido proteico de nueve variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivadas en tres zonas agroecológicas del Perú. *SCIENTIARVM*, 1(1), pp.31-35. <https://doi.org/10.26696/sci.epg.0103> 116
- Vilca, S. M., Espinoza, E. & Vidal, A. P. (2015). Multiplicación de semilla de variedades y ecotipos de quinua en valle de majes-Arequipa. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 17(3), 2p.
- Villarreal, H. & Elias, A. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*. 6 p. <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.05>
- Wahli, C. & Latinreco, S. (1990). *Quinua hacia su cultivo comercial*. Editorial Latinreco, Quito. 37 p.
- Zevallos, V. F., Herencia, L. I. y Ciclitira, P. J. (2013). Quinoa, coeliac disease and glutenfree diet. *State of the Art Report of Quinoa in the World in*. pp. 300-31
- Zurita-Silva, A., Fuentes, F., Zamora, P., Jacobsen, S.-E., & Schwember, A. R. (2014). Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Potential and perspectives. *Molecular Breeding*, 34(1), pp. 13-30. <https://doi.org/10.1007/s11032-014-0023->



ANEXOS

Tabla A.1. Promedio de repeticiones de días a la floración (días) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Cruza	Línea	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	90	93	90	91
(ColxKca)x(SalxCol)	57	90	93	90	91
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	90	92	90	91
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	89	90	92	90
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	92	90	93	92
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	89	90	90	90
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	96	93	92	94
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	89	88	88	88
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	90	85	90	88
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	90	95	95	93
(SalxCol)x(SalxPan)	31	95	97	94	95
(SalxCol)x(SalxPan)	68	96	95	93	95
(SalxCol)x(SalxPan)	75	88	90	90	89
(SalxCol)x(SalxPan)	87	95	95	92	94
(SalxHua)x(PasxKca)	92	88	88	90	89
(SalxHua)x(PasxKca)	99	89	86	86	87
(SalxHua)x(PasxKca)	139	95	100	95	97
(SalxHua)x(PasxKca)	148	93	95	90	93



Tabla A.2. Promedio de repeticiones de días a la madurez fisiológica (días) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Cruza	Línea	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	150	152	149	150
(ColxKca)x(SalxCol)	57	150	150	150	150
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	150	148	148	149
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	144	144	146	145
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	150	150	152	151
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	146	146	146	146
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	151	150	150	150
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	145	145	145	145
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	151	148	154	151
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	149	155	152	152
(SalxCol)x(SalxPan)	31	152	155	148	152
(SalxCol)x(SalxPan)	68	155	158	158	157
(SalxCol)x(SalxPan)	75	145	147	145	146
(SalxCol)x(SalxPan)	87	153	150	152	152
(SalxHua)x(PasxKca)	92	148	145	150	148
(SalxHua)x(PasxKca)	99	143	140	142	142
(SalxHua)x(PasxKca)	139	150	155	155	153
(SalxHua)x(PasxKca)	148	151	151	147	150

Tabla A.3. Promedio de repeticiones de altura de planta (cm) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Cruza	Línea	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	111	130	126	122
(ColxKca)x(SalxCol)	57	105	109	93	102
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	116	128	128	124
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	118	137	121	125
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	100	115	127	114
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	96	111	97	101
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	97	135	116	116
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	109	102	106	106
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	98	118	103	106
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	91	114	103	103
(SalxCol)x(SalxPan)	31	112	118	112	114
(SalxCol)x(SalxPan)	68	124	119	114	119
(SalxCol)x(SalxPan)	75	98	96	101	98
(SalxCol)x(SalxPan)	87	97	109	102	103
(SalxHua)x(PasxKca)	92	99	113	129	114
(SalxHua)x(PasxKca)	99	114	94	136	115
(SalxHua)x(PasxKca)	139	90	127	77	98
(SalxHua)x(PasxKca)	148	111	135	121	122



Tabla A.4. Promedio de repeticiones de diámetro de tallo (mm) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Cruzas	Línea	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	9.9	12.6	13.9	12.1
(ColxKca)x(SalxCol)	57	11.9	13.3	11.1	12.1
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	11.3	14	13.6	13.0
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	14.5	16	13	14.5
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	10	13.1	16.3	13.1
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	8.7	11.7	13.7	11.4
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	9	17	16.5	14.2
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	10.2	9.7	14.2	11.4
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	9.8	13.2	14.5	12.5
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	9.6	15.2	12.7	12.5
(SalxCol)x(SalxPan)	31	12.2	12.7	12	12.3
(SalxCol)x(SalxPan)	68	11.8	11.1	11.1	11.3
(SalxCol)x(SalxPan)	75	10.1	11.2	11.8	11.0
(SalxCol)x(SalxPan)	87	12.3	13.8	11.2	12.4
(SalxHua)x(PasxKca)	92	8	10.2	16.2	11.5
(SalxHua)x(PasxKca)	99	14.3	11.2	17.9	14.5
(SalxHua)x(PasxKca)	139	9	13.3	12.9	11.7
(SalxHua)x(PasxKca)	148	12.1	15.1	14.1	13.8



Tabla A.5. Promedio de repeticiones de longitud de panoja (cm) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Cruza	Línea	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	43.7	39.9	49	44.2
(ColxKca)x(SalxCol)	57	53.7	42.9	37	44.5
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	43.5	56.5	58.7	52.9
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	54.8	46.5	46.4	49.2
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	40.8	46.8	54.1	47.2
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	44.5	39.1	48.7	44.1
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	38.1	57	59.2	51.4
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	50.3	38.2	55.2	47.9
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	46.2	57.4	52.8	52.1
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	43.7	45.7	45.2	44.9
(SalxCol)x(SalxPan)	31	41.5	44.3	47.2	44.3
(SalxCol)x(SalxPan)	68	45	47	44.5	45.5
(SalxCol)x(SalxPan)	75	47.2	37.8	35.8	40.3
(SalxCol)x(SalxPan)	87	44	48.3	34.9	42.4
(SalxHua)x(PasxKca)	92	37.3	42.7	52.8	44.3
(SalxHua)x(PasxKca)	99	53.6	45.3	65.5	54.8
(SalxHua)x(PasxKca)	139	43.7	51.1	52.3	49.0
(SalxHua)x(PasxKca)	148	45.9	43.8	37.2	42.3



Tabla A.6. Promedio de repeticiones de diámetro de panoja (mm) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Líneas		I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	55.1	63.4	67.2	61.9
(ColxKca)x(SalxCol)	57	49.2	49.3	40.7	46.4
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	64.4	72.4	63	66.6
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	61.1	78.3	57.4	65.6
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	41.5	50.9	56.2	49.5
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	51.9	52.1	59.4	54.5
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	36.3	78.8	59.3	58.1
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	53.6	40.1	61.4	51.7
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	52.2	66.2	67.5	62.0
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	49.4	51.3	53.6	51.4
(SalxCol)x(SalxPan)	31	59.3	81	76.2	72.2
(SalxCol)x(SalxPan)	68	57.2	44.7	64	55.3
(SalxCol)x(SalxPan)	75	76	48.2	50	58.1
(SalxCol)x(SalxPan)	87	69.4	61.3	59.6	63.4
(SalxHua)x(PasxKca)	92	50.5	49.8	66.2	55.5
(SalxHua)x(PasxKca)	99	62.1	62	84.4	69.5
(SalxHua)x(PasxKca)	139	53.8	60.4	64.8	59.7
(SalxHua)x(PasxKca)	148	66.4	54.4	68	62.9



Tabla A.7. Promedio de repeticiones de diámetro de grano (mm) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Cruza	Línea	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	2	1.9	2	2.0
(ColxKca)x(SalxCol)	57	2	1.8	1.8	1.9
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	2.1	2	2.1	2.1
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	2	2.1	2.1	2.1
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	1.8	1.9	1.8	1.8
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	1.8	1.9	1.8	1.8
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	1.8	1.8	1.9	1.8
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	1.9	1.8	1.8	1.8
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	1.9	2	1.9	1.9
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	1.9	1.8	1.8	1.8
(SalxCol)x(SalxPan)	31	2.2	2.2	2.2	2.2
(SalxCol)x(SalxPan)	68	2	2	2	2.0
(SalxCol)x(SalxPan)	75	1.9	2	1.9	1.9
(SalxCol)x(SalxPan)	87	2.3	2.1	2.2	2.2
(SalxHua)x(PasxKca)	92	1.8	1.8	1.8	1.8
(SalxHua)x(PasxKca)	99	1.9	1.8	1.8	1.8
(SalxHua)x(PasxKca)	139	1.8	1.8	1.8	1.8
(SalxHua)x(PasxKca)	148	1.7	1.8	1.8	1.8

Tabla A.8. Promedio de repeticiones de peso de 1000 granos (g) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Cruza	Línea	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	2.7	3.1	3.2	3.0
(ColxKca)x(SalxCol)	57	2.9	2.5	2.5	2.6
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	3.2	3.7	3.5	3.5
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	3.6	3.6	3.7	3.6
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	2.6	2.7	2.7	2.7
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	2.5	2.4	2.4	2.4
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	2.6	2.7	2.7	2.7
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	2.8	2.6	2.6	2.7
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	2.9	2.9	2.8	2.9
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	2.6	2.6	2.6	2.6
(SalxCol)x(SalxPan)	31	4.3	4.4	4.2	4.3
(SalxCol)x(SalxPan)	68	2.9	2.9	3	2.9
(SalxCol)x(SalxPan)	75	3	2.9	3.3	3.1
(SalxCol)x(SalxPan)	87	3.6	3.7	3.7	3.7
(SalxHua)x(PasxKca)	92	2.6	2.5	2.5	2.5
(SalxHua)x(PasxKca)	99	2.5	2.5	2.6	2.5
(SalxHua)x(PasxKca)	139	2.3	2.5	2.4	2.4
(SalxHua)x(PasxKca)	148	2.4	2.6	2.6	2.5

Tabla A.9. Promedio de repeticiones de peso de grano por planta (g) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Cruza	Línea	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	24.8	23.5	25.8	24.7
(ColxKca)x(SalxCol)	57	18.1	15.6	13.7	15.8
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	25.6	34.7	28.3	29.5
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	29.2	29.1	27.9	28.7
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	19.5	27	35.2	27.2
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	17.9	21.9	33.1	24.3
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	17.4	21.2	31.4	23.3
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	17	19	39	25.0
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	26.9	29.9	39.4	32.1
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	22.9	27.1	22.9	24.3
(SalxCol)x(SalxPan)	31	19.1	30.8	28.1	26.0
(SalxCol)x(SalxPan)	68	20.8	24.8	24.8	23.5
(SalxCol)x(SalxPan)	75	35.4	23.4	24.7	27.8
(SalxCol)x(SalxPan)	87	28.8	34.4	27.5	30.2
(SalxHua)x(PasxKca)	92	27.1	25.8	32.5	28.5
(SalxHua)x(PasxKca)	99	32.1	26.2	60.2	39.5
(SalxHua)x(PasxKca)	139	21.5	35.4	24.5	27.1
(SalxHua)x(PasxKca)	148	22.3	29.1	31	27.5

Tabla A.10. Promedio de repeticiones de rendimiento de grano por hectárea (kg/ha) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Cruza	Líneas	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	4133	3917	4300	4117
(ColxKca)x(SalxCol)	57	3017	2600	2283	2633
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	4267	5783	4717	4922
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	4867	4850	4650	4789
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	3250	4500	5867	4539
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	2983	3650	5517	4050
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	2900	3533	5233	3889
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	2833	3167	6500	4167
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	4483	4983	6567	5344
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	3817	4517	3817	4050
(SalxCol)x(SalxPan)	31	3183	5133	4683	4333
(SalxCol)x(SalxPan)	68	3467	4133	4133	3911
(SalxCol)x(SalxPan)	75	5900	3900	4117	4639
(SalxCol)x(SalxPan)	87	4800	5733	4583	5039
(SalxHua)x(PasxKca)	92	4517	4300	5417	4745
(SalxHua)x(PasxKca)	99	5350	4367	10034	6584
(SalxHua)x(PasxKca)	139	3583	5900	4083	4522
(SalxHua)x(PasxKca)	148	3717	4850	5167	4578



Tabla A.11. Promedio de repeticiones de índice de cosecha (%) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), 2019-2020

Cruza	Línea	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	41.7	39.4	40.4	40.5
(ColxKca)x(SalxCol)	57	34.9	30.8	35.8	33.8
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	39.8	43.9	36.3	40.0
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	50.1	33.6	40.8	41.5
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	44.3	40.4	53.7	46.1
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	37.5	38	47	40.8
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	44.8	33.8	43.9	40.8
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	37.8	43.8	49.1	43.6
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	45.4	40.1	45.2	43.6
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	41.6	46.8	51.8	46.7
(SalxCol)x(SalxPan)	31	29.3	36.4	41	35.6
(SalxCol)x(SalxPan)	68	29.6	35.9	41	35.5
(SalxCol)x(SalxPan)	75	46.3	40.1	48.4	44.9
(SalxCol)x(SalxPan)	87	41.8	38.9	57.3	46.0
(SalxHua)x(PasxKca)	92	45.9	44	28.8	39.6
(SalxHua)x(PasxKca)	99	47.9	43.2	40.1	43.7
(SalxHua)x(PasxKca)	139	38.6	41.9	44.1	41.5
(SalxHua)x(PasxKca)	148	42.9	36.8	43.8	41.2



Tabla A.12. Promedio de repeticiones de biomasa (g) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) 2019-2020

Cruza	Línea	I	II	III	Promedio
(ColxKca)x(SalxCol)	125	59.5	59.5	63.8	60.9
(ColxKca)x(SalxCol)	57	51.8	50.5	38.3	46.9
(HuaxKca)x(PasxKca)	99	64.3	79	77.8	73.7
(HuaxKca)x(PasxKca)	2	58.3	86.5	68.3	71.0
(HuaxKca)x(PasxKca)	58	44	68	65.5	59.2
(HuaxKca)x(SalxHua)	3	47.8	57.5	70.3	58.5
(HuaxKca)x(SalxHua)	19	38.8	62.5	71.5	57.6
(HuaxKca)x(SalxHua)	28	45	43.3	79.5	55.9
(HuaxKca)x(SalxHua)	108	59.3	74.5	87.3	73.7
(HuaxKca)x(SalxHua)	123	55.6	57.8	44.3	52.6
(SalxCol)x(SalxPan)	31	65.3	84.5	68.4	72.7
(SalxCol)x(SalxPan)	68	70.3	69	60.5	66.6
(SalxCol)x(SalxPan)	75	76.5	58.3	51	61.9
(SalxCol)x(SalxPan)	87	68.8	88.3	48	68.4
(SalxHua)x(PasxKca)	92	59	58.5	112.8	76.8
(SalxHua)x(PasxKca)	99	67	60.5	150	92.5
(SalxHua)x(PasxKca)	139	55.5	84.5	55.5	65.2
(SalxHua)x(PasxKca)	148	52	79	70.8	67.3

SELECCION POR RENDIMIENTO DE 18 LINEAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa wild.*) PROCEDENTES DE CRUZAS DOBLES DISTANTES Y CERCANAS CIP CAMACANI

3m		1m	3m	1m	3m	1m	3m	1m	3m
Bloque 1 12 m	(SalxCol)x(SaixPan)_87_C6_N3	(HuaxKca)x(SaixHua)_108_C1_D1	(SaixHua)x(PasxKca)_139_C2_D2	(HuaxKca)x(SaixHua)_123_C1_D1	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(ColxKca)x(SaixCol)_125_C5_N2	(ColxKca)x(SaixCol)_125_C5_N2	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
	(HuaxKca)x(PasxKca)_99_C3_D3	(SaixHua)x(PasxKca)_92_C2_D2	(ColxKca)x(SaixCol)_125_C5_N2	(SaixCol)x(SaixPan)_68_C6_N3	(HuaxKca)x(PasxKca)_92_C2_D2	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_68_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
	chk_P3_PAS_P3	chk_P2_SAL_P2	(SaixCol)x(SaixPan)_31_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_68_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
	(ColxKca)x(SaixCol)_57_C5_N2	(HuaxKca)x(SaixHua)_28_C1_D1	(HuaxKca)x(SaixHua)_3_C1_D1	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
Bloque 2 12 m	chk_P4_PAN_P4	(HuaxKca)x(PasxKca)_58_C3_D3	(HuaxKca)x(SaixHua)_19_C1_D1	(HuaxKca)x(SaixHua)_19_C1_D1	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(HuaxKca)x(SaixHua)_148_C2_D2	(HuaxKca)x(SaixHua)_148_C2_D2	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
	(SaixHua)x(PasxKca)_99_C2_D2	chk_chk1_ATP_chk1	chk_P5_KCA_P5	chk_P5_KCA_P5	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(HuaxKca)x(SaixHua)_148_C2_D2	(HuaxKca)x(SaixHua)_148_C2_D2	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
	chk_P2_SAL_P2	(HuaxKca)x(PasxKca)_58_C3_D3	(HuaxKca)x(SaixHua)_28_C1_D1	(HuaxKca)x(SaixHua)_28_C1_D1	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(HuaxKca)x(SaixHua)_148_C2_D2	(HuaxKca)x(SaixHua)_148_C2_D2	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
	chk_P3_PAS_P3	chk_P4_PAN_P4	(HuaxKca)x(SaixHua)_19_C1_D1	(HuaxKca)x(SaixHua)_19_C1_D1	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(HuaxKca)x(SaixHua)_148_C2_D2	(HuaxKca)x(SaixHua)_148_C2_D2	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
Bloque 3 12 m	(SaixCol)x(SaixPan)_31_C6_N3	(HuaxKca)x(PasxKca)_58_C3_D3	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
	chk_P2_SAL_P2	(SaixHua)x(PasxKca)_148_C2_D2	chk_P5_KCA_P5	chk_P5_KCA_P5	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
	(SaixCol)x(SaixPan)_68_C6_N3	chk_chk1_ATP_chk1	(ColxKca)x(SaixCol)_57_C5_N2	(ColxKca)x(SaixCol)_57_C5_N2	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
	chk_P3_PAS_P3	(HuaxKca)x(SaixHua)_19_C1_D1	(HuaxKca)x(SaixHua)_28_C1_D1	(HuaxKca)x(SaixHua)_28_C1_D1	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(HuaxKca)x(PasxKca)_2_C3_D3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3	(SaixCol)x(SaixPan)_75_C6_N3
19 m									

Figura A.1. Croquis del área experimental y distribución de tratamientos en el C.E José Arze Borda Camacani – Puno

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú												
Codigo		Estacion	Alt Mts	Latitud	Longitud	Direcc.Reg		Cuenca	Departamento		V Nom	Prc
000821		RINCON DE LA CRUZ	3887	15° 59' 24.6"	69° 48' 34.6"	13		ACORA	PUNO		PUNO	
Año	Mes	TMAX	TMIN	TBS7	TBS13	TBS18	TBH7	TBH13	TBH19	PP7	PP19	PT
2019	10	16.754	2.567	8.89	15.31	7.148	7.361	11.683	5.606	0.609	1.619	2.629
Año	Mes	TMAX	TMIN	TBS7	TBS13	TBS18	TBH7	TBH13	TBH19	PP7	PP19	PT
2019	11	16.446	4.42	9.693	15.32	8.326	8.226	11.613	6.52	-27.983	1.19	-27.203
Año	Mes	TMAX	TMIN	TBS7	TBS13	TBS18	TBH7	TBH13	TBH19	PP7	PP19	PT
2019	12	16.903	5.329	10.483	15.48	9.464	8.922	12.116	7.748	0.976	-27.51	-26.138
Año	Mes	TMAX	TMIN	TBS7	TBS13	TBS18	TBH7	TBH13	TBH19	PP7	PP19	PT
2020	1	16.083	5.141	8.89	14.77	9.103	7.806	12.438	7.935	3.832	-26.81	-23.4
Año	Mes	TMAX	TMIN	TBS7	TBS13	TBS18	TBH7	TBH13	TBH19	PP7	PP19	PT
2020	2	15.696	5.724	8.268	14.44	9.11	7.613	12.351	8.062	4.455	-29.52	-25.006



ELABORADO POR : ANGELA PEÑA
Asistente Hidrometeorológico.

Figura A.2. Datos hidrometeorológicos de la estación hidrometeorológica Rincón de la Cruz – Acora, Puno- Perú.

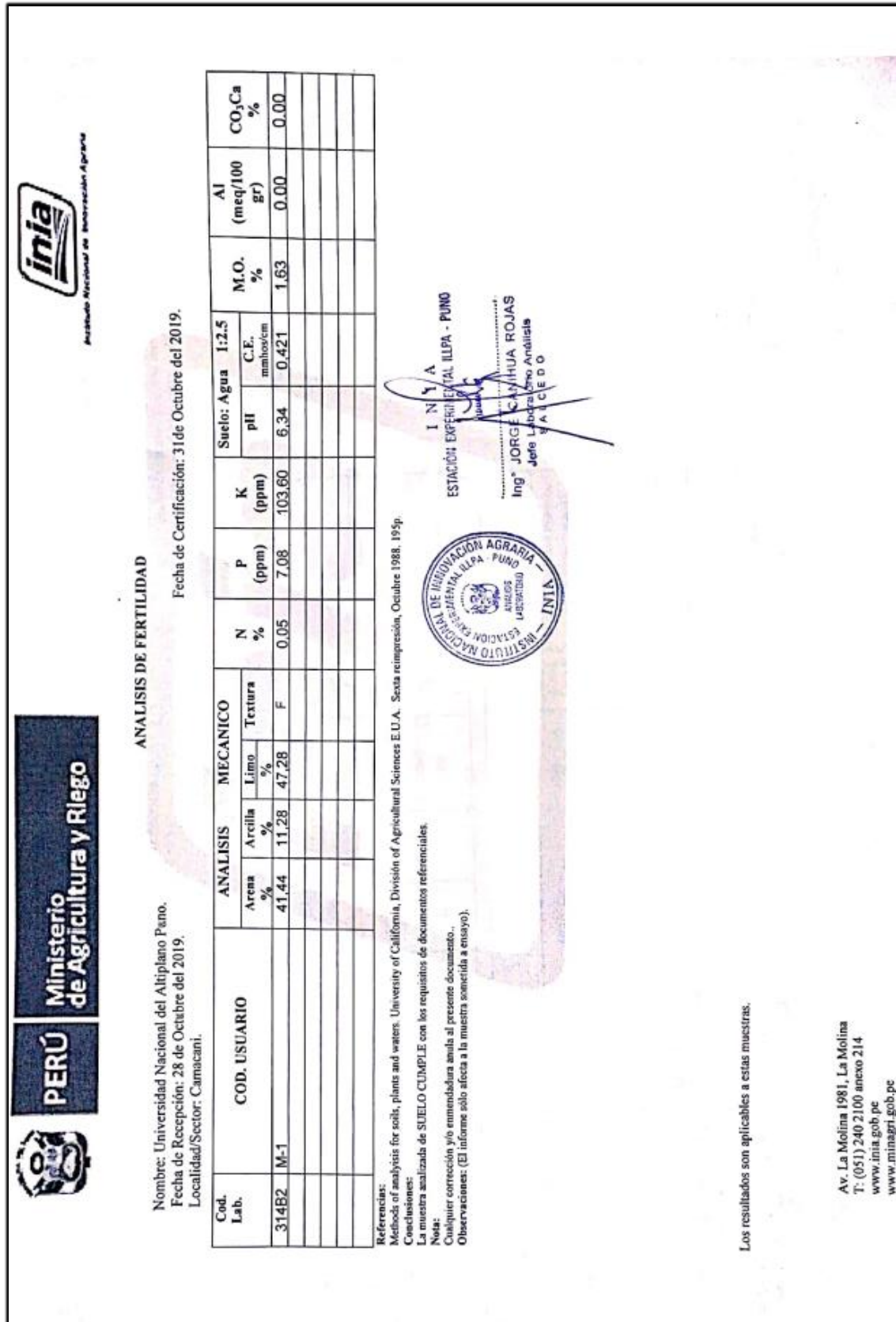


Figura A.3. Análisis y caracterización del suelo experimental (INIA)



Figura A.4. Preparación de terreno para la instalación del experimento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña 2019-2020.



Figura A.5. Marcado de parcelas y siembra del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña 2019-2020.



Figura A.6. Primer deshierbo de parcelas de cruas dobles de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña 2019-2020.



Figura A.7. Aporque del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña 2019-2020.



Figura A.8. Cosecha de semilla y biomasa del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña 2019-2020.



Figura A.9. Trillado manual del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña 2019-2020.



Figura A.10. Empacado y etiquetado de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña 2019-2020.



Figura A.10. Empacado y etiquetado de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña 2019-2020.