



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



**CARACTERIZACION AGROMORFOLOGICA DE LINEAS
AUTOFECUNDADAS S10 DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)
PROCEDENTES DE CRUZAS SIMPLES CERCANAS Y
DISTANTES GENETICAMENTE EN POTOJANI PUNO – PERÚ.**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ESDUAR MIGUEL ANGEL ROMERO UCHARICO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

Primeramente, a Dios todo poderoso, por haberme guiado hasta aquí, dando la valentía y aliento necesario para poder culminar con este trabajo de investigación, pese a las dificultades, siempre me ha acompañado muchas gracias mi Dios.

A mis queridos padres Porfirio y María por su fortaleza, preocupación, apoyo, ánimo y oración por mi cada día, forjando valores y educación que permanecieron y permanecerán durante toda mi formación profesional, les estaré siempre agradecido.

A mis queridos abuelos Cecilio y Eleuteria que son mi inspiración para mi crecimiento profesional, siempre preocupándose por mí, brindándome ánimo, consejos sabios y por su gran cariño.

A mis queridos hermanos Juan José y María Fernanda que siempre han estado conmigo apoyando, alentando y motivándome a cumplir mis metas, y compartiendo momentos de alegría e inolvidable.

A mis queridos amigos que siempre de alguna manera me han apoyado, preguntándome como estaba, gracias por su amistad.

E. Miguel Angel Romero Ucharico



AGRADECIMIENTO

Para Dios sea la honra y la gloria. Agradezco a Dios por acompañarme, en todo el proceso de construcción de este trabajo de investigación, guiándome en cada decisión, motivación y fuerza mi gratitud para siempre a Dios.

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 y contribuirán 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. Silverio Apaza Apaza como presidente, al D.Sc. Ernesto Javier Chura Yupanqui como primer miembro, al M.Sc. Julio Cesar Sosa Choque como segundo miembro.

Al Ph. D. Ángel Mauricio Holguer Mujica Sánchez como asesor de la presente investigación, por sus valiosos consejos, orientación, dirección en el proceso y culminación del trabajo de investigación.

En memoria del Ingeniero M.Sc. Francis Miranda Choque que en paz descanse, le agradezco, porque en vida usted pudo sembrar la semilla de la investigación científica en nosotros, agradezco sus indicaciones iniciales para esta investigación.

Encarecidamente al M.Sc. Flavio Lozano Isla y al M.Sc. José David Apaza Calcina por su guía oportuna y ánimo para seguir adelante con este trabajo de investigación, realmente muchas gracias, más que colegas siempre serán mis amigos.

A mis compañeros y amigos que siempre formaran parte de mis mejores recuerdos.

E. Miguel Angel Romero Ucharico



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
CAPITULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. REFERENCIAS TEORICAS	18
2.1.1. Cultivo de quinua.....	18
2.1.2. Domesticación	19
2.1.3. Importancia del cultivo de quinua	20
2.1.4. Descripción botánica de la planta	21
2.1.4.1. Planta	21
2.1.4.2. Raíz	22
2.1.4.3. Tallo	22
2.1.4.4. Hojas	22
2.1.4.5. Inflorescencia.....	23
2.1.4.6. Flores	23
2.1.4.7. Fruto.....	23
2.1.4.8. Semilla	24
2.1.5. Fenología de la quinua.....	24
2.1.5.1. Germinación	24
2.1.5.2. Dos hojas verdaderas	25
2.1.5.3. Cuatro hojas verdaderas.....	25



2.1.5.4. Seis hojas verdaderas	25
2.1.5.5. Ramificación.....	25
2.1.5.6. Inicio de panojamiento	25
2.1.5.7. Panojamiento	26
2.1.5.8. Inicio de floración.....	26
2.1.5.9. Floración o antesis	26
2.1.5.10. Grano acuoso	26
2.1.5.11. Grano lechoso	27
2.1.5.12. Grano pastoso	27
2.1.5.13. Madurez fisiológica	27
2.1.5.14. Madurez de cosecha.....	27
2.1.6. Requerimientos del cultivo.....	27
2.1.6.1. Suelo	27
2.1.6.2. pH	28
2.1.6.3. Clima.....	28
2.1.6.4. Agua.....	28
2.1.6.5. Temperatura.....	29
2.1.6.6. Radiación	29
2.1.6.7. Fotoperiodo.....	29
2.1.7. Valor nutritivo	29
2.1.8. Saponina	30
2.1.9. Variedades de quinua	31
2.1.9.1. Salcedo-INIA.....	31
2.1.9.2. Huariponcho	31
2.1.9.3. Negra Collana	31
2.1.9.4. Kcancolla	32
2.1.9.5. Pandela Rosada	32
2.1.9.6. Altiplano	32
2.1.9.7. Choclito.....	32
2.1.10. Caracterización agromorfológica.....	33
2.1.10.1. Caracterización Morfológica	33
2.1.10.2. Caracterización Agronómica	33



2.1.11. Genética y herencia.....	34
2.1.12. El mejoramiento genético de la quinua	35
2.1.13. La autofecundación y la quinua	36
2.1.14. Ideotipo	37
2.1.15. Análisis de varianza	38
2.1.16. Prueba de Student-Newman-Keuls (S.N.K.)	38
2.1.17. Análisis multivariado.....	38
2.2. ANTECEDENTES	39

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCION	41
3.1.1. Ámbito de estudio.....	41
3.1.2. Localización del proyecto.....	41
3.2. HISTORIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL	42
3.3. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	42
3.4. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS.....	42
3.5. CONTENIDO DE SAPONINA Y PROTEÍNA.....	43
3.6. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS.....	43
3.6.1. Temperatura.....	43
3.6.2. Precipitación	44
3.6.3. Humedad relativa.....	44
3.7. MATERIAL EXPERIMENTAL	45
3.7.1. Material genético	45
3.8. MATERIAL DE CAMPO	46
3.9. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	47
3.10. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO	47
3.11. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	48
3.12. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	48
3.13. CONDUCCION DEL EXPERIMENTO	48
3.13.1. Preparación del suelo.....	48
3.13.2. Siembra	49
3.13.3. Fertilización	49



3.13.4. Control de malezas	49
3.13.5. Desahije	49
3.13.6. Aporque	49
3.13.7. Cosecha y Trillado.....	49
3.14. EVALUACIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES	50
3.15. METODOS DE VARIABLES AGRONOMICAS.....	50
3.15.1. Número de días hasta el 50% de floración (d).....	50
3.15.2. Número de días hasta el 50% de madurez fisiológica (d).....	50
3.15.3. Altura de planta (cm)	50
3.15.4. Diámetro de tallo (mm)	51
3.15.5. Longitud de panoja (cm).....	51
3.15.6. Diámetro de panoja (mm)	51
3.15.7. Peso de 1000 granos (g).....	51
3.15.8. Diámetro de grano (mm)	51
3.15.9. Rendimiento por planta (g)	51
3.15.10. Rendimiento (Kg/ha)	52
3.15.11. Índice de cosecha (%).....	52
3.16. METODOS DE VARIABLES MORFOLOGICAS.....	52
3.16.1. Color de panoja en floración (escala)	52
3.16.2. Color de panoja en madurez fisiológica (escala).....	52
3.16.3. Forma de panoja (escala)	52
3.16.4. Densidad de la panoja (escala).....	52
3.16.5. Comportamiento al mildiu (escala)	53
3.16.6. Daño por aves (escala).....	53
3.17. CARACTERÍSTICAS AGROMORFOLOGICAS	53
3.18. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	53

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACION DE CARACTERES AGRONOMICOS EN LÍNEAS DE QUINUA S10 PROVENIENTES DE CRUZAS SIMPLES CERCANAS Y DISTANTES GENETICAMENTE	54
4.1.1. Altura de planta.....	54



4.1.2. Diámetro de tallo principal	57
4.1.3. Longitud de panoja	60
4.1.4. Diámetro de panoja.....	63
4.1.5. Floración	66
4.1.6. Madurez fisiológica	68
4.1.7. Rendimiento de semillas por planta.....	71
4.1.8. Rendimiento por hectárea	74
4.1.9. Peso de 1000 granos	77
4.1.10. Diámetro de grano	80
4.1.11. Índice de cosecha.....	82
4.1.12. Contenido de saponina y proteína.....	85
4.2. EVALUACION DE CARACTERES MORFOLOGICOS EN LÍNEAS DE QUINUA S10 PROVENIENTES DE CRUZAS SIMPLES CERCANAS Y DISTANTES GENETICAMENTE	87
4.2.1. Color de panoja en floración.....	87
4.2.2. Color de panoja en madurez fisiológica	88
4.2.3. Forma de la Panoja	89
4.2.4. Densidad de Panoja.....	89
4.2.5. Comportamiento al mildiu	90
4.2.6. Daño por aves	91
4.3. SELECCIÓN DEL MEJOR IDEOTIPO EN LÍNEAS DE QUINUA S10 DE ACUERDO AL RENDIMIENTO Y PRECOCIDAD	93
4.3.1. Análisis multivariado (PCA)	93
4.3.2. Ideotipo de quinua	96
V. CONCLUSIONES	98
VI. RECOMENDACIONES	99
VII. REFERENCIAS.....	100
ANEXOS	117

Área : Ciencias Agrícolas

Línea : Manejo Agronómico de Cultivos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 21 DE DICIEMBRE 2021



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1: Localización del campo experimental en el Fundo de Producción Potojani (Campaña agrícola 2019 - 2020).....	41
Figura N°2: Temperaturas máximas, medias y mínimas durante la campaña agrícola 2019 – 2020.....	44
Figura N°3: Precipitación pluvial (A) y humedad relativa (B) durante la campaña agrícola 2019 – 2020.....	45
Figura N°4: Comportamiento de altura de planta en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.	55
Figura N°5: Comportamiento del diámetro de tallo en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.	58
Figura N°6: Comportamiento de longitud de panoja en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.	61
Figura N°7: Comportamiento de diámetro de panoja en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.	64
Figura N°8: Comportamiento de días a la floración en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.	67
Figura N°9: Comportamiento de días a la madurez fisiológica en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	69
Figura N°10: Comportamiento de rendimiento por planta en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020. 72	72
Figura N°11: Comportamiento de rendimiento por hectárea en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	75
Figura N°12: Comportamiento de peso de 1000 granos en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.	78
Figura N°13: Comportamiento de diámetro de grano en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.	81
Figura N°14: Comportamiento del índice de cosecha en líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.	83
Figura N°15: Plano factorial de análisis de componentes principales.	94
Figura N°16: Círculo de correlación para variables del experimento.	94



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N°1: Análisis de caracterización de los suelos.....	42
Tabla N°2: Promedio de datos meteorológicos durante el experimento (2019 - 2020), según el SENAMHI de la estación Rincón de la Cruz de Acora.....	43
Tabla N°3: Líneas de quinua procedentes de autofecundaciones S10, con sus parentales y testigos de la campaña agrícola 2019 – 2020.....	46
Tabla N°4: Medidas del campo experimental del Fundo Potojani, de la Campaña agrícola 2019 – 2020.....	47
Tabla N°5: Variables de estudio evaluadas durante la investigación (campaña agrícola 2019 – 2020).	53
Tabla N°6: Análisis de Varianza (ANOVA) para la altura de planta de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	54
Tabla N°7: Prueba de S.N.K. al 5% para altura de planta (cm) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	55
Tabla N°8: Análisis de Varianza (ANOVA) para diámetro de tallo de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	57
Tabla N°9: Prueba de S.N.K. al 5% para diámetro de tallo (mm) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	59
Tabla N°10: Análisis de Varianza (ANOVA) para la longitud de panoja de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	60
Tabla N°11: Prueba de S.N.K. al 5% para longitud de panoja (cm) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	61
Tabla N°12: Análisis de Varianza (ANOVA) para el diámetro de panoja de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	63
Tabla N°13: Prueba de S.N.K. al 5% para diámetro de panoja (mm) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	64



Tabla N°14: Análisis de Varianza (ANOVA) para la floración de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	66
Tabla N°15: Prueba de S.N.K. al 5% para días a la floración (días) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	67
Tabla N°16: Análisis de Varianza (ANOVA) para madurez fisiológica de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	68
Tabla N°17: Prueba de S.K.N. al 5% para días a la madurez fisiológica (días) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	70
Tabla N°18: Análisis de Varianza (ANOVA) para rendimiento por planta de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	71
Tabla N°19: Prueba de S.K.N. al 5% para rendimiento por planta (g) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	73
Tabla N°20: Análisis de Varianza (ANOVA) para rendimiento por hectárea de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	74
Tabla N°21: Prueba de S.K.N. al 5% para rendimiento por hectárea (kg/ha) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	75
Tabla N°22: Análisis de Varianza (ANOVA) para peso de 1000 granos de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	77
Tabla N°23: Prueba de S.K.N. al 5% para peso de 1000 granos (g) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	78
Tabla N°24: Análisis de Varianza (ANOVA) para diámetro de grano de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	80
Tabla N°25: Prueba de S.K.N. al 5% para diámetro de grano (mm) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	81
Tabla N°26: Análisis de Varianza (ANOVA) para índice de cosecha de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	83



Tabla N°27: Prueba de S.K.N. al 5% para índice de cosecha (%) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	84
Tabla N°28: Contenido de Saponina y Proteína en líneas de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.....	86
Tabla N°29: Caracterización de variables morfológicas como color de panoja en floración y madurez fisiológica, forma y densidad de panoja, reacción al mildiu y daño por aves con respecto a las líneas, parentales y testigos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).	92



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

HUAxKCA:	Huariponcho x Kcancolla.
SALxHUA:	Salcedo INIA x Huariponcho.
SALxPAN:	Salcedo INIA x Pandela Rosada.
COLxKCA:	Negra Collana x Kcancolla.
SALxCOL:	Salcedo INIA x Negra Collana.
HUA:	Huariponcho.
KCA:	Kcancolla.
COL:	Negra Collana.
PAN:	Pandela Rosada.
SAL:	Salcedo INIA.
ATP:	Altiplano.
CV:	Coficiente de varianza.
ANOVA:	Análisis de varianza.
S.N.K.:	Prueba de Student-Newman-Keuls
%:	Porcentaje.
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
D.R.A.P.:	Dirección Regional Agraria Puno
C.V.:	Coficiente de Variabilidad
DBCA:	Diseño de Bloques Completamente al Azar
INIA:	Instituto Nacional de Innovación Agraria
n.s.:	No Significativo
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SIG\leq0.05:	Significancia alfa 0.05
*:	Significativo
**:	Altamente Significativo



RESUMEN

En la actualidad la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un grano andino muy difundido en todo el mundo, dado que contiene múltiples beneficios, por otro lado el cambio climático y la falta de cultivares que contengan rendimientos altos y precoces, son importantes para el agricultor, poniendo en peligro la seguridad alimentaria, sobre todo en las regiones más vulnerables, como el altiplano de Puno, por lo tanto, es importante obtener variedades con altos rendimientos bajo condiciones del altiplano peruano, por ello, se efectuó el presente trabajo de investigación en el Fundo Potojani, de la Dirección Regional Agraria – Puno, durante la campaña agrícola 2019 – 2020, con el objetivo general de caracterizar agromorfológicamente líneas autofecundadas S10 de quinua procedentes de cruzas simples cercanas y distantes genéticamente, seleccionando las líneas con mejor ideotipo con respecto al rendimiento y precocidad en Potojani, Puno – Perú, mediante el método de descriptores de evaluación y caracterización de la quinua, para lo cual se evaluaron 21 variables dependientes en función a las independientes, las cuales fueron sometidas a un análisis estadístico y multivariado. El estudio fue conducido bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar, con 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) y 4 repeticiones, donde de acuerdo a los principales resultados se obtuvo líneas con mayor rendimiento por hectárea como Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 con 7563 kg/ha seguido de Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 con 7416 kg/ha, Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 con 6769 kg/ha y Huariponcho x Kcancolla 174 con 6503 kg/ha; en cuanto a precocidad las líneas que presentaron menor periodo vegetativo fueron Huariponcho x Kcancolla 174 con 163.2 días, y Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 con 173.2 días. Finalmente, las líneas con un mejor ideotipo de planta son: Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, Salcedo INIA x Pandela Rosada 171, Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 y Huariponcho x Kcancolla 174, siendo estas líneas las sobresalientes por adaptarse mejor a las condiciones edafoclimáticas del altiplano y poseer buenas características agromorfológicas para los agricultores e investigadores las cuales podrían formar parte de la liberación de nuevas variedades de quinua.

Palabras clave: Adaptación, ideotipo, progenies, autofecundación, precocidad.



ABSTRACT

At present, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is an Andean grain widely spread throughout the world, since it contains multiple benefits, unfortunately climate change and the lack of cultivars that contain high and early yields, are important for the farmer, endangering food security, especially in the most vulnerable regions, such as the Puno highlands, therefore, it is important to obtain varieties with high yields under Peruvian highland conditions, therefore, the present research work was carried out in the Fundo Potojani, from the Agrarian Regional Directorate – Puno, during the 2019-2020 agricultural season, with the general objective of agromorphologically characterizing S10 selfed lines of quinoa from genetically close and distant single crosses, selecting the lines with the best ideotype with respect to yield. And precocity in Potojani, Puno – Peru, using the evaluation descriptor method and characterization of quinoa, for which 21 dependent variables were evaluated based on the independent ones, which were subjected to a statistical and multivariate analysis. The study was conducted under a Completely Random Block Design, with 16 treatments (9 lines, 5 parental and 2 controls) and 4 repetitions, where, according to the main results, lines with the highest yield per hectare were obtained such as Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 with 7563 kg / ha followed by Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 with 7416 kg / ha, Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 with 6769 kg / ha and Huariponcho x Kcancolla 174 with 6503 kg / ha; Regarding earliness, the lines that presented the shortest vegetative period were Huariponcho x Kcancolla 174 with 163.2 days, and Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 with 173.2 days. Finally, the lines with the best plant ideotype are: Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, Salcedo INIA x Pandela Rosada 171, Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 and Huariponcho x Kcancolla 174, these lines being the outstanding ones for better adapting to edaphoclimatic conditions from the highlands and have good agromorphological characteristics for farmers and researchers which could be part of the release of new varieties of quinoa.

Keywords: Adaptation, Ideotype, progeny, selfing, precocity.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es considerado como uno de los cultivos más completos nutricionalmente (López & Recalde, 2016). Denominado por el mundo como el cultivo del siglo XXI por su completa distribución de proteínas, lípidos, fibra, vitaminas, minerales y un excelente balance de aminoácidos esenciales (Sampaio *et al.*, 2020). En adición la quinua fue domesticada hace 7000 años (Pearsall, 1992). Teniendo una amplia adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas, originario de Perú y Bolivia. Es por ello que este cultivo se expandió a lo largo del mundo como América del Norte, Europa, África y Asia (Gomez-Pando *et al.*, 2019).

Por otro parte, la producción de alimentos, se enfrenta a grandes desafíos como el incremento de la demografía, se promedia que para el 2050 superaremos los 10 mil millones de personas y junto al cambio climático (FAO, 2017). Generará una necesidad imperante por encontrar cultivos alternativos y una demanda alta de alimentos nutritivos, de esta forma suplir las necesidades de las regiones más vulnerables del mundo (Mujica *et al.*, 2000). Lamentablemente de entre esas regiones se encuentra la Región de Puno – Perú, siendo esta una región con diferentes condiciones edafoclimáticas como las bajas temperaturas y en adición con el cambio climático podría alterar la producción agrícola y la agenda de cultivo de los agricultores (Kina & Wusen, 2021).

Además, el bajo rendimiento, ha sido un problema en varias regiones de producción del Perú. Por lo que se requiere con urgencia variedades de quinua precoces, con altos rendimientos, valores nutricionales, resistentes a la inminente llegada del cambio climático y fácil adaptabilidad a diferentes zonas de la región. De esta manera podemos suplir la necesidad alimenticia humana de las regiones más vulnerables del Perú y del mundo (Mujica *et al.*, 2013).

Por lo tanto, los programas de mejoramiento genético de cultivos, tienen una gran tarea en la selección e identificación de genotipos de quinua con un buen ideotipo para la región, siendo un ideotipo un conjunto de características asociadas con el rendimiento y la adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas, esta selección debe realizarse por medio de la caracterización agromorfológica (Chopra, 2014). Excelente para la quinua ya que contiene una amplia gama de diversidad genética, por lo que es factible



identificar líneas o progenies con ideales características para los agricultores e investigadores.

Es por ello de la presente investigación de caracterización agromorfológica de líneas autofecundadas S10 de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruza simples cercanas y distantes genéticamente en Potojani Puno – Perú, pretende realizar una evaluación de los caracteres agromorfológicos de las líneas S10 para seleccionar los mejores ideotipos, de esta manera podamos proporcionar materiales promisorios que puedan ser lanzados como nuevas variedades con altos rendimientos de grano, precoces, panojas grandes, granos de tamaño grande, plantas de altura mediana, con resistencia al mildiu y bajo contenido de saponinas, todas estas características en interacción con las condiciones edafoclimáticas del altiplano peruano.

Comprendiendo la imperante necesidad de identificar ideotipos de quinua en la actualidad, debido a su alta importancia económica y alimentación, para los agricultores de las regiones más vulnerables, lo que conlleva a realizar esta investigación, con el fin de incrementar el rendimiento y la precocidad, proporcionar nuevas variedades de quinua al mercado nacional y mundial.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar agromorfológicamente líneas autofecundadas S10 de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruza simples cercanas y distantes genéticamente, seleccionando las líneas con mejor ideotipo con respecto al rendimiento y precocidad en Potojani, Puno – Perú.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar caracteres agronómicos en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) S10 provenientes de cruza simples cercanas y distantes genéticamente.
- Evaluar caracteres morfológicos en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) S10 provenientes de cruza simples cercanas y distantes genéticamente.
- Seleccionar el mejor ideotipo en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de acuerdo al rendimiento y precocidad.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. REFERENCIAS TEORICAS

2.1.1. Cultivo de quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia *Amarantaceae* siendo considerado un grano andino por las características del cultivo y las diferentes formas del consumo. Este cultivo se ha extendido por todo el mundo, ya que cuenta con un alto valor nutricional, siendo su posible centro de origen la región Andina de Perú y Bolivia, ya que son los lugares donde posee mayor diversidad genética (Chura *et al.*, 2019). Además, la quinua es una planta rustica, lo cual permite desafiar condiciones ambientales extremas presentando caracteres rústicos como los caracteres agronómicos que son muy importantes.

Esta capacidad de fácil adaptación puede deberse a la alta variabilidad genética que tiene y gracias a estos rasgos la quinua puede ser sembrada desde el nivel de mar hasta los 4000 msnm. En promedio la quinua puede llegar a medir de 0.5 m a más de 3 m de altura, depende en gran medida del material genético, densidad de siembra, fertilidad del suelo y el medio ambiente (Mujica *et al.*, 2000). Sin embargo la quinua según Bazile *et al.* (2016), fue domesticada hace más de 7000 años en los Andes.

El incremento de la demografía y las variaciones climáticas ha generado una imperante búsqueda de cultivos alternativos que puedan suplir las necesidades humanas y puedan resistir las variaciones climáticas del mundo, de entre todos los cultivos actuales, la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) resalta por sus bondades inherentes y se presenta como un cultivo alternativo al cambio climático, debido a su alta calidad nutricional, amplia gama adaptativa y alta diversidad genética (EL-Harty *et al.*, 2021). Catalogada como el grano del siglo XXI, asimismo, en la actualidad cada 2 años desde el 2013 se lleva a cabo congresos internacionales de la quinua y otros granos andinos, en función a encontrar nuevos cultivos que en la antigüedad fueron relegados, el objetivo de estos, reunir o presentar información de nuevos cultivos con altos valores nutricionales y con alta capacidad adaptativa para enfrentar o brindar sostenibilidad a la seguridad alimentaria mundial (Bazile *et al.*, 2016).



En la actualidad la quinua viene siendo intensamente estudiada a nivel mundial, como el ultimo hallazgo que fue decodificar parte de su genoma, para encontrar los genes encargados de cada expresión, el cual ordena cada mecanismo específico, en este cultivo. Como muestra la investigación de Jarvis *et al.* (2017), donde presentan el primer reporte acerca del secuenciamiento del genoma de la quinua, dando a conocer al mundo, parte de los genes encargados de ciertos funcionamientos fisiológicos – morfológicos, como la biosíntesis de saponina, siendo este carácter muy importante para el mercado mundial, y otros caracteres. En adición López-Marqués *et al.* (2020), desmenuzan un nivel más, presentando una propuesta de edición genómica en la quinua, el cual podría facilitar su producción a largo plazo, el cual facilitaría la agricultura intensiva a nivel mundial, proponiendo un ideotipo con caracteres como altura mediana, precocidad, menor biosíntesis de saponina, tamaño de grano, rendimiento por planta, dehiscencia temprana del grano, germinación temprana y resistencia al estrés de la temperatura y sequía al mismo tiempo, dando a conocer cada uno de los genes encargados de cada una de los caracteres mencionados. Coincidiendo con Snowdon *et al.* (2021), sobre las herramientas y estrategias a usar en la edición genómica el cual se establece de acuerdo al contexto de la interacción Genotipo x Manejo x Ambiente, el cual genera el establecimiento del cultivo en la zona deseada. Finalmente Chopra (2014), presenta al ideotipo de cada cultivo como caracteres asociados a la adaptabilidad y al alto rendimiento, siendo estos expresables solo en la zona deseada, siendo muy importante para el cultivo de quinua.

2.1.2. Domesticación

Bien se conoce que la domesticación es un proceso por el cual una determinada población, sea animales, vegetales, pierden, adquieren o desarrollan algunos caracteres específicas en su morfología, fisiología o comportamientos, que son heredables, en la domesticación puede existir la intervención humana denominándolo selección artificial, pero también la intervención natural que es la capacidad de adaptabilidad por medio de la selección natural llevada a cabo por miles de años (Larson & Fuller, 2014). Además la gran mayoría de cultivos consumidos actualmente fueron domesticados en los últimos 12 000 años, durante el proceso de domesticación, nuestros antepasados encontraron los parientes silvestres de estos cultivos, y comenzaron a elegir lo que necesitaban para vivir, esas elecciones simples con llevaron a la formación de pirámides valiosas de mutaciones y recombinaciones de genes clave, permitiendo que estos cultivos sean más fáciles de



reproducir, cultivar y almacenar semillas, de esta forma se logró obtener los cultivos más comercializados en la actualidad (Si *et al.*, 2016). Asimismo, Fernie & Yan (2019), señalan que el inminente incremento de la demografía y el cambio climático son un golpe directo en la producción agrícola a nivel mundial, ya que coloca en riesgo los rendimientos de los cultivos, por la gran variación de las condiciones edafoclimáticas, y que lamentablemente tenemos pocos cultivos domesticados, por lo que proponen recientes tecnologías avanzadas, para acelerar la domesticación de cultivos potenciales, una precisa manipulación es el “target genes” que es muy utilizado en la manipulación genética, esto permitirá nuevos cultivos domesticados en poco tiempo a largo plazo o para el futuro.

Sin embargo, en el caso de la quinua según, Bazile *et al.* (2016), fue domesticada hace más de 7000 años en los andes. Por otra parte Alandia *et al.* (2019), mencionan que este grano fue domesticado, producido y conservado en la zona Andina y que con el tiempo, estas cualidades inherentes llamaron la atención a distintos países del mundo, por lo cual el cultivo de quinua fue revalorizado en el mercado e integrado como un producto del comercio global. Del mismo modo, Mujica *et al.* (2000), indican que la domesticación es un hecho muy importante para la actividad humana, en el caso de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sufrido una amplia gama de modificaciones tales como la condensación de la inflorescencia en el extremo terminal, incremento de altura, incremento de tamaño de semilla, acortamiento de la testa, ausencia de la dormancia. Además, afirma que en la actualidad se conoce la distribución de parientes silvestres, botánicas y citogenéticas de la quinua, lo que indicaría que su domesticación fue hace mucho tiempo, debido al diferente uso que se le otorgaba. Es por ello que la quinua cuenta con mecanismo de adaptación, dándole la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas, por consiguiente, la quinua está adaptada en todo el Perú, desde el nivel mar hasta los 4000msnm. En adición Maughan *et al.* (2007), coinciden que la quinua fue domesticada por antiguas civilizaciones andinas, en la región que rodea el altiplano peruano y boliviano.

2.1.3. Importancia del cultivo de quinua

En la actualidad vivimos cambios constantes en la demografía y el clima, se promedia que para el 2050 seremos más de 10 millones de personas, lo que incrementa la demanda de cultivos básicos, en función de mantener la seguridad alimentaria mundial



(FAO, 2017). Del mismo modo, la creciente agricultura tiene como reto encontrar cultivos con buenas características, como calidad nutricional, altos rendimientos, tolerancia a bajas y altas temperaturas, sequías, heladas, salinización e inundación de los suelos, y así como también a los factores bióticos como plagas y enfermedades. De esta manera logrando mantener la productividad de alimentos, en diferentes tierras tanto accesibles como marginales, donde la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) salta a luz del mundo, un pseudo – cereal originario de los Andes Peruanos y Bolivianos, con una gran diversidad genética y una inherente de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas (López-Marqués *et al.*, 2020). Asimismo, la quinua contiene una calidad nutricional más alta que otros cereales, siendo materia de investigación en la actualidad, denominado por muchos como un alimento funcional (Schmidt *et al.*, 2021). Además, la quinua cuenta con un alto contenido de proteína, acompañado de todos los aminoácidos esenciales, diferentes minerales como Ca, Mg, Fe y sobre todo no contiene gluten, proporcionando de nutrición saludable al ser humano. (Ruiz *et al.*, 2014). Es por ello, que la quinua recientemente viene siendo introducido y cultivado en varios continentes como Norteamérica, Europa, Asia y Oriente Medio (Katwal & Bazile, 2020). Adicionalmente la FAO (2010), dio a conocer que existe más de 16 000 accesiones del género *Chenopodium*. Finalmente, la reciente investigación del genoma de la quinua el cual se realizó a escala cromosómica, abre la puerta para nuevas perspectivas de mejoramiento genético de este cultivo y proveer de valiosa información genómica, para estudiar mejor las características relevantes de la quinua (Jarvis *et al.*, 2017).

2.1.4. Descripción botánica de la planta

El cultivo de quinua es una planta anual, rustica y erecta en las que se encuentra muy bien definidos caracteres de la familia a la que pertenece, como *Chenopodium ambrosioides* (Portilla, 1955).

2.1.4.1. Planta

Naturalmente la quinua alcanza una altura de 1.20 a 1.50 metros (Portilla, 1955). Sin embargo Mujica *et al.* (2000), mencionan que la quinua tiene una gran variabilidad con respecto a su altura, alcanzando desde 0.3 a 3 metros, dependiendo del genotipo, de las condiciones ambientales, la fertilidad del suelo y de los metros sobre el nivel del mar y que la quinua está clasificada como planta C3.



2.1.4.2. Raíz

La raíz de quinua es de tipo pivotante, constando con una raíz principal de la cual se generan numerosas raíces laterales ramificadas. Donde la raíz de la longitud es variable, de 0.8 a 1.5 metros, dependiendo del genotipo, fertilidad del suelo, tipo de suelo y otros factores ambientales (Gomez & Aguilar, 2016). Mientras que Apaza *et al.* (2013), coinciden con el tipo de raíz siendo pivotante, pero que alcanzaría una profundidad de 1.80 metros, bastante ramificada y fibrosa es por ello la resistencia a la sequía, y buen soporte.

2.1.4.3. Tallo

El tallo es la unión del cuello y la raíz, de forma cilíndrica y a medida que se aleja del suelo comienza a convertirse de una forma angulosa, en las partes en la que se forma las hojas y ramas. Mientras que su corteza es firme y compacta debido a los tejidos lignificados. El color básico del tallo en la floración puede ser verde, verde-amarillo, naranja, rojo, púrpura y en ocasiones se muestran estrías de colores variables al verde, esto depende estrictamente de cada variedad. Muchas veces algunos aspectos como el color del tallo, estrías y axilas pueden ayudarnos a identificar una variedad, asimismo generalmente el color del tallo, en madurez fisiológica se torna de un color crema-rosado con diferentes tonalidades (Chura *et al.*, 2019). Además Emrani *et al.*, (2020), dan a conocer que el color del tallo está siendo representando por genes dominantes que expresan el color.

2.1.4.4. Hojas

Las hojas de la quinua son 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). Por otra parte Alvarez (1993), menciona que las hojas tiene dos partes diferenciadas que es el peciolo y la lámina. Siendo el peciolo de las hojas el más largo y acanalado, su longitud depende del genotipo, mientras que los peciolos son directamente del tallo y más cortos los que se originan en las ramas, su color puede variar desde verde, rosado, rojo y púrpura.

2.1.4.5. Inflorescencia

El cultivo de quinua cuenta con una panoja con longitud variable de 15 a 70 cm, generalmente se encuentra en el ápice de la planta y en el ápice de las ramas. Teniendo un eje principal, ejes secundarios y ejes terciarios. Considerando la forma y posición de los glomérulos se pueden clasificar en amarantiformes, glomeruladas e intermedias (Gomez & Aguilar, 2016). Del mismo modo Apaza *et al.* (2013), mencionan que la panoja típica se constituye por un eje central y ramificaciones secundarias, terciarias y pedicelos que sostienen a los glomérulos. De acuerdo al desarrollo del eje principal en función al secundario, se puede determinar si es laxa (amarantiforme) o compacta (glomerulada) existiendo formas intermedias entre ambas denominándolas intermedias.

2.1.4.6. Flores

Las flores de la quinua son relativamente pequeñas con tamaño máximo de 3 mm, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, pueden ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androesteriles, teniendo un 10% de polinización cruzada (Apaza *et al.*, 2013). Sin embargo Mujica *et al.*, (2000), mencionan que existen variedades con mayor alogamia como Kcancolla. Asimismo Gomez & Aguilar (2016), indican que las flores son sésiles o pediceladas y están agrupadas en glomérulos. Lo que podría ayudar a la determinación del número de granos y del tamaño, mediante la posición del glomérulo en la inflorescencia y la posición de las flores dentro del glomérulo. En adición Abdelbar (2018), menciona que mayormente flores hermafroditas abundan en la quinua y que la emasculación es muy difícil por su compleja morfología.

2.1.4.7. Fruto

El fruto de la quinua es un aquenio de forma lenticular, elipsoidal, cónico o esferoidal, cubierto por envolturas florales conocidos como perigonios, que rodean el fruto y se desprenden con facilidad en la madurez, en ocasiones puede adherirse al grano dificultando el proceso de cosecha e industrialización. Un fruto constituido por el pericarpio y la semilla, teniendo alveolos en su superficie y la saponina que le proporciona el sabor amargo al grano, finalmente con un diámetro estándar de 1.5 a 3mm (Mujica *et al.*, 2000). También podríamos describirlo fácilmente como Portilla (1955), definiéndolo como un fruto en forma de nuez de diversos colores y con un diámetro estándar de 1 – 2 mm.

2.1.4.8. Semilla

La semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un fruto maduro sin perigonio, forma lenticelar, elipsoidal y esferoidal que presenta 3 partes bien definidas. Como la episperma lugar donde se ubica la saponina y la adherencia es de acuerdo al genotipo, siguiendo el embrión que está constituido por cotiledones, radícula constituyendo un 30% del volumen total de la semilla, el cual envuelve a la episperma con un anillo a una curvatura de 320° siendo de color amarillo y una medida estándar 3.54 mm de longitud y anchura de 0.36 mm. Finalmente, el perisperma siendo el principal tejido de almacenamiento, constituido principalmente por almidón ocupando un 60% de la superficie de la semilla (Apaza *et al.*, 2013), mientras que Portilla (1955), indica que la semilla consta de un embrión y un núcleo farináceo blanquecino que contiene grandes cantidades de almidón, siguiéndole proteína y por ultimo grasa. Adicionando Gomez & Aguilar (2016), señalan que la radícula, muestra una pigmentación de color castaño oscuro.

2.1.5. Fenología de la quinua

La fenología interactúa directamente con el desarrollo de la planta en función de las condiciones ambientales existentes en el crecimiento o desarrollo de la planta (Montes-Rojas *et al.*, 2018). Por otra parte, Mujica & Canahua (1989), indican que la fenología de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) son cambios externos, que comienzan desde la germinación hasta la formación de semillas, los cuales interactúan de forma directa con las condiciones ambientales y proporcionan el tiempo adecuado para realizar futuras programaciones como las labores culturales, riegos, control de plagas y enfermedades e identificar épocas críticas.

2.1.5.1. Germinación

Las semillas de quinua en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura pueden germinar muy rápidamente, siendo la primera estructura en emerger la radícula, la cual se alarga hacia abajo dentro del suelo y da inicio a la formación del sistema radicular, posteriormente el hipocótilo sale de la semilla y crece ascendentemente atravesando el suelo, llevando los cotiledones a la superficie donde inician el proceso de fotosíntesis (Mujica *et al.*, 2013).



2.1.5.2. Dos hojas verdaderas

Esta fase fenológica se caracteriza cuando se presencia 2 hojas en forma romboidal y con nervaduras notorias, este evento ocurre a los 15 a 20 días después de la siembra. Usualmente en esta fase ocurre el ataque de insectos cortadores de plantas como *Capitarsia turbata*, *Feltia experta*, *Agrotis ypsilom* (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.5.3. Cuatro hojas verdaderas

En esta fase fenológica se caracteriza por la presencia de 2 pares de hojas extendidas, aun se observa las hojas cotiledonales, también encontrándose en botón foliar las posteriores hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas, este evento se presencia a los 25 a 30 días de la siembra. Lamentablemente es muy susceptible a insectos masticadores de hojas como *Epitrix subcrinita* y *Diabrotica de color* (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.5.4. Seis hojas verdaderas

Luego de las 4 hojas verdaderas se observa tres pares de hojas verdades extendidas y las hojas cotiledonales comienzan a tornarse de color amarillento. Esta fase ocurre a los 35 a 45 días de la siembra, también se puede presenciar claramente una protección del ápice vegetativo por los hojas adultas, especialmente como respuesta a las bajas temperaturas de la noche, stress por déficit hídrico o salino (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.5.5. Ramificación

En esta fase fenológica se observa ocho hojas verdaderas extendidas junto con la presencia de hojas axilares, hasta el tercer nudo. Las hojas cotiledonales caen, existe presencia de inflorescencia protegida por las hojas cubriendo a la panoja, esto ocurren a los 45 a 50 días de la siembra, muy susceptible a bajas temperaturas, heladas que afectaría a la planta, también durante esta fase se realiza el aporque y fertilización complementaria (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.5.6. Inicio de panojamiento

Esta fase comprende a la notoriedad de la inflorescencia que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededores aglomeraciones de hojas pequeñas, las cuales



van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes, esto ocurre a los 55 a 60 días de la siembra, también se observa amarillamiento del primer par de hojas verdaderas, y finalmente se produce una fuerte elongación y engrosamiento del tallo (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.5.7. Panojamiento

Posterior al inicio de panojamiento se observa que la inflorescencia sobre sale en gran manera, por encima de las hojas, notándose los glomérulos, asimismo se visualiza los glomérulos con la base de los botones florales individualmente, esto ocurre a los 65 a 70 días de la siembra (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.5.8. Inicio de floración

Esta fase comprende cuando las flores hermafroditas apicales se abren mostrando los estambres, donde se puede observar a simple vista, especialmente las anteras amarillas intensas y brillantes, este evento ocurre a los 75 a 80 días de la siembra, además en esta fase es muy susceptible a la sequía y heladas (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.5.9. Floración o antesis

Esta fase comprende posterior al inicio de floración, donde el 50 % de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, además esta fase es muy sensible a las heladas, donde solo logra resistir máximo hasta -2 °C, lo particular es que en horas de la mañana y en la tarde las flores se encuentran cerradas, pero al mediodía está abierta muy notorias, finalmente es notorio observar hojas inferiores de color amarillento que son menos activas fotosintéticamente, esto ocurre a los 90 a 100 días de la siembra (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.5.10. Grano acuoso

Es cuando los frutos de la panoja están recientemente formados y al ejercer presión con las uñas dejan salir un líquido acuoso, algo espeso y de color cristalino, característico de esta fase, lo cual ocurre a los 95 a 100 días de la siembra (Mujica *et al.*, 2013).



2.1.5.11. Grano lechoso

El estado de grano lechoso es cuando los frutos se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ejercer presión con las uñas a los frutos explotan o expulsan un líquido lechoso, lo que caracteriza a esta fase fenológica, la cual ocurre a los 100 a 130 días de la siembra, también requieren de cantidades adecuadas de agua, para prevenir el déficit hídrico, porque podría afectar drásticamente su desarrollo (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.5.12. Grano pastoso

El estado de grano pastoso es cuando los frutos al ejercer presión con las uñas presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de Qhona qhona (*Eurisacca quinoae*) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano (Mujica & Canahua, 1989).

2.1.5.13. Madurez fisiológica

La fase fenológica comprende cuando al ejercer presión con las uñas al fruto, se presenta resistencia a la penetración, este acontecimiento ocurre a los 160 a 180 días de la siembra (Mujica *et al.*, 2013). Además Gomez & Aguilar (2016), mencionan que cuando se presiona las semillas con las uñas de los dedos muestran una resistencia particular que daría a conocer la madurez fisiológica también, que la quinua es susceptible en esta fase a la mancha bacteriana (*Pseudomonas spp*).

2.1.5.14. Madurez de cosecha

Una vez alcanzada la madurez fisiológica se procede a realizar la cosecha y el emparvado, de esta manera los granos que se encuentran en las panojas pierden suficiente humedad, para facilitar la trilla y el desprendimiento del grano contenido dentro del perigonio, esto ocurre a los 180 a 190 días de la siembra (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.6. Requerimientos del cultivo

2.1.6.1. Suelo

La quinua prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y contenido de nutrientes, puesto que es



exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco potasio. También puede adaptarse a suelos francos arenosos, arenosos o franco arcilloso siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estadios (Mujica *et al.*, 2000).

2.1.6.2. pH

El pH del suelo debe ser neutro o ligeramente alcalino, aunque algunas variedades procedentes de los salares en Bolivia, pueden soportar hasta pH 8, demostrando su carácter halófito; asimismo se ha encontrado quinua de suelos ácidos (pH 4,5) en Michi quillay, Cajamarca, Perú (Gomez & Aguilar, 2016). De la misma forma Roqueiro *et al.* (2020), mencionan que los pH de 5 a 9 son los adecuados para el cultivo de quinua, también que existen ecotipos resistentes a niveles leves y moderados de salinidad en el suelo y agua de riego.

2.1.6.3. Clima

La quinua es una planta con alta plasticidad, teniendo una amplia variabilidad genética se adapta a diferentes climas 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 incluso hasta ceja de selva con mayor humedad relativa y sorprendentemente a la puna y zonas de grandes altitudes (Roqueiro *et al.*, 2020). También, Mujica *et al.* (2000), indican que la resistencia ontogénica a la sequía y al frío es muy variable pudiendo encontrar ecotipos que resisten a $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y sobrevivir a 20 días desde el punto de marchitez permanente.

2.1.6.4. Agua

La quinua tiene un buen eficiente uso del agua, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar al déficit de humedad, sino tolerar y 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. En el altiplano central una planta de quinua requiere 385 mm de agua para el periodo de



5.5 meses de crecimiento (vida fisiológica) que es la cantidad aproximada de precipitación en la época húmeda de su área de producción (Tapia *et al.*, 2014)

2.1.6.5. Temperatura

La temperatura media adecuada para el cultivo de quinua está alrededor de 15 a 20 °C, sin embargo, con temperaturas de 10 °C se desarrolla perfectamente el cultivo; a temperaturas medias y altas de hasta 25 °C prospera. 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 más susceptible la floración y llenado de grano (Roqueiro *et al.*, 2020).

2.1.6.6. Radiación

La quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo, estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo (Gomez & Aguilar, 2016).

2.1.6.7. Fotoperiodo

La quinua por su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos de días cortos y de días largos e incluso indiferentes al fotoperiodo, adaptándose fácilmente a estas condiciones de luminosidad. En zonas de mayor producción de quinua, el promedio de horas luz diaria es de 12.19 con un acumulado de 146.3 horas año (Roqueiro *et al.*, 2020).

2.1.7. Valor nutritivo

Actualmente la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es muy conocida por su calidad nutricional, y denominado por muchos investigadores como un alimento funcional. Este pseudocereal con altos valores nutricionales y biológicos, ha sido definida como “uno de los cultivos del siglo XXI”, por su alto contenido de proteína, lípidos, fibra, vitaminas, minerales y un excelente balance de aminoácidos esenciales, además que se encontraron numerosos fitoquímicos, fitoesteroles, fitoecdisteroides, fenólicos y péptidos bioactivos, estos compuestos pueden intervenir efectos beneficiosos sobre la salud metabólica, cardiovascular y gastrointestinal, siendo materia de estudio en la medicina



humana (Sampaio *et al.*, 2020; Vilcacundo & Hernández-Ledesma, 2017). Además, en la actualidad se ha logrado deslumbrar distintas cualidades que antes no se conocían, como indican Galindo-Luján *et al.* (2021), en su investigación de la caracterización del proteoma de semillas de quinua con diferentes colores, como el negro, blanco y rojo, caracterizando 1211 proteínas, determinando que el perfil proteómico de las semillas de quinua con diferentes colores, varía levemente entre ellas, y que se pueden utilizar para el control de calidad, mejora nutricional, mejora en los procesos de industrialización de la quinua.

2.1.8. Saponina

Se conoce que la quinua contiene cantidades variables de saponina, no solo en las semillas, ubicadas en el pericarpio, sino también en el tallo y hojas, pero con menor cantidad, las saponinas no son más que moléculas de glucosidos triterpénicos que varían en cantidad según el genotipo. Hoy en día las saponinas son utilizadas como productos pesticidas, fungicidas, debido a sus propiedades antibióticas y antifúngicas. Además, estos compuestos tienen otras varias actividades biológicas, como propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas y antidiabéticas (Rojas *et al.*, 2011). Asimismo Gómez-Caravaca *et al.* (2014), mencionan que las saponinas son responsables del sabor amargo o dulce de la quinua, se distinguen como dulce por la ausencia de saponina a cantidades $<0.11\%$ y como amargas, a cantidades $>0.11\%$. Sin embargo, de acuerdo a los estudios de Mastebroek *et al.* (2000), los contenidos de saponina pueden variar y son clasificados en dulce (0.02% - 0.04%) o amargo (0.47% - 1.13%). Además, se determinó que existe una relación entre la brotación de semilla de la quinua con el contenido de saponina dentro de 48 horas, lo que indicaría que las semillas de quinua, son protegidas de diversas plagas y enfermedades por la saponina, hasta que establezca su desarrollo posterior, dentro de 48 horas, asimismo no se encontró cambios significativos en el contenido de compuestos fenólicos en la brotación de las semillas, lo que indicaría que no juegan un papel importante en el sabor, como la saponina (Suárez-Estrella *et al.*, 2021).



2.1.9. Variedades de quinua

2.1.9.1. Salcedo-INIA

Según Mujica *et al.* (2000), la variedad Salcedo INIA es una variedad mejorada obtenida del cruce de las variedades “Real Boliviana” y “Sajama” ambas variedades propias de Bolivia fueron sometidas a una selección masal del cruce dialélico de siete x siete en la estación experimental de Salcedo INIA (Programa de Investigación de Cultivos Andinos-PICA). Es una planta de color verde, con inflorescencia glomerulada, con una altura de planta de 1.80 m, con diámetro de grano de 1.8 a 2 mm, de color blanco, panoja glomerulada, periodo vegetativo de 160 días, con un rendimiento de 3500 kg/ha, resistente a heladas (-2°C), tolerante al mildiu. Además, Romero (2000), indica el buen comportamiento que tiene la variedad Salcedo – INIA a la aplicación de biol, un abono foliar, encontrando la relación directa con un mejor rendimiento de grano y biomasa.

2.1.9.2. Huariponcho

La variedad huariponcho, es resistente a granizadas y heladas. Descubierta en Taraco, es conocida como una variedad amarga y ocasionalmente defensiva frente al ataque de las aves. Con un rendimiento potencial de 2205 kg/ha (Reinoso & Paredes, 1998). Asimismo, Velasco *et al.* (2019), señalan que la variedad huariponcho tiene la capacidad de adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas mejor que otras variedades comerciales, adicionalmente esta variedad cuenta con un mayor % de proteína alrededor de 13.95%.

2.1.9.3. Negra Collana

Resultado de Catacora & Canahua (1991), comprueban como la identificación, adaptación y eficiencia realizados 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, como Callana, Ccollpa, Cieneguilla, Vizcachani, Kallaschoco y Corcoroni y de distritos de Cabana, Ilave, Mañazo y Pilcuyo de la Región Puno. Con desarrollo y adaptación en la zona agroecológica del suni del altiplano, entre 3815 y 3900 msnm. Clima frío seco, precipitaciones de 400 a 550 mm y temperaturas de 4°C a 15°C, potencialmente de un rendimiento de 3010 kg/ha.



2.1.9.4. Kcancolla

Seleccionada en base al ecotipo local de la zona de Cabanillas Puno. Es una planta de color verde, con un tamaño promedio de 80 cm de altura, considerado como tardío con más de 170 días, grano color blanco, con alto contenido de saponina, panoja de tipo amarantiforme, resistente al frío, granizo y con un potencial de rendimiento de 2500 kg/ha. Segregando otros colores como el verde púrpura, difundido en el altiplano peruano. Comúnmente es usado para sopas y elaboración de Kispño que es un panecillo andino (Tapia *et al.*, 2014).

2.1.9.5. Pandela Rosada

Provenientes del Sur de Bolivia, específicamente en el altiplano boliviano, con un ciclo vegetativo de 140 días por lo cual se le denomina precoz, de diámetro de grano grande y sabor amargo. Lamentablemente su alta susceptibilidad al mildiu, genera pérdidas en el rendimiento, asimismo no es tolerante a las sequías, color de grano parecido al marfil y con un potencial de rendimiento de 2500 kg/ha (Mujica *et al.*, 2000).

2.1.9.6. Altiplano

La variedad altiplano fue liberada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en su estación experimental Agraria-EEA-Illpa, en Puno. Esta variedad es de grano grande, dulce y de color blanco, color de peciolo verde, su color de panoja en la floración es verde, y en madurez fisiológica es blanco, con una forma de panoja amarantiforme, además que proviene de variedades precoces, es resistente a sequías y tolerante al mildiu, con un rendimiento comercial de 2.8 t/ha (Díaz, 2016).

2.1.9.7. Choclito

Originario del Perú, específicamente en el distrito de Acora - Puno, de grano pequeño de 1.2 mm de diámetro, de color blanco, contenido de saponina dulce, tipo de panoja glomerulada, tamaño de panoja de 10 a 20 cm, y un rendimiento de 1500 a 3000 kg/ha, aproximadamente tiene medio kilo por panoja, muy tolerante al mildiu. Además, de su uso como harina (Dueñas & Luisa, 2016).



2.1.10. Caracterización agromorfológica

2.1.10.1. Caracterización morfológica

La caracterización morfológica son los determinantes más fuertes del valor agronómica y la clasificación taxonómica, además viene siendo muy usado en la actualidad, debido a que las evaluaciones morfológicas son directas, económicas, fáciles, y no requieren tecnologías costosas, para la identificación de especies, familias, géneros de plantas, líneas de germoplasma, líneas puras, variedades mejoradas, etc. Además, por medio de su manifestación fenotípica, el cual es ordenado por el genotipo en interacción con el medio ambiente, logran terminar su ciclo de vida. Sin embargo, muchas veces sufren limitaciones de la sensibilidad ambiental y la caracterización subjetiva, lamentablemente algunas variantes morfológicas no logran sobrevivir. Para una adecuada caracterización morfológica se toma en consideración diferentes 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). Asimismo, Villarreal & Elias (2013), coinciden que caracterización morfológica es un método que nos permite cuantificar y conocer la variabilidad genética del genoma de una determinada población, mediante su manifestación fenotípica, diferenciándolos 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.

2.1.10.2. Caracterización agronómica

La caracterización agronómica es fundamental en los bancos de germoplasma, programas de mejoramiento genético, comparativos y en evaluaciones del comportamiento de variedades, etc. Deben ser realizados a gran escala y bien documentados, ya que revela la variación genética de rasgos de importancia económica, estas características se encuentran en constante interacción genotipo x medio ambiente. Una adecuada caracterización agronómica parte de las características que tienen una importancia económica como la calidad del grano, rendimiento, tolerancia al estrés abiótico y biótico (Joshi *et al.*, 2021). Además que existen características agronómicas



que están relacionadas con el rendimiento, en el caso de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) según Manjarres-Hernández *et al.* (2021), 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. Adicionalmente, Jarvis *et al.* (2017), señalan que es imperante la mejora de características agronómicas de importancia económica, en la quinua, para expandir la producción de quinua a todo el mundo.

2.1.11. Genética y herencia

La dispersión es uno de los procesos más importantes, pero menos comprendidos en la ecología vegetal y la biología evolutiva. La dispersión de semillas mantiene y establece poblaciones, y el polen junto a la dispersión de semillas son responsables del flujo de genes dentro y entre las poblaciones. Además, existen dos tipos de reproducción en las plantas, la reproducción asexual, que muchas veces cuenta con la intervención del hombre, como también la sexual, que mayormente se realiza de forma natural en un ecosistema, en una no existe recombinación genética y en otro si, la reproducción sexual de plantas, generan semillas que dan lugar a nuevos individuos, mediante la 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, posteriormente formando un tubo polínica que se dirige hacia el ovario, penetrando el ovario, se produce la fecundación, uniéndose los dos gametos, con su respectivo material genético. Produciendo finalmente, semillas con características heredaras de cada parental. Contrario ocurren en la reproducción asexual, es totalmente diferente ya que no existe recombinación genética, ni tampoco transferencia de dos materiales genéticos, si no consiste en que a partir de una 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)



2.1.12. El mejoramiento genético de la quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una alotetraploide con un número cromosómico de $2n = 4x = 36$ (Kolano *et al.* 2016). Además tiene una alta capacidad adaptativa, a diferentes condiciones, ya que fue domesticado hace más de 7000 años, por el Imperio Inca (Risi & Galwey, 1984). Tiene un gran potencial agronómico, pero lamentablemente 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). Además de la falta de inversión privada ha obstaculizado grandemente el progreso del mejoramiento genético de la quinua, la estabilidad del rendimiento y la reducción de saponina de la quinua son unos de los objetivos en diferentes programas de mejoramiento (Präger *et al.*, 2018). Adicionalmente, la quinua manifiesta una resiliencia natural a factores climáticos adversos, lo que genera un gran interés en la mejora del rendimiento con la utilización mínima de insumos (Yabe & Iwata, 2020). Para lograr expandir la producción de quinua en todo el mundo, es necesario mejoramientos genéticos, enfocados en las características agronómicas más relevantes (Jarvis *et al.*, 2017). Puesto que muchos caracteres no son adecuados para la producción a gran escala de quinua, por ejemplo muchas accesiones de quinua son propensas al acame, tienen excesivamente ramificaciones en la panoja, son susceptibles a enfermedades, sensibles a estreses abióticos, pese a que fueron domesticado hace miles de años (Bazile *et al.*, 2016).

Los primeros reportes de mejoramiento genético de la quinua fueron presentados por Gandarillas (1979), dando a conocer el método de selección masiva, selección individual y el método de hibridación, siendo este último el más adecuado para un mejoramiento genético en la quinua, con la única dificultad al realizar el cruzamiento artificial, combinando caracteres favorables, presentes en cada genotipo, dentro del híbrido (hijo). Este proceso de hibridación implica la participación de 2 genitores, y 2 procedimientos fundamentales, donde el genitor femenino es sometido a la emasculación, que no es más que la eliminación de las anteras, de esta manera prevenir su autopolinización, este procedimiento tiene que realizarse antes de la producción de polen, posteriormente el genitor masculino proporciona el polen al genitor femenino, donde se traslada artificialmente los organismos femeninos, este procedimiento está enfocado directamente en los cruzamientos controlados de individuos con diferentes genoma, y el estudio de progenies asociados a la endogamia, de esta forma se realiza el cruzamiento



de 2 genitores. Una vez que las plantas cruzadas alcanzaron la madures fisiológica, se realiza la cosecha individual, se trilla cada planta por separado, evitando confusiones en registrar cada planta cruzada. Finalmente, como resultado de este proceso, se obtiene semillas de la primera generación filial (F1). A partir de la F2 ya es posible aplicar técnicas adecuadas de selección, mediante la colección de información del material genético, caracterización agronómica y morfológica del material genético, la elección de caracteres o rasgos relacionados con el rendimiento o que son de interés para los agricultores e investigadores, concentrando caracteres favorables de cada parental en unas pocas líneas, que están por llegar a la homocigosis (F10). Donde en la actualidad según Emrani *et al.* (2020), el método de emasculación manual es el mejor a realizar para producir segregación en poblaciones de quinua, siendo recomendado para programas de mejoramiento genético en quinua.

Recientemente la publicación de datos genómicos de alta calidad de la quinua, ha abierto la puerta para nuevos mejoramientos genéticos, enfocados en el alto rendimiento agronómico, como el aumento del tamaño de grano, numero de semillas por planta, precocidad, resistencia a factores bióticos, biosíntesis de saponina, dehiscencia del grano, altura de planta, germinación antes de la cosecha y adaptación a cambios climáticos como calor, son características importantes que deben tomarse en cuenta en todo programa de mejoramiento (López-Marqués *et al.*, 2020). Finalmente, Jarvis *et al.* (2017), señalan que este cultivo emergente conocido internacionalmente, tiene un gran potencial para mejorar la seguridad alimentaria mundial. El ultimo hallazgo de la secuenciación de una parte del genoma de la quinua, permite acelerar estos objetivos de mejoramiento. Los principales objetivos del mejoramiento en quinua incluyen el desarrollo de plantas más cortas con menos ramas y cabezas de semillas más compactas, mayor tolerancia al calor y al estrés biótico, y la integración de nuevas variedades dulces en las variedades comerciales. Este estudio logro identificar la posible mutación que causaría la biosíntesis de saponinas triterpenoides, lo que permitiría la formación de variedades dulces, mediante la selección por marcadores.

2.1.13. La autofecundación y la quinua

Los resultados en el mejoramiento genético han sido excelentes, para la gran mayoría de especies autógamias, que realizan la autopolinización, y por consiguiente realizan la autofecundación, siendo este último un proceso inherente de toda especie



autógama, se lleva a cabo mediante el método de hibridación, obteniendo progenies con buenas características de rendimiento y tolerantes a estreses bióticos, abióticos, este método de mejora de especies autógamas se realizó hace más de un siglo en Europa, posteriormente no hubo muchos cambios, y en la actualidad se sigue realizando en algunos países de Sudamérica, en el mejoramiento genético de especies con autofecundación (Ramalho & Araújo, 2011). En el caso de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Murphy *et al.* (2016), indican que la quinua presenta 80 – 85% de autogamia (autopolinización), y 1 – 17% de alogamia (polinización cruzada), aunque indica que depende en gran medida del genotipo, aunque las variaciones son mínimas, ya que predomina la autofecundación en la gran mayoría. Por otro lado Gomez-Pando (2015), indican que la tasa de polinización cruzada puede verse influenciada por el tipo de inflorescencia, proporciones de la flor, porcentaje de flores hermafroditas, porcentaje de flores hermafroditas androesteriles, presencia de cleistogamia y autoincompatibilidad por las condiciones ambientales a la que está expuesta. Debido a estas características, la quinua es ideal para el método de hibridación, por el proceso de autofecundación, ya que, a lo largo de muchas generaciones de autofecundación, los descendientes heterocigotos, serán homocigotos, manteniendo los rasgos favorables heredados de sus parentales, mayormente para cuidar el proceso de homocigosis, se cubre las panojas con una bolsa especial, para que no se realice la polinización cruzada, posteriormente al final se realiza la cosecha de semillas homocigotas, siendo este método apropiado para la obtención de líneas puras a partir de variedades y/o accesiones mezcladas y poblaciones segregantes (Cubero, 2013; Mujica *et al.*, 2000),

2.1.14. Ideotipo

El término ideotipo fue mencionado por primera vez por Donald (1968), quien asocio características agromorfológicas relacionadas con el rendimiento de cada cultivo, este término era muy usado en programas de mejoramiento genético, siendo netamente usado para intentar encontrar características del cultivo que puedan mejorar el rendimiento del mismo. Sin embargo en el transcurso del tiempo, según Chopra (2014), el significado de este término fue teniendo algunas variaciones, como en la actualidad, no solo se pretende encontrar las características que puedan mejorar el rendimiento, sino también la adaptabilidad y precocidad, debido a la inminente llegada del cambio climático, se requiere encontrar genes que estén relacionados con la capacidad adaptativa



a diferentes condiciones edafoclimáticas, lo que indicaría encontrar características agromorfológicas ideales que puedan adaptarse a cada contexto medioambiental.

2.1.15. Análisis de varianza

ANOVA conocido por su nombre en inglés “Analysis of Variance” es una técnica paramétrica utilizada en el análisis de datos de variables cuantitativas dependientes, generalmente procedentes de diseños experimentales obtenidos como respuesta de la aplicación de asignación aleatoria de tratamientos (García, 2014). Prueba de student-newman-keuls (S.N.K.)

2.1.16. Prueba de Student-Newman-Keuls (S.N.K.)

La prueba de Student-Newman-Keuls últimamente está siendo muy conocido y utilizado, contiene una filosofía similar a la prueba de Duncan, sin embargo, muchos estadísticos coinciden que la prueba de S.N.K. es más defendible matemáticamente que el de Duncan, por lo tanto, los resultados obtenidos son más confiables (Fallas, 2012). Asimismo, Fernández *et al.* (2010), indican que es necesario realizar la prueba de S.N.K. después del análisis de varianza, ya que el ANOVA solo indica que no todas las condiciones producen el mismo efecto sobre la variable respuesta, por lo que es necesario saber que tratamientos fueron los más óptimos o significativos en comparación con los demás.

2.1.17. Análisis multivariado

Generalmente el análisis multivariado se refiere a todos los métodos estadísticos que analizan simultáneamente medidas múltiples o más de 2 variables de respuesta en función a la variable independiente, estos en conjunto se comportan como si todas las variables fueran aleatorias e interrelacionadas, teniendo la finalidad de observar si existe información relevante y ventajosa en los datos analizados (Prieto, 2006). Coincidentemente Franco & Hidalgo (2003), mencionan que la virtud principal de este análisis permite describir las accesiones, tomando en cuenta simultáneamente varias características, sin dejar de considerar la relación existente entre ellas. Además, con respecto al análisis de componentes principales las variables originales determinan un espacio euclideo, en las cuales la similitud o acercamiento entre ellas se mide como una distancia euclidea. Es por eso que los resultados de este análisis se grafican sobre



ejes ortogonales representados como componentes principales, de esta manera delimitando un espacio bi o tridimensional, donde los individuos se sitúan dentro del espacio delimitado por los componentes, de acuerdo a los valores de sus coordenadas.

2.2. ANTECEDENTES

Mujica *et al.* (2013), mencionan que la hibridación, es el punto de partida para la obtención de nuevas variedades de quinua mejoradas genéticamente, con características agronómicas requeridas por el productor. A través de las cruzas simples y dobles se obtendrán caracteres sobresalientes de la quinua, de tal forma que se seleccionara las mejores. La selección de progenitores adecuados permitirá hibridar aquellos que tengan menor similitud o aquellas que sean más distantes genéticamente para obtener nuevas variedades mejoradas. Bustincio (2013), obtuvo progenies de cruzas simples en ocho variedades de quinua mediante la estimación de distancias genéticas realizadas por marcadores moleculares. El propósito fue obtener semillas de cruzas simples tomando en cuenta la similitud genética. Dando a conocer las variedades distantes entre Huariponcho (Hua) y Kcancolla; Salcedo INIA (Sal) y Huariponcho; Pasankalla (Pas) y Kcancolla (Kca) y las variedades cercanas entre Negra Collana (Col) y Kcancolla (Kca); Salcedo INIA (Sal) y Pandela Rosada (Pan); Salcedo INIA (Sal) y Negra Collana (Col).

Apaza (2014), en su trabajo sobre caracterización y variabilidad de progenies S3 autofecundadas procedentes de cruzas simples genéticamente distantes y cercanas, en seis cultivares de quinua. La correlación de las variables fue alta entre las características fenotípicas y el rendimiento del grano. Indicando que las variables con alto poder discriminante fueron número de días hasta el grano lechoso, número de días hasta 50% de floración, número de días a la forma de grano. Es resultado también fue corroborado por Dominguez (2014), que estudió la agromorfología de las autofecundaciones S4, procedentes de cruzas simples, genéticamente cercanas y distantes en quinua. Donde determino mediante el análisis de conglomerados la variabilidad fenotípica entre progenies, siendo la más distantes: Pasankalla x Kcancolla y Huariponcho x Kcancolla con 0.696409 y las más cercanas: Salcedo-Inia x Negra Collana con 0.214359. Los caracteres con alto poder discriminante fueron número de días al: 50% de madurez fisiológica, y longitud de panoja.

Choquechambi (2016), caracterizo progenies S5 utilizando descriptores morfológicos y evaluó; a partir de eso obtuvo los caracteres agromorfológicos de cada



una de las progenies y progenitores. Se evaluaron 40 características morfológicas y agronómicas (21 cuantitativas y 19 cualitativas) mediante el análisis de componentes principales mostro que los tres primeros componentes explican más de los 63% de la variación total, en las seis cruzas y seis progenitores para las 40 variables explicativas. Con el análisis clúster observo que el progenitor femenino tiene mayor similitud o asociación con las cruzas en sus caracteres, mencionó que las cruzas que tienen mayor asociación con el progenitor femenino fueron las siguientes: Col x Kca. Hua x Kca. Sal x Col, Pas x Kca.

Flores (2017), caracterizó agronómicamente las líneas seleccionadas de las autofecundaciones S5 de cruzas simples distantes y cercanas genéticamente, tratando de encontrar un idiotipo adecuado, encontrando características como, madurez fisiológica a la cruz PASxKCA con 192.98 días, rendimiento de grano/planta la cruz HUA x KCA 17 g., rendimiento por hectárea la cruz HUA X KCA 5099.28 kg/ha y su genitor Huariponcho 3995.78, cabe resaltar como conclusión que la cruz más precoz fue HUA X KCA con 177.51 días y la más tardía fue PAS X KCA con 192.98 días.

Apaza (2018), al seleccionar las líneas obtenidos por hibridación, que tuvo como propósito seleccionar líneas promisorias a partir de las autofecundaciones S5 de cruzas simples, en base a las características agronómicas, fueron 40 tratamientos y dos repeticiones como resultados se obtuvieron la cruz simple por hibridación, Huariponcho x Kcancolla que presentaron un periodo vegetativo de 183 días, con una altura de planta 64.23 cm y con un rendimiento de 4.10 t/ha. Concluyendo ganancia genética con respecto a sus progenitores.

Barrientos (2020), siguiendo con la evaluaciones de posteriores generaciones filiales, comparo el rendimiento mediante las evaluaciones agromorfológicas de 18 líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) provenientes de la generación S9, de las cuales las líneas Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171), Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37), Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30), Salcedo INIA Negra Collana 46 (SALxCOL 46) y Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) fueron las más promisorias agromorfológicamente ya que presentaron características deseadas por los agricultores.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCION

3.1.1. Ámbito de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la campaña 2019 – 2020 en el Fundo Potojani de la Región Agraria de Puno, cerca del Centro de Investigación y Producción Camacani (CIP) de la Universidad Nacional del Altiplano.

3.1.2. Localización del proyecto

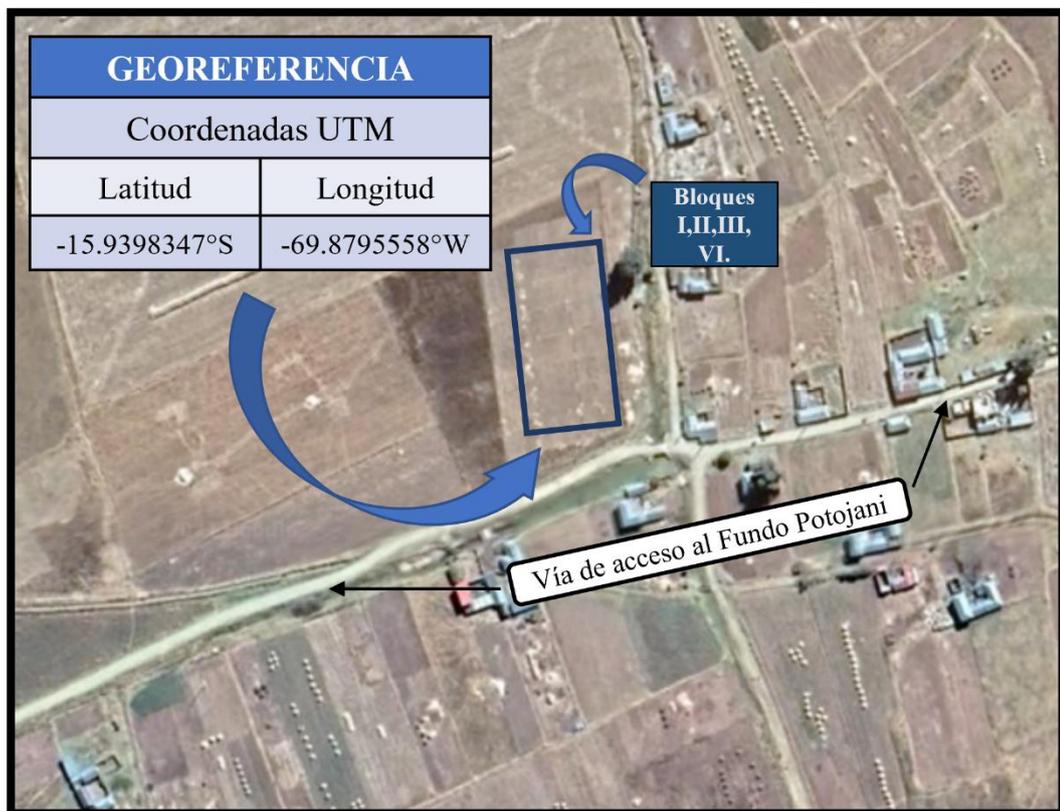


Figura N°1: Localización del campo experimental en el Fundo de Producción Potojani (Campaña agrícola 2019 - 2020).

El experimento se realizó en el Fundo de Producción Potojani, departamento de Puno, Provincia de Puno y Distrito Chucuito a 17 km de la carretera panamericana del sur de Puno a Desaguadero. Ubicado a una latitud sur con coordenadas UTM de -15.9398347°S y una longitud oeste de -69.8795558°W y geográficamente situado a una

latitud sur de 15° 56' 23" y una longitud oeste de 69° 52' 46.8" con una altitud de 3850 metros sobre el nivel del mar.

3.2. HISTORIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El historial del campo experimental del 2018 – 2019 fue la siembra de avena, posteriormente se realizó la siembra de quinua, que forma parte del presente trabajo de investigación.

3.3. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

El trabajo de investigación se efectuó, durante la campaña agrícola 2019 - 2020 teniendo como fechas de inicio desde la siembra 5 de noviembre del 2019 y finalizando en la cosecha 15 de junio del 2020.

3.4. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

El análisis de características edáficas, donde se obtuvo el análisis físico – químico del suelo se usó el método en zigzag para la extracción de la muestra, a una profundidad de 30 cm, teniendo puntos específicos en toda el área experimental. El fundo Potojani tiene un suelo de textura franco – limoso, con un pH neutro, no salino, con un contenido de nitrógeno y materia orgánica calificado como bajo, sin embargo, concentración adecuada de fosforo y potasio. Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio de análisis de suelo, agua y fertilización de la Institución Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Puno – Perú.

Tabla N°1: Análisis de caracterización de los suelos.

COMPONENTE	CANTIDAD
Arena (%)	41.44
Limo (%)	47.28
Arcilla (%)	11.28
M.O. (%)	1.63
P(fosforo)ppm	7.08
K(potasio)ppm	103.6
pH	6.34
C.E. mmhos/cm	0.421
Clase textual	Fr.Ar. A
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 de la institución Nacional de Innovación Agraria (INIA) Puno, (2019).

3.5. CONTENIDO DE SAPONINA Y PROTEÍNA

Para el análisis determinación del contenido de saponina y proteína, se llevó a cabo en el laboratorio de análisis químico, de la Institución Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Puno – Perú. La determinación de saponina se efectuó por el método espectrofotométrico UV-VIS y para determinar el contenido de proteína se utilizó método de Microkjeldahl 984.13 (AOAC, 2005). Las 9 líneas fueron analizadas, donde para el análisis de proteína, se extrajo 30 gramos de semillas de quinua por línea. Asimismo, para el análisis de saponina se extrajo 50 gramos de semilla por línea. En total se llevó 18 muestras, para los análisis de saponina y proteína. Como se observar en la Tabla N°28.

3.6. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS

Para la obtención de las características meteorológicas de la campaña agrícola de octubre del 2019 hasta junio del 2020 los datos de temperatura, precipitación y humedad relativa fueron obtenidos por medio del Servicio Nacional Meteorológico e Hidrológico (SENAMHI) de la estación más cercana al campo experimental. Estación Rincón Cruz de Acora Puno Perú.

Tabla N°2: Promedio de datos meteorológicos durante el experimento (2019 - 2020), según el SENAMHI de la estación Rincón de la Cruz de 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
2020	Junio	15.7	7.1	-1.5	67	0

3.6.1. Temperatura

Se presento claramente una variación en las temperaturas máximas, medias y mínimas, según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) del Perú.

Como podemos ver en la Figura N°2, la temperatura más alta fue registrada en el mes de diciembre del 2019 con 17.9 °C por otra parte las temperaturas mínimas fueron registradas en los meses de mayo y junio del 2020 con valores de 0.4 y -1.5 respectivamente, en interacción durante el desarrollo del cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).

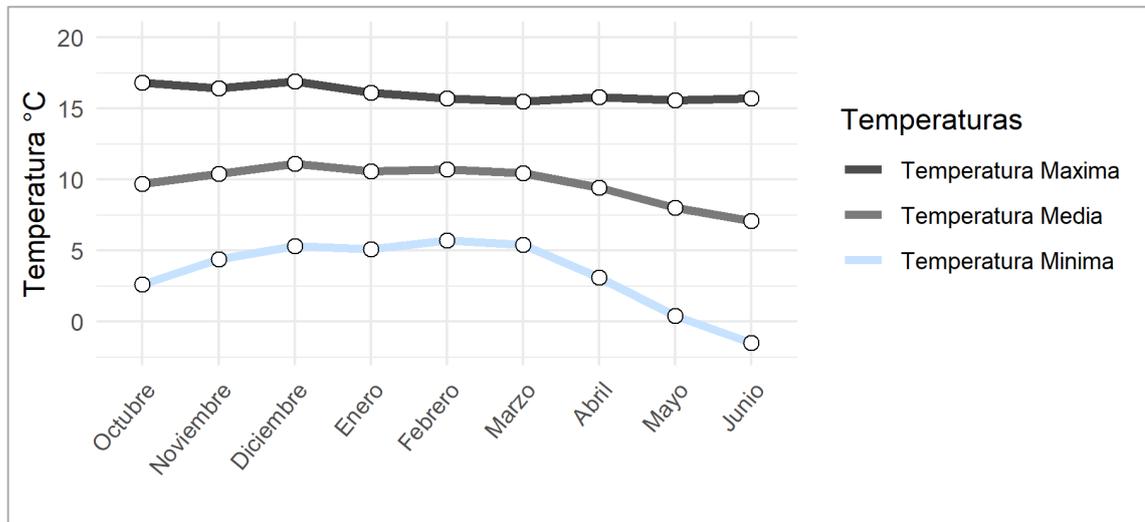


Figura N°2: Temperaturas máximas, medias y mínimas durante la campaña agrícola 2019 – 2020.

3.6.2. Precipitación

Como se puede observar en la Tabla N°2, existe pequeñas variaciones en las precipitaciones pluviales mensuales, excepto en los meses de enero y febrero con 162.6 mm a 162.8 mm las cuales representan, máximas precipitaciones pluviales, por otro lado, en el mes de mayo y junio las precipitaciones pluviales disminuyeron desde 0 a 3.5 mm.

3.6.3. Humedad relativa

Con respecto a la humedad relativa, se presentó en forma ascendente en los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero y febrero con 88, 87, 88, 91 y 93%, por otra parte en los meses marzo y abril, disminuyó en gran manera con 40 y 17%, en interacción con el desarrollo del cultivo en la campaña agrícola 2019 a 2020.

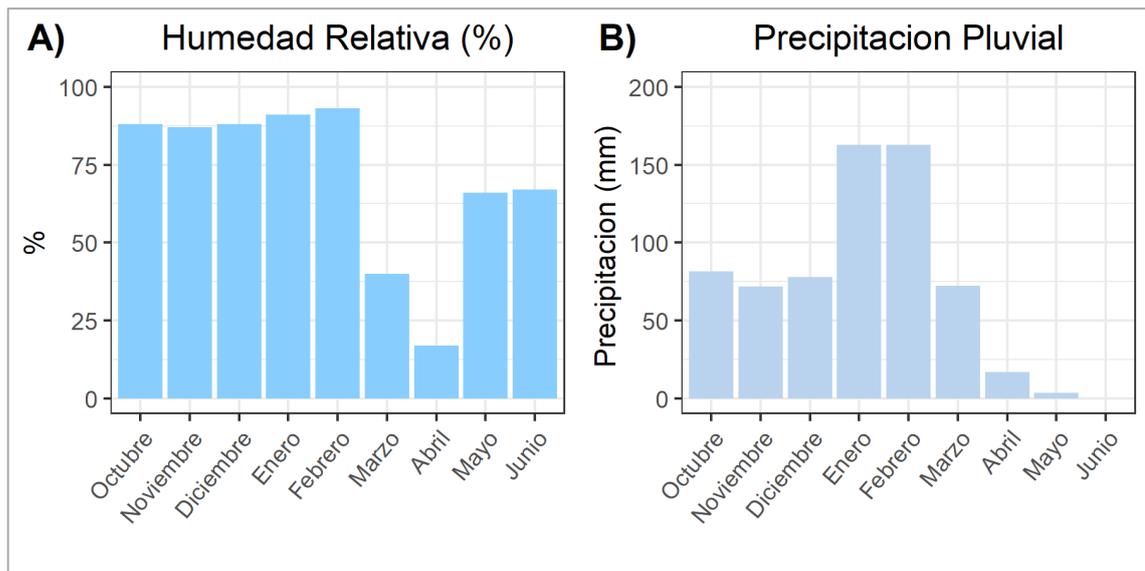


Figura N°3: Precipitación pluvial (A) y humedad relativa (B) durante la campaña agrícola 2019 – 2020.

3.7. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.7.1. Material genético

El programa de mejoramiento genético de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) llevado a cabo en Puno - Perú, efectuó una caracterización molecular mediante marcadores moleculares, en función a la distancia genética de diferentes variedades de quinua, de esta manera se realizó la cruce, de acuerdo a los resultados obtenidos de las distancias genéticas de cada genotipo, incrementando la variabilidad genética, que posteriormente dio resultado a nuevos cultivares que podrían ser lanzados como nuevas variedades, teniendo características deseadas por los agricultores e investigadores al cual se le denomina ideotipo, de acuerdo a lo mencionado, el programa de mejoramiento genético de la quinua proporciono las semillas de las autofecundaciones S10 que se realizó en la campaña agrícola, 2018 al 2019, por lo cual el presente estudio se llevó a cabo en el 2019 al 2020, utilizando el material propuesto por la caracterización del anterior año, donde se seleccionó nueve líneas, de acuerdo a su comportamiento, como Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53), Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194), Huariponcho x Kcancolla174 (HUAxKCA 174), Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171), Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165), Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 (SALxPAN 58), y Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30), Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37), Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46). Además, se trabajó con 5 parentales como



Negra Collana (COL), Salcedo INIA (SAL), Kcancolla (KCA), Pandela Rosada (PAN) y Huariponcho (HUA) y 2 testigos que fueron Altiplano (ATP) y Choclito (CHO). Con el objetivo de la caracterización agromorfológica y la selección de las mejores líneas con un buen ideotipo.

Tabla N°3: Líneas de quinua procedentes de autofecundaciones S10, con sus parentales y testigos de la campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	Parentales	Testigos
Huariponcho X Kcancolla 53	Negra Collana	Altiplano
Huariponcho X Kcancolla 194	Salcedo INIA	Choclito
Huariponcho X Kcancolla 174	Kcancolla	
Salcedo INIA X Pandela Rosada 171	Pandela Rosada	
Salcedo INIA X Pandela Rosada 165	Huariponcho	
Salcedo INIA X Pandela Rosada 58		
Salcedo INIA X Negra Collana 30		
Salcedo INIA X Negra Collana 37		
Salcedo INIA X Negra Collana 46		

3.8. MATERIAL DE CAMPO

a) Insumos:

- Urea, fosfato di amónico

b) Herramientas de campo:

- Pala
- Pico
- Rastrillo
- Hoz
- Etiquetas
- Sacos
- Cinta métrica
- Rafia
- Sobres de manila
- Vernier
- Libro de campo
- Tijeras de podar



c) Equipos de campo

- Balanza analítica
- Celular smartphone
- Tractor con implementados de los 3 procesos de preparación del suelo

d) Equipos y materiales de laboratorio

- Tubos de ensayo
- Vaso precipitado
- Pipeta

e) Otros

- Calculadora
- Tamiz
- Regla
- Cámara de Celular
- Lap Top
- Lapicero

3.9. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Tabla N°4: Medidas del campo experimental del Fundo Potojani, de la Campaña agrícola 2019 – 2020.

MEDIDAS DEL EXPERIMENTO	
Descripción	Superficie
Numero de repeticiones	4
Longitud de surco	10 m
Ancho de surco	0.6 m
Área neta de parcela	25 m ²
Área neta del bloque	400 m ²
Área neta del experimento	1600 m ²
Área total del experimento	2500 m ²

3.10. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

La población constituyo 64 unidades experimentales, donde se consideró como muestra 10 plantas por unidad experimental mediante el método de descriptores de caracterización y evaluación en las 9 líneas, 5 parentales y 2 testigos, validado por el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013),



3.11. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación reúne las condiciones metodológicas de una investigación de tipo experimental, dado que realiza evaluaciones de variables dependientes en función a las independientes, a nivel de campo, que permitió obtener líneas con buenas características agromorfológicas y selección del ideotipo.

3.12. DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente trabajo de investigación se llevó a cabo utilizando el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua y 4 repeticiones, lo que lleva a un total de 64 unidades experimentales, en la localidad del Fundo de Producción Potojani.

El modelo para diseño de bloques completos al azar:

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

Donde:

Y_{ij} = Rendimiento de i-esimo tratamiento, en la j-esima repetición.

M = efecto de la media general

T_i = efecto del i-esimo tratamiento

B_j = efecto de la j-esimo bloque o repetición

ee_{ij} = efecto aleatorio del error experimental del i-esimo tratamiento, en la j-esima repetición.

3.13. CONDUCCION DEL EXPERIMENTO

3.13.1. Preparación del suelo

La preparación del terreno se llevó a cabo previos días a la siembra, en el mes de octubre, primeramente, se roturo la superficie experimental, posteriormente se realizó el proceso de rastra en discos, en cruz, con el objetivo de desterronar y mullir mejor el suelo, y finalmente se realizó el surcado.



3.13.2. Siembra

La siembra de las líneas se realizó el quinto día del mes de noviembre. Asimismo, se preparó sobres con 30 gramos de semillas para cada unidad experimental, debidamente etiquetados para su identificación correcta de cada línea, se sembró a chorro continuo, en este caso no se realizó la aplicación de estiércol antes de la siembra, como en otros experimentos. El tapado se realizó a 2 cm de profundidad, así evitar problemas posteriores.

3.13.3. Fertilización

La formulación de la dosis de fertilización fue de 80N-40P-00K niveles recomendados por la zona. Las fuentes utilizadas fueron urea, fosfato di amónico, se fracciono a 50 % que se aplicó en el primer deshierbo y el otro 50% en el primer aporque.

3.13.4. Control de malezas

El deshierbo permite un crecimiento y desarrollo adecuado, asegurando la calidad de la producción (Apaza, 2017). Además, se efectuó el deshierbo manualmente, aprovechando la humedad del suelo, después de las precipitaciones pluviales, se realizaron 3 deshierbas durante la campaña agrícola.

3.13.5. Desahije

El desahije consiste en la eliminación de plantas débiles y pequeñas, es necesario para el buen desarrollo de las plantas vigorosas, asimismo esta actividad se realizó a los 65 días después de la siembra con una distancia de 15 cm entre plantas para tener un desarrollo óptimo.

3.13.6. Aporque

El aporque permite la fijación de las raíces y protege a las plantas del tumbado, esta labor se realizó de forma manual concluido el deshierbo y desahije, a los 75 días después de la siembra, además se aplicó abono nitrogenado complementario.

3.13.7. Cosecha y Trillado

La cosecha se realizó de acuerdo a la madurez fisiológica de cada línea, genitores y testigos, donde se cosecha 20 plantas, en la parte central donde abarcaban tres surcos



de cada unidad experimental, posteriormente se procedió a realizar la trilla de panoja y la separación de granos de la broza con ayuda del viento. Finalmente se empaco las semillas en sobres de manila y sacos donde fueron pesados e identificados adecuadamente.

3.14. EVALUACIÓN DE VARIABLES DEPENDIENTES

Las variables agronómicas y morfológicas se evaluaron de acuerdo con la metodología de descriptores de caracterización y evaluación validados por el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013), que consiste en la evaluación de caracteres agronómicos y morfológicos de quinua, permitiendo una fácil selección de ideotipos. Se extrajo 10 plantas al azar por unidad experimental, en el centro del mismo, evitando los surcos externos, se tomaron en cuenta las variables más importantes con respecto al rendimiento, tanto agronómicas y morfológicas, mediante el cual se seleccionó las líneas con un mejor ideotipo. Por otra parte, Rojas & Padulosi (2013), indican que la caracterización nos permite discriminar fácil y rápidamente entre fenotipos que muestran caracteres resaltantes y detectables.

3.15. METODOS DE VARIABLES AGRONOMICAS

3.15.1. Número de días hasta el 50% de floración (d)

Esta variable se evaluó cuantificando los días, desde la siembra hasta el 50% de las plantas hayan alcanzado floración, mediante la observación de cada parcela (Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, 2013).

3.15.2. Número de días hasta el 50% de madurez fisiológica (d)

Se registro contando los días desde la siembra hasta el 50% de las plantas de la unidad experimental ejerciendo presión con las uñas y presentando un estado pastoso (Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, 2013).

3.15.3. Altura de planta (cm)

Esta variable fue evaluada en la madurez fisiológica del cultivo, seleccionando 10 plantas al azar por parcela. La medida se estableció desde la base del tallo hasta el ápice de la panoja central, representándose en centímetros (Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, 2013).



3.15.4. Diámetro de tallo (mm)

Se cuantifico el diámetro de la parte media del tallo principal, con la ayuda de una regla vernier, evaluando 10 plantas al azar por parcela (Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, 2013).

3.15.5. Longitud de panoja (cm)

Esta variable se evaluó, midiendo desde la base hasta el ápice de panoja utilizando una cinta métrica, en 10 plantas al azar de una parcela (Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, 2013).

3.15.6. Diámetro de panoja (mm)

Se midió el diámetro de panoja utilizando una regla vernier, donde se cuantifico exactamente en la parte media de la panoja, en la etapa de la madurez fisiológica tomando 10 por unidad experimental (Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, 2013).

3.15.7. Peso de 1000 granos (g)

Esta variable fue registrada una vez terminada la cosecha, se extrajo 1000 granos (semillas) de quinua sin perigonio y se pesó de una balanza analítica (Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, 2013).

3.15.8. Diámetro de grano (mm)

Después de la cosecha se procedió a medir el diámetro de grano utilizando una regla vernier (Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, 2013).

3.15.9. Rendimiento por planta (g)

Para determinar este variable, primero se desprendió el grano de la panoja luego se limpió las semillas para eliminar impurezas, posteriormente se utilizó una balanza analítica para pesar el grano por planta (Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, 2013).



3.15.10. Rendimiento (Kg/ha)

Para cuantificar el rendimiento de grano por hectárea se tomó en cuenta el peso de grano por planta, y se realizó la respectiva conversión (Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, 2013).

3.15.11. Índice de cosecha (%)

Para determinar el índice de cosecha se utilizó los datos como peso de grano por planta y peso de biomasa por planta, y se utilizó la fórmula propuesta por el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013).

3.16. METODOS DE VARIABLES MORFOLOGICAS

3.16.1. Color de panoja en floración (escala)

Para determinar el color de la panoja en floración se consideró que el 50% de las plantas llegaran a la floración, de esta manera se evaluó el color mediante las escalas de 4 colores propuesto por el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013).

3.16.2. Color de panoja en madurez fisiológica (escala)

Para determinar el color de la panoja en maduración fisiológica se consideró que el 50% de las plantas llegaran a la maduración fisiológica evaluando el color mediante las escalas de 14 colores más comunes y otros, usando la visualización propuesta por el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013).

3.16.3. Forma de panoja (escala)

Para evaluar la forma de la panoja se utilizó la visualización, donde se identificó en función al Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013), existiendo 3 tipos de forma de panoja como glomerulada, intermedia y amarantiforme.

3.16.4. Densidad de la panoja (escala)

Para evaluar la densidad de la panoja se utilizó la visualización, donde se identificó la densidad de la panoja de acuerdo al descriptor Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013), habiendo 3 tipos de densidad de panoja, como laxa, intermedia y compacta.

3.16.5. Comportamiento al mildiu (escala)

Para determinar el comportamiento al mildiu de las líneas, se utilizó el descriptor Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013), mediante la visualización de cada unidad experimental y en una escala desde muy bajo, bajo, intermedia, alta y muy alta.

3.16.6. Daño por aves (escala)

Esta variable fue determinada observando el daño de las aves en cada parcela, dependiendo del daño se tomó una escala desde muy bajo, bajo, alta y muy alto (Palao-Iturregui *et al.*, 2021).

3.17. CARACTERÍSTICAS AGROMORFOLOGICAS

Tabla N°5: Variables de estudio evaluadas durante la investigación (campana agrícola 2019 – 2020).

Variables independientes	Variables dependientes
Líneas	Variables agronómicas
Huariponcho X Kcancolla 53	Número de días al 50% de floración (d)
Huariponcho X Kcancolla 194	Altura planta (cm)
Huariponcho X Kcancolla 174	Diámetro de tallo (mm)
Salcedo INIA X Pandela Rosada 171	Longitud de panoja (cm)
Salcedo INIA X Pandela Rosada 165	Diámetro de panoja (mm)
Salcedo INIA X Pandela Rosada 58	Numero días al 50% de madurez fisiológica (d)
Salcedo INIA X Negra Collana 30	Peso de 1000 granos (g)
Salcedo INIA X Negra Collana 37	Diámetro de grano (mm)
Salcedo INIA X Negra Collana 46	Rendimiento por planta (g)
Genitores	Rendimiento por hectárea (kg/ha)
Negra Collana	Índice de cosecha (%)
Salcedo INIA	Contenido de proteína (%)
Kcancolla	Contenido de saponina (%)
Pandela Rosada	Variables morfológicas
Huariponcho	Daño por aves (escala)
Testigos	Color de panoja en floración (escala)
Altiplano	Color de panoja en madurez fisiológica (escala)
Choclito	Forma de panoja (escala)
	Densidad de Panoja(escala)
	Comportamiento al mildiu (escala)

3.18. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para el análisis adecuado de datos se utilizó el software estadístico R Core Team Software (2021). Los datos colectados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) posteriormente la prueba de comparación múltiple S.N.K. al 5% de error, y para el análisis multivariado, se usó el Análisis de Componentes Principales (PCA).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. EVALUACION DE CARACTERES AGRONOMICOS EN LINEAS DE QUINUA S10 PROVENIENTES DE CRUZAS SIMPLES CERCANAS Y DISTANTES GENETICAMENTE

4.1.1. Altura de planta

El análisis de varianza para la altura de planta se muestra en la Tabla N°6, se observa que no existe diferencias significativas entre bloques, por otro lado, se muestra que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual nos indica que altura entre las plantas es heterogénea, además contamos con un coeficiente de variación de 7.61%.

Tabla N°6: Análisis de Varianza (ANOVA) para la altura de planta de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	599	85.6	1.488	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	15	8157	543.8	9.454	1.7	2.12	**
ERROR	41	2358	57.5				
TOTAL	59	11114					

C.V. = 7.61%

Mean = 98.2

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.N.K. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable altura de planta, en función al comportamiento de las líneas, parentales y testigos. En la Tabla N°7, se muestra los valores medios de la variable altura de planta, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, como se puede observar el testigo Altiplano (ATP) registro mayor altura de planta con 121.7 cm, seguidamente el parental Salcedo INIA (SAL) con 125.3 cm, y la línea Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAxKCA 174) con 108.0 cm. En adición, Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30), Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) y el parental Pandela Rosada (PAN) mostraron menores alturas de planta con 87.6, 85.7 y 79.9 cm.

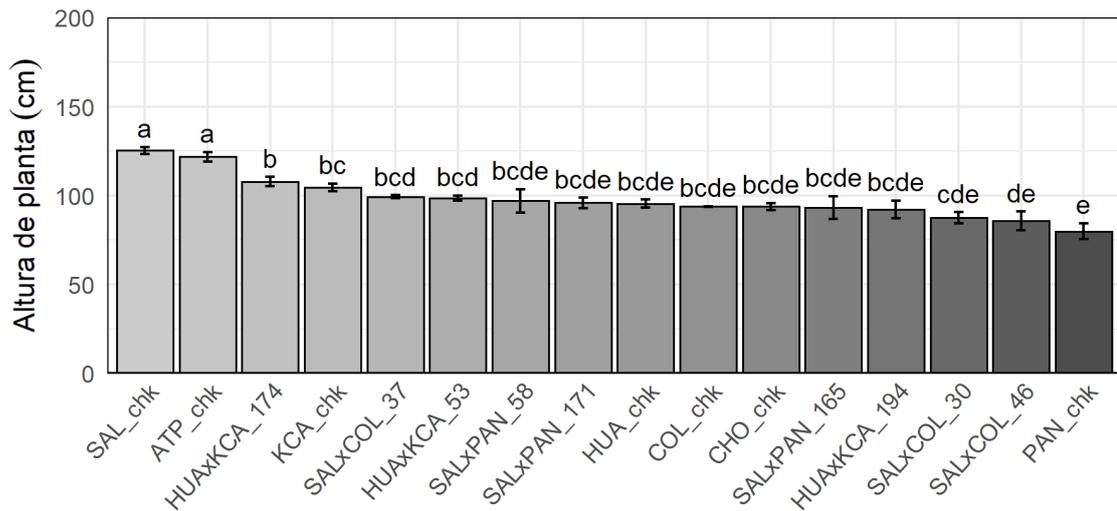


Figura N°4: Comportamiento de altura de planta en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°7: Prueba de S.N.K. al 5% para altura de planta (cm) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	ATP	121.7	a
2	SAL	125.3	a
3	HUAxKCA 174	108.0	b
4	KCA	104.7	c
5	HUAxKCA 53	98.6	c
6	SALxCOL 37	99.4	c
7	CHO	93.8	e
8	COL	93.9	e
9	HUA	95.5	e
10	HUAxKCA 194	92.2	e
11	SALxPAN 165	93.2	e
12	SALxPAN 171	95.9	e
13	SALxPAN 58	95.5	e
14	SALxCOL 30	87.6	e
15	SALxCOL 46	85.7	e
16	PAN	79.9	e

Como se observa en la Tabla N°7 el testigo Altiplano (ATP) y el parental Salcedo INIA (SAL) obtuvieron una diferencias de medias estadísticamente similares, y Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAxKCA 174) obtuvo una media de 108 cm y el parental Kcancolla (KCA), junto con las líneas no presentan diferencias estadísticas similares en la altura de planta, en contraste con Barrientos (2020), en su investigación, utilizando el mismo material genético, de lo cual obtuvo, con respecto a la altura de planta



una media mayor y diferencia estadística con respecto a las líneas, el testigo Altiplano (ATP) con 190.7 cm, y las líneas Salcedo INIA x Huariponcho 33 (SALxHUA 33) con 174.93 cm como mayor altura y menor altura a Negra Collana x Kcancolla 14 (COLxKCA 14) con 133 cm., esta diferencia podría deberse al manejo agronómico realizado en cada campaña agrícola. Asimismo, en la actualidad la altura de planta es una de las variables más estudiadas en el mejoramiento genético, sobre todo en los cultivos de grano, como indican Maluszynski *et al.* (2003), la altura de planta esta correlacionada con el rendimiento de semilla, esto se conoce, debido a la manifestación de una mutación espontánea en el arroz, lo que con llevo a diferentes estudios, concluyendo esa relación, es por ello que en la actualidad la mayoría de cultivos de grano, más comercializados, cuentan con una altura mediana – baja y un rendimiento alto. Asimismo, en el caso de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) recientes estudios, confirman que 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 (López-Marqués *et al.*, 2020; Manjarres-Hernández., *et al.*, 2021). Por otra parte, Pinto (2014), en su investigación con material genético F1, encontró un promedio de 1.40 – 2.00 m, asimismo Apaza (2014), utilizando un material genético S3 reporto un promedio de altura de planta entre 106 – 214 cm, estos resultados podrían deberse a las condiciones edafoclimáticas donde se realizó dicho experimento. Además, Dominguez (2014), quien reporto promedios entre 133 a 153 cm, estos resultados serian explicados por las condiciones ambientales realizadas en campo. Sin embargo, Asimismo, EL-Harty *et al.* (2021), realizaron un estudio de caracterización de variables cualitativas y cuantitativas de 32 genotipos de quinua en la localidad de Riyadh – Arabia Saudita, donde categorizaron la variable cuantitativa altura de planta en 3 categorías, corto (60 a 80 cm), mediano (80 – 135cm) y largo (136 – 180 cm), considerando que los genotipos de categoría mediana obtuvieron un mayor rendimiento que los de categoría largo, que obtuvieron un menor rendimiento. Asimismo, Manjarres-Hernández *et al.* (2021), indican que para una buena selección en la quinua, debe considerarse la característica cuantitativa de altura de planta, también reportaron que las plantas de quinua con más baja - mediana altura tienen los más altos valores en diámetro de grano y rendimiento de semilla, de esta manera señalan que los valores altos de altura de planta no siempre está relacionado con el rendimiento, dado que reportaron plantas con menor altura pero con alto rendimiento, además este resultado también puede deberse a la interacción genotipo x ambiente y el

manejo agronómico, que se realiza en cada genotipo de quinua, esto podría intervenir en la expresión fenotípica de cada genoma. Por otro lado, el estudio presenta variabilidad en la altura de planta en función a las líneas evaluadas, este resultado puede deberse a la interacción genotipo x medio ambiente = fenotipo y también al manejo que se le proporcionó, asimismo se encontró líneas con una altura de planta mediana (Snowdon *et al.*, 2021).

4.1.2. Diámetro de tallo principal

El análisis de varianza para el diámetro de tallo principal, se muestra en la Tabla N°8, donde se observa que existe diferencias altamente significativas entre bloques, por otro lado, se muestra que también existe diferencias significativas en los tratamientos, estos resultados pueden deberse a la variabilidad genética de las líneas en estudio, ya que cuenta con un coeficiente de variación de 19.9% (Rustom, 2012).

Tabla N°8: Análisis de Varianza (ANOVA) para diámetro de tallo de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	375	53.58	3.468	2.76	4.13	**
TRAMIENTOS	15	450	30.01	1.942	1.7	2.12	*
ERROR	41	2611	15.45				
TOTAL	59	3436					

C.V.=19.9% Mean=12.7

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.N.K. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable cuantitativa de diámetro de tallo principal, en función al comportamiento de las líneas, parentales y testigos. En la Tabla N°9, se muestra los valores medios de la variable diámetro de tallo principal, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, como se puede observar la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) registro mayor diámetro de tallo principal con 17.9 mm, siendo el mayor diámetro de tallo en comparación con el resto de líneas, parentales y testigos, seguidamente el parental Salcedo INIA (SAL) con 14.1 mm, el parental Negra Collana (COL) con 13.8 mm y el parental Altiplano (ATP) con 12.9 mm. En adición, las líneas Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53), Salcedo INIA x Negra Collana 46

(SALxCOL 46), Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAXKCA 194) mostraron menores diámetros de tallo con 11.5, 11.3 y 10.8 mm respectivamente. Según EL-Harty *et al.*, (2021) y López-Marqués *et al.*, (2020), el comportamiento está determinado por el genotipo en interacción con el medio ambiente, dando resultado a la expresión del fenotipo, además que en las últimas generaciones filiales es posible encontrar homogeneidad en algunas caracteres debido a la homocigosis y el detenimiento de segregación.

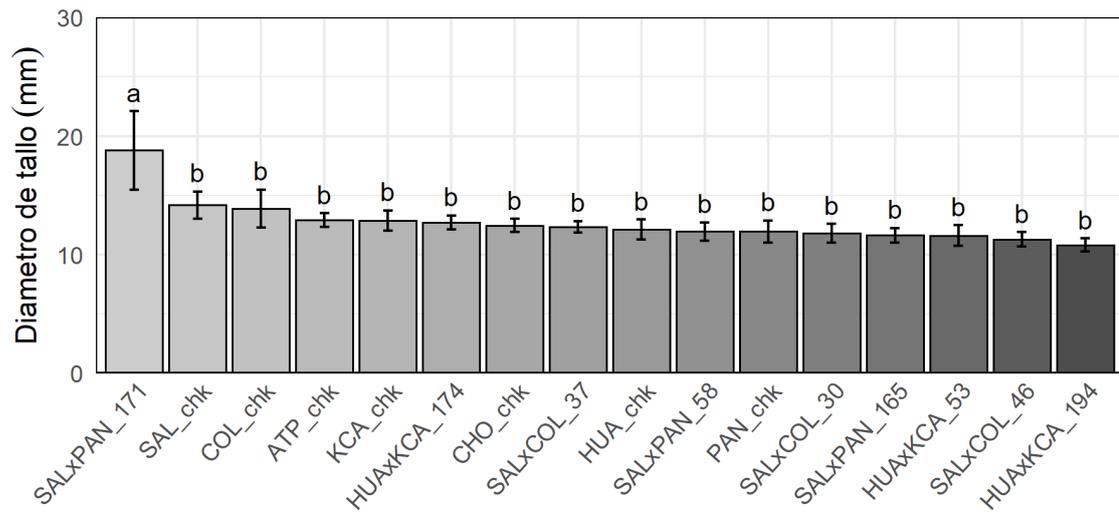


Figura N°5: Comportamiento del diámetro de tallo en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°9: Prueba de S.N.K. al 5% para diámetro de tallo (mm) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	SALxPAN 171	17.9	a
2	SAL	14.1	b
3	COL	13.8	b
4	ATP	12.9	b
5	KCA	12.8	b
6	HUAxKCA 174	12.7	b
7	CHO	12.4	b
8	SALxCOL 37	12.3	b
9	HUA	12.1	b
10	SALxPAN 58	11.9	b
11	PAN	11.8	b
12	SALxCOL 30	11.7	b
13	SALxPAN 165	11.6	b
14	HUAxKCA 53	11.5	b
15	SALxCOL 46	11.3	b
16	HUAxKCA 194	10.8	b

Como se muestra en la Tabla N°9, la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada (SALxPAN 171) presentó una diferencia estadística con respecto a las otras líneas, de esta manera podemos aseverar que obtuvimos una línea con mayor diámetro de tallo a la que obtuvo Flores (2017), donde evaluó el mismo material genético, reportando a la cruz Pasancalla x Kcancolla con diferencia significativa con respecto a las demás líneas, además presentó un promedio de 14 a 9 mm, contraste con Barrientos (2020), quien obtuvo diferencias significativas estadísticas en las líneas con mayor y menor diámetro de tallo a Salcedo INIA x Huariponcho 33 (SALxHUA 33) y Negra Collana x Kcancolla 14 (COLxKCA) 14 con 23.20 a 17.10 mm respectivamente, esta diferencia podría deberse a diferentes factores, como la fertilidad del suelo (Snowdon *et al.*, 2021). Por otro lado, Chura *et al.* (2020), quienes realizaron una caracterización agromorfológica en líneas de quinua, reportaron un promedio entre 1.02 a 1.65 mm. Asimismo, en la investigación en Colombia de genotipos Manjarres-Hernández *et al.* (2021), obtuvieron promedios del diámetro del tallo de 32.1 a 43.2 mm en líneas evaluadas, además consideran que el diámetro de tallo guarda una correlación positiva alta con el diámetro de panoja y la altura de planta, también señala que el diámetro de tallo es un carácter importante agronómico, para la selección de líneas o accesiones. De igual forma EL-Harty *et al.* (2021), reportaron que en la introducción de 32 genotipos de quinua, en Arabia Saudita se encontró

promedios de 8 a 27 mm y una correlación entre la altura de planta y el diámetro de tallo, también indica que la variación fenotípica se debe en gran medida al origen de cada genotipo, y que en inicios de programas de mejoramiento genético suelen ser altas, de tal manera que en los últimos años va disminuyendo. Finalmente López-Marqués *et al.* (2020), indican que el comportamiento de algunos caracteres puede ser resultado de la capacidad adaptativa que tienen, y las condiciones agroecológicas a la cual son sometidas, además que el carácter diámetro de tallo podría prevenir el tumbado, que podrían ser causados por el exceso de peso en la panoja, el viento y problemas ornitológicos, siendo un carácter importante para los programas de mejoramiento genético.

4.1.3. Longitud de panoja

El análisis de varianza para la longitud de panoja se muestra en la Tabla N°10, se observa que no existe diferencias significativas entre bloques, por otro lado, se muestra que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, estos resultados pueden deberse a la variabilidad genética de las líneas en estudio, ya que cuenta con un coeficiente de variación de 19.8%. Con respecto al coeficiente de variación en la longitud de panoja, casi coincidimos con Manjarres-Hernández *et al.* (2021), que obtuvieron un coeficiente de variación de 17.2%.

Tabla N°10: Análisis de Varianza (ANOVA) para la longitud de panoja de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	1403	200.4	1.965	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	15	3364	224.3	2.199	1.7	2.12	**
ERROR	169	17240	102				
TOTAL	187	22007					

C.V.=19.8%

Mean=48.8

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.N.K. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable cuantitativa de longitud de panoja, en función al comportamiento de las líneas, parentales y testigos. En la Tabla N°11, se observa los valores medios de la variable longitud de panoja, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, de esta manera la línea Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) registro la mayor longitud de panoja con 56.1 cm, seguido de

Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAxKCA 174) con 53.4 cm y Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 (SALxPAN 58) con 51.8 cm. Sin embargo, la línea Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46), el testigo Altiplano (ATP) y el parental Pandela Rosada (PAN) mostraron menores longitudes de panoja con 44.7, 42.0 y 39.2 cm. Lo cual podríamos destacar que obtuvimos 3 líneas superiores a sus parentales, indicando ganancia genética establecida.

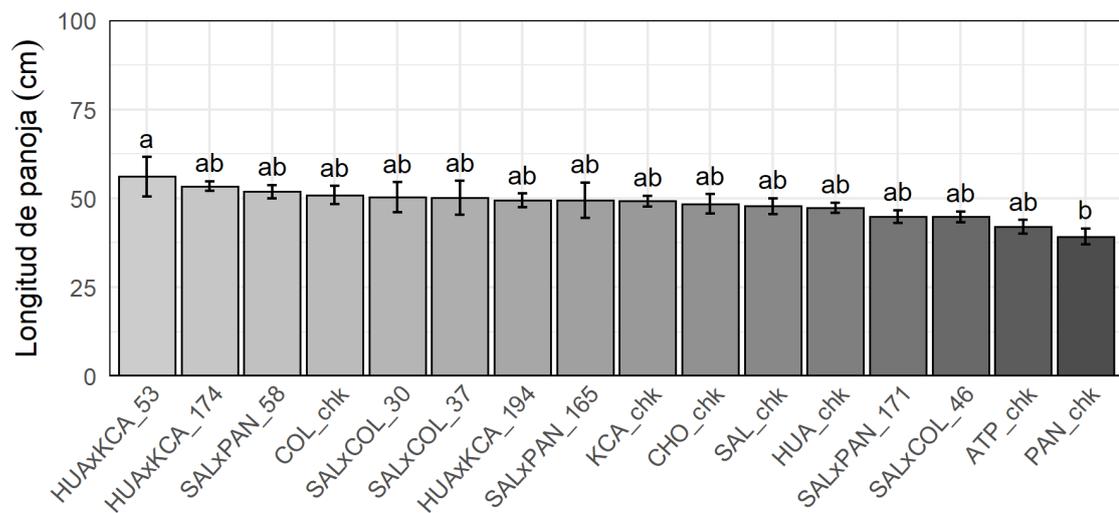


Figura N°6: Comportamiento de longitud de panoja en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°11: Prueba de S.N.K. al 5% para longitud de panoja (cm) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	HUAxKCA 53	56.1	a
2	HUAxKCA 174	53.4	b
3	SALxPAN 58	51.8	b
4	COL	50.9	b
5	SALxCOL 30	50.3	b
6	SALxCOL 37	50.0	b
7	HUAxKCA 194	49.4	b
8	SALxPAN 165	49.4	b
9	KCA	49.2	b
10	CHO	48.4	b
11	SAL	47.8	b
12	HUA	47.3	b
13	SALxPAN 171	44.9	b
14	SALxCOL 46	44.7	b
15	ATP	42.0	b
16	PAN	39.2	c



Como se muestra en la Tabla N°11, la línea Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53), presento significancia estadística con respecto a las demás líneas, sin embargo, Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAxKCA 174) y Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 (SALxPAN 58) no presentaron diferencias estadísticas con respecto a las demás líneas, no obstante, fueron superiores a sus padres con respecto a este carácter con 56.1, 53.4 y 51.8 cm respectivamente. Barrientos (2020), reporto un promedio de 36.8 a 57.5 cm, de las cuales 3 líneas fueron superiores a sus parentales coincidiendo con este estudio, la línea Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) presento diferencia estadística en contraste con las demás líneas con 57.50 cm, obtuvo la mayor longitud de panoja, seguido de Salcedo x Huariponcho 33 (SALxHUA 33) con 55.48 cm y Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) con 52.68 cm. Por otro lado Pinto, (2014), reporte longitudes de panoja desde 43 a 92 cm, del mismo modo con Apaza (2017), reporto un promedio de 17.2 a 24.2 cm, indicando que obtuvo líneas que superaron a sus parentales, señalando ganancia genética, además Flores (2017), obtuvo un promedio de 21.8 a 28.45 cm, obteniendo 3 líneas superiores a sus parentales, como Pasankalla x Kcancolla (PAS x KCA) con 28.45 cm, seguido de Salcedo INIA x Pandela Rosada (SAL x PAN) con 27.49 cm y Salcedo INIA x Huariponcho (SAL x HUA) con 26.48 cm., Por otro lado Garcia *et al.* (2019), indican que el carácter de longitud de panoja depende del crecimiento y los procesos de diferenciación que ocurren en el meristema apical. Asimismo, Hussain *et al.* (2020), quienes realizaron una caracterización agromorfológica relacionadas con el rendimiento, bajo diferentes niveles de salinidad, determinaron que el proceso de crecimiento y diferenciación del meristema apical, está determinado por cada genotipo, por las condiciones de fertilización del suelo, entre otros, además señalan que el carácter de longitud de panoja está correlacionado con los caracteres agronómicos relacionados con el rendimiento, donde a mayores niveles de salinidad estos caracteres disminuyeron en gran medida. También Bascuñán-Godoy *et al.* (2018), quienes realizaron un estudio similar, pero bajo condiciones altas y bajas de nitrógeno, indica que sí, existe una disminución en la longitud de panoja en bajos niveles de nitrógeno, por otra parte señalan que los genotipos adaptados a más de 2500 msnm., resultaron más resistentes a las condiciones bajas de nitrógeno en el suelo, que los genotipos provenientes de 500 msnm. Según Guerrero *et al.* (2008) el carácter longitud de panoja esta correlacionado con el diámetro de panoja y el rendimiento. Sin embargo, Coronado *et al.* (2021), indican que el carácter longitud de panoja esta correlacionado con el diámetro de panoja y la altura de planta. Finalmente, Manjarres-Hernández, *et al.*

(2021), mencionan que los genotipos con longitudes medias - cortas de panoja estarían correlacionados con un alto rendimiento, esto debido a que en su evaluación encontraron genotipos con alto rendimientos, pero con panojas con longitudes medianas – cortas, en adición también señala que encontró una correlación negativa entre la longitud de panoja y el peso de 1000 granos.

4.1.4. Diámetro de panoja

El análisis de varianza para el diámetro de panoja se muestra en la Tabla N°12, se observa que no existe diferencias significativas entre bloques, por otro lado, se muestra que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, estos resultados pueden deberse a la variabilidad genética de las líneas en estudio, ya que cuenta con un coeficiente de variación de 20.5%. Asimismo Coronado *et al.*, (2021), quienes evaluaron agromorfológicamente, en el carácter de diámetro de panoja obtuvo un coeficiente de variación 37.66%.

Tabla N°12: Análisis de Varianza (ANOVA) para el diámetro de panoja de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	1337	191	1.074	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	15	7486	499.1	2.807	1.7	2.12	**
ERROR	169	30047	177.8				
TOTAL	187	38870					

C.V.=20.5%

Mean=61.6

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.K.N. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable cuantitativa diámetro de panoja, en función al comportamiento de las líneas, parentales y testigos. En la Tabla N°13, se observa los valores medios de la variable diámetro de panoja, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, donde el parental Salcedo INIA (SAL) con 72.5 mm obtuvo el mayor diámetro de panoja en función a las líneas, parentales y testigos, siguiéndole el testigo Choclito (CHO) con 68.5 mm y la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165) con 67.4 mm. Asimismo la línea Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) con 55.7 mm, seguido del parental Negra Collana (COL) con 54.4 mm

y el parental Pandela Rosada (PAN) con 47.3 mm, obtuvieron los menores diámetros de panoja.

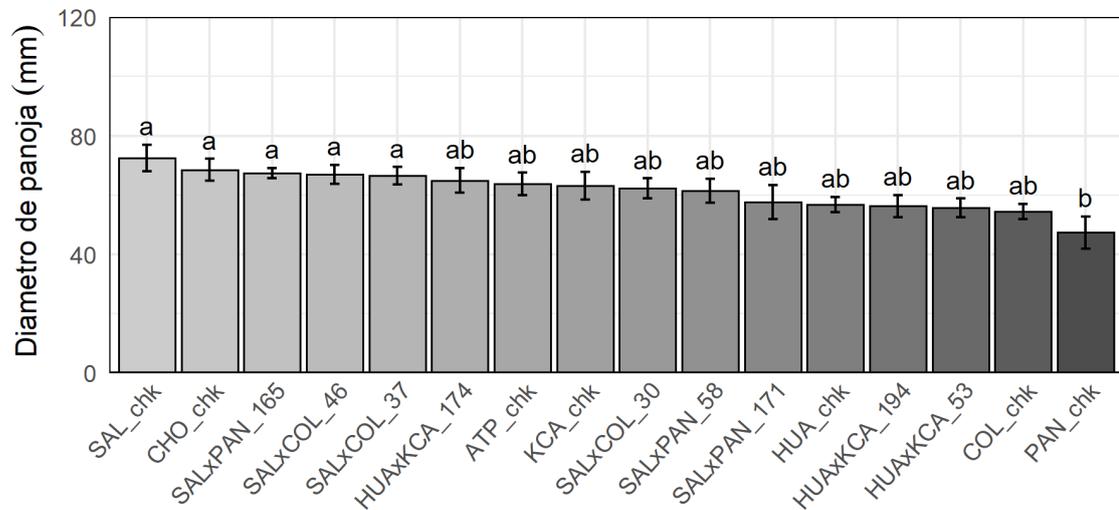


Figura N°7: Comportamiento de diámetro de panoja en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°13: Prueba de S.N.K. al 5% para diámetro de panoja (mm) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	SAL	72.5	a
2	CHO	68.5	a
3	SALxPAN 165	67.4	a
4	SALxCOL 46	67.0	a
5	SALxCOL 37	66.5	a
6	HUAxKCA 174	64.8	b
7	ATP	63.7	b
8	KCA	63.1	b
9	SALxCOL 30	62.2	b
10	SALxPAN 58	61.4	b
11	SALxPAN 171	55.7	b
12	HUA	56.8	b
13	HUAxKCA 194	56.2	b
14	HUAxKCA 53	55.7	b
15	COL	54.4	c
16	PAN	47.3	c

Como se muestra en la Tabla N°13, las líneas con mayor y menor diámetro presentaron diferencias estadísticas de panoja donde Salcedo INIA x Huariponcho 165 (SALxHUA 165) con 67.4 mm y Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) con 55.7 mm. Por otro lado Barrientos (2020), reporto a Salcedo INIA x Huariponcho 33



(SALxHUA 33) como diferente estadísticamente en función a las demás líneas con 100.2 mm como mayor diámetro de panoja y menor diámetro de panoja a la línea Negra Collana x Kcancolla 14 (COLxKCA 14) con 53.70 mm esta diferencia de este carácter puede deberse a las condiciones medio ambientales o al manejo agronómico realizado en cada experimento tal como indica Snowdon *et al.* (2021),. Así también Apaza (2017), quien utilizo el mismo material genético, reporto un promedio de diámetro de panoja 47.5 a 72 mm con respecto a sus líneas, coincidiendo con Flores (2017), en la caracterización agronómica que realizo, también encontró la línea Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA) con 87.3 mm que fue superior con respecto a sus genitores. Por otro lado, Asimismo Manjarres-Hernández *et al.* (2021), en sus caracterizaciones agronómicas, reportaron un promedio de 200 a 350 mm de 30 accesiones de quinua en Colombia, diferenciándose en gran manera de este estudio. Esto puede deberse a las condiciones edafoclimáticas presentes en cada estudio que intervienen en el fenotipo de cada genotipo. Por otra parte Coronado *et al.* (2021), realizaron una caracterización agromorfológica en la quinua, donde reportaron un diámetro de panoja entre 75 a 385 mm, asimismo encontraron una correlación entre el diámetro y la longitud de panoja, también la altura de planta y el diámetro de panoja, coincidiendo con Montes-Rojas *et al.* (2018), quienes también encontraron plantas de quinua con buen desarrollo en la panoja. También Manjarres-Hernández *et al.* (2021), mencionan que el carácter diámetro de panoja, es un fenotipo que puede variar mucho según el genotipo y que no muchas veces puede incluirse en una selección agromorfológica. Sin embargo López-Marqués *et al.* (2020), indican que no todos los caracteres agromorfológicos están correlacionados con el rendimiento. Coincidiendo con Andrewn (2017), quien menciona que el desarrollo de la panoja depende en gran medida del genotipo y el origen del mismo. Además, Ali *et al.* (2020), quienes trabajaron con diferentes técnicas de plantación bajo condiciones de irrigación, donde encontraron que los caracteres agronómicos están relacionados con la cantidad de riego aplicado sobre todo el desarrollo de la panoja donde está incluido el diámetro de panoja. Del mismo modo Madrid *et al.* (2018), quienes trabajaron con genotipos de la costa de Chile, reportaron promedios de diámetro de panoja desde 22.77 a 33.63 cm, además indican que el diámetro de panoja guarda una relación con la longitud de panoja, siendo contrario a los resultados obtenidos en este estudio, esto podría deberse a la interacción genotipo-ambiente, dado que la presente investigación fue realizada en la zona altiplánica del Perú con diferente temperatura a la costa de Chile.

4.1.5. Floración

El análisis de varianza para el número de días a floración en la Tabla N°14, se observa que no existe diferencias significativas entre bloques, por otro lado, se muestra que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, estos resultados pueden deberse a la variabilidad genética propias de las líneas en estudio, ya que cuenta con un coeficiente de variación de 3.2% (Fallas, 2012).

Tabla N°14: Análisis de Varianza (ANOVA) para la floración de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	61.7	8.82	0.85	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	15	1648.4	109.89	10.59	1.7	2.12	**
ERROR	41	425.6	10.38				
TOTAL	59	2135.7					

C.V. = 3.2% Mean=98.1

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.K.N. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable cuantitativa número de días a la floración, en función al comportamiento de las líneas, parentales y testigos. En la Tabla N°15, se observa los valores medios de la variable número de días a la floración, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, como podemos observar el parental Pandera Rosada (PAN) con 87.5 días, obtuvo el menor número de días a la floración, siguiendo la línea Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) con 90.5 días y la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 95.2 días respectivamente. Asimismo, el testigo Choclito (CHO), el parental Salcedo INIA (SAL) y el testigo Altiplano (ATP) fueron los que tardaron más días en florecer con 103.8, 104.0 y 108.0 días.

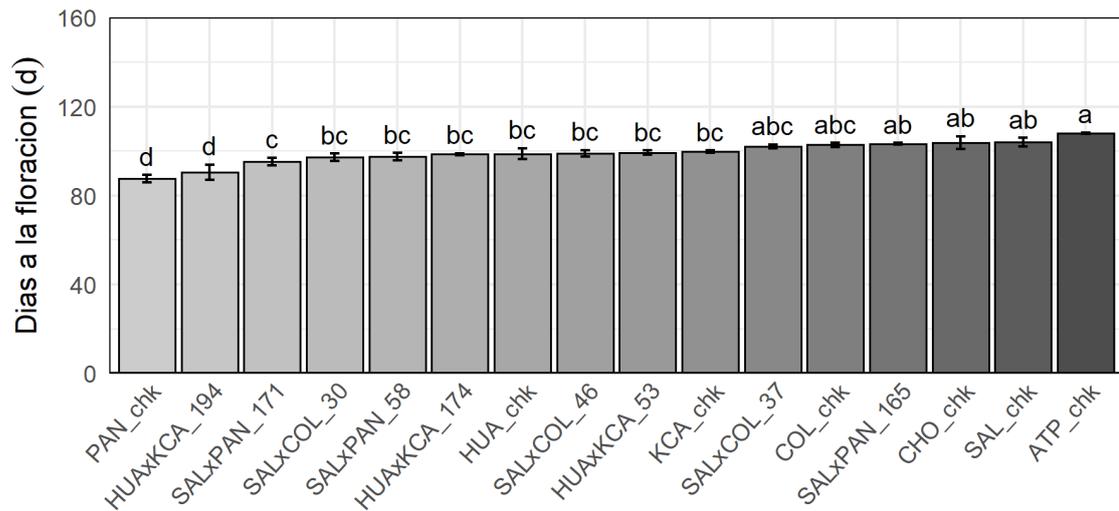


Figura N°8: Comportamiento de días a la floración en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°15: Prueba de S.N.K. al 5% para días a la floración (días) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	PAN	87.5	d
2	HUAxKCA 194	90.5	d
3	SALxPAN 171	95.2	c
4	SALxCOL 30	97.2	c
5	SALxPAN 58	97.5	c
6	HUAxKCA 174	98.5	c
7	HUA	98.8	c
8	SALxCOL 46	99.0	c
9	HUAxKCA 53	99.2	c
10	KCA	99.8	c
11	SALxCOL 37	102.0	c
12	COL	102.8	c
13	SALxPAN 165	103.2	b
14	CHO	103.8	b
15	SAL	104.0	b
16	ATP	108.0	a

Como se muestra en la Tabla N°15, la línea Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) presentó diferencias estadísticas con respecto a las demás líneas con 90.5 días manifestando menores días a la floración en comparación de las otras líneas que superaron los 91 días. Adicionalmente Mujica *et al.* (2000), indican que la apertura de flores ocurre entre los 75 a 80 días y la floración en su totalidad entre los 90 a 100 días, por otra parte Flores (2017), con el mismo material genético en estudio, obtuvo un promedio entre 83.55 a 95.45 días a la floración, sin embargo Barrientos (2020), en su

trabajo de investigación usando el mismo material genético, reporto como la línea más precoz y con diferencia estadística a Negra Collana x Kcancolla 114 (COLxKCA 114) con 85.3 días. De la misma manera con Dominguez (2014), utilizando el mismo material genético muestra un promedio entre 60 a 70 días para la floración, también Pinto (2014), quien reporto promedios entre 58 a 79 días para la floración, este resultado podría deberse a las condiciones climáticas y al manejo, además estos experimentos fueron llevados a cabo en Arequipa. Según Curti *et al.* (2016), los rendimientos de quinua son extremadamente sensibles a las condiciones climáticas adversas, lo que genera una fuerte variación en el tiempo de floración entre las temporadas de cosecha, de esta manera prefiriendo quinuas precoces. También López-Marqués *et al.* (2020), quienes realizaron un estudio del ideotipo de la quinua, indican lo importante de este carácter número de días a la floración, por lo que podríamos evitar inclemencias climáticas durante la floración, asimismo para los agricultores obtener materiales genéticos precoces y cosechar de inmediato, tiene una gran ventaja económica. Por otra parte, Madrid *et al.* (2018), en su investigación de selección de genotipos con buen rendimiento mediante la caracterización agronómica, menciona que la precocidad en plantas de quinua podría estar correlacionadas con la arquitectura de las mismas. Por otra parte Manjarres-Hernández *et al.* (2021), en sus estudios de caracteres relacionados con el rendimiento, con respecto a días a la floración encontraron un promedio entre 68 a 121 días.

4.1.6. Madurez fisiológica

El análisis de varianza para el número de días a la madurez fisiológica se muestra en la Tabla N°16, se observa que, si existe diferencias significativas entre bloques, de igual forma, se muestra que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, adicionalmente obtuvimos un coeficiente de variación de 1.9%.

Tabla N°16: Análisis de Varianza (ANOVA) para madurez fisiológica de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	587	83.9	7.421	2.76	4.13	**
TRATAMIENTOS	15	8367	557.8	49.344	1.7	2.12	**
ERROR	41	463	11.3				
TOTAL	59	9417					

C.V. =1.9% Mean =171

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.K.N. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable cuantitativa número de días a la madurez fisiológica, en función al comportamiento de las líneas, parentales y testigos. En la Tabla N°17, se observa los valores medios del número de días a la madurez fisiológica, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, donde el parental Pandela Rosada (PAN) con 144.5 días, obtuvo menor número de días hasta madurez fisiológica, siguiendo la línea Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAxKCA 174) con 163.2 días igual que la línea Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194). Por otro lado, los testigos Altiplano (ATP), Choclito (CHO) y el parental Salcedo INIA (SAL), tuvieron los mayores días a la madurez fisiológica con 188.0, 192.8 y 193.8 días.

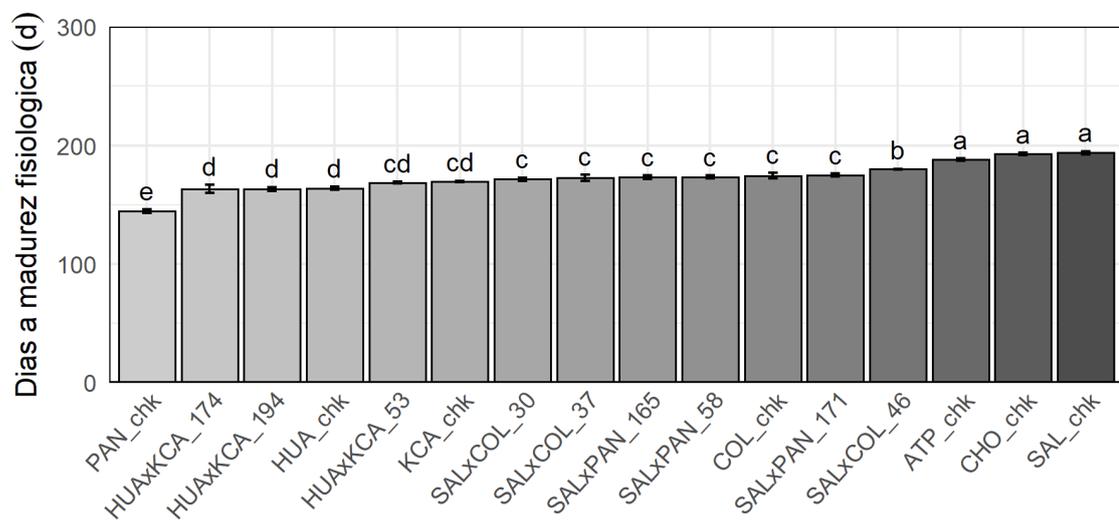


Figura N°9: Comportamiento de días a la madurez fisiológica en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°17: Prueba de S.K.N. al 5% para días a la madurez fisiológica (días) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG.≤ 0.05
1	PAN	144.5	e
2	HUAxKCA 174	163.2	d
3	HUAxKCA 194	163.2	d
4	HUA	163.8	d
5	HUAxKCA 53	168.8	d
6	KCA	169.5	c
7	SALxCOL 30	171.5	c
8	SALxCOL 37	172.8	c
9	SALxPAN 165	173.2	c
10	SALxPAN 58	173.5	c
11	COL	174.5	c
12	SALxPAN 171	175	c
13	SALxCOL 46	180	b
14	ATP	188	a
15	CHO	192.8	a
16	SAL	193.8	a

Mujica *et al.* (2000), indican que la madurez fisiológica en la quinua se manifiesta en un promedio de 160 a 180 días después de la siembra, contrastando con este estudio se encontró líneas con menores días a la madurez fisiológica, como se muestra en la Tabla N°17, Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAxKCA 174), Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) y Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) no presentaron diferencias estadísticas, no obstante obtuvieron 163.2, 163.2 y 168.8 días, con un promedio de 144.5 a 193.8 días, en contraste con Barrientos (2020), quien utilizó el mismo material genético, encontró un promedio entre 147.8 a 196.3 días, donde la línea con menores días a la madurez fisiológica y diferencia estadística fue Negra Collana x Kcancolla 29 (COLxKCA 29) con 167.8 días, de esta manera no superando las líneas caracterizadas en este estudio, lo que indicaría que en este estudio se encontró líneas más precoces. Del mismo modo con Apaza (2017), quien seleccionó líneas a partir de autofecundaciones S5 del mismo material genético de este estudio, encontrando un promedio entre 182 a 197 días en la localidad de Illpa y similar con Flores (2017), que utilizó el mismo material genético, encontrando un promedio de 177 a 197 días hasta la madurez fisiológica. Según Manjarres-Hernández *et al.* (2021), uno de los caracteres más importantes para la selección, son los días a la maduración fisiológica, ya que determina la precocidad del genotipo y la temprana cosecha. Por otra parte EL-Harty *et al.* (2021), en su experimento de caracterización morfológica y molecular de 32 genotipos de quinua,

en Arabia Saudita encontraron días a la madurez fisiológica un promedio entre 107 a 177 días, categorizándolos como genotipos precoces. También Vilca *et al.* (2015), en sus evaluaciones de variedades y ecotipos de quinua en Arequipa, reporta que la mayoría de variedades que dieron un alto rendimiento estaban relacionadas con lo tardíos que podían ser en adición Dominguez (2014), quien realizó la caracterización agromorfológicas en cruces simples de quinua en la localidad de Arequipa, reporto promedios entre 110 a 145 días, este resultado puede deberse a las condiciones edafoclimáticas de lugar. Por otra parte, Madrid *et al.* (2018), en su investigación de selección de genotipos con buen rendimiento mediante la caracterización agronómica, menciona que la precocidad en plantas de quinua es determinada por la forma vegetativa que tiene. Finalmente López-Marqués *et al.* (2020), indican que la precocidad es una de los caracteres que forma parte del ideotipo de la quinua, ya que disminuye los días a la cosecha y que los tiempos deseables podrían ser 135 a 145 días.

4.1.7. Rendimiento de semillas por planta

El análisis de varianza para el rendimiento de semillas por planta se muestra en la Tabla N°18, se observa que no existe diferencias significativas entre bloques, por otro lado, se muestra que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, estos resultados pueden deberse a la variabilidad genética propias de las líneas en estudio, ya que cuenta con un coeficiente de variación de 20.4%. Asimismo, Manjarres-Hernández *et al.*, (2021), en su caracterización obtuvo un coeficiente de variación de 50.9% en el mismo carácter.

Tabla N°18: Análisis de Varianza (ANOVA) para rendimiento por planta de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	529.3	75.61	1.925	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	15	2154.2	143.61	3.657	1.7	2.12	**
ERROR	41	1610.2	39.27				
TOTAL	59	4293.7					

C.V. =20.4%

Mean = 30

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.K.N. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable cuantitativa rendimiento por planta, en función al comportamiento de las líneas,

parentales y testigos. En la Tabla N°19, se observa los valores medios de la variable rendimiento por planta, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, donde la línea Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) con 39.8 g, seguido de otra línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 38.2 g y el parental Salcedo INIA (SAL) con 35.5 g, fueron las que obtuvieron los mayores rendimientos por planta. Por otra parte, los parentales Kcancolla (KCA), Negra Collana (COL) y Pandela Rosada (PAN) obtuvieron los menores rendimientos por planta con 23.5, 19.7 y 17.7 g respectivamente. Lo que indicaría que la gran mayoría de las líneas consiguieron ganancia genética, ya que superaron a sus padres en el rendimiento por planta.

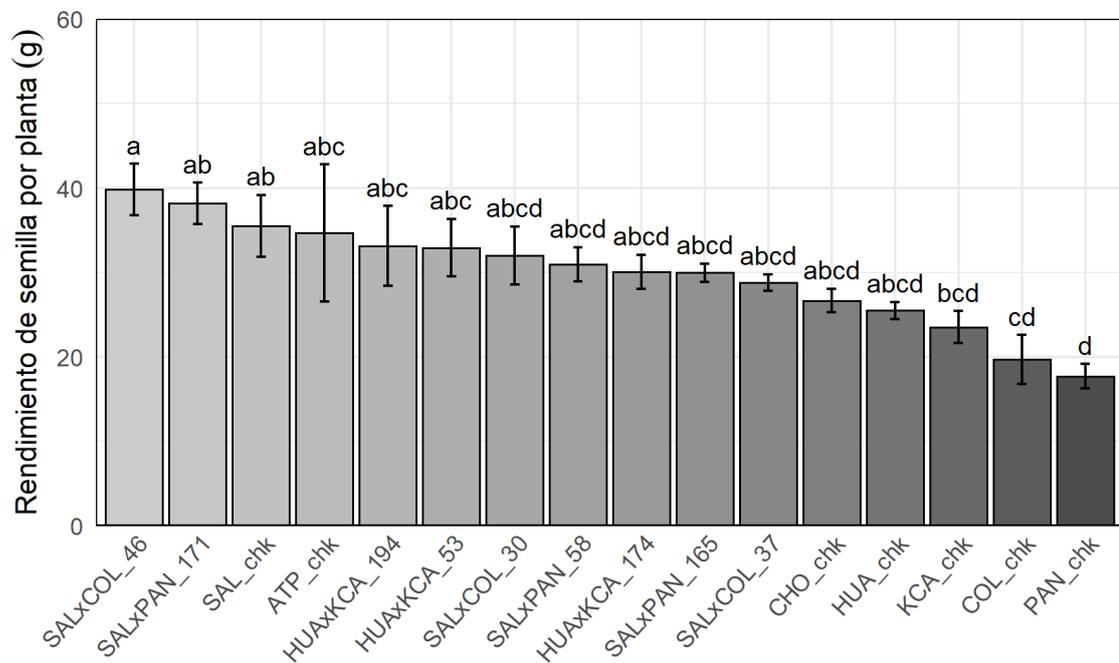


Figura N°10: Comportamiento de rendimiento por planta en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°19: Prueba de S.K.N. al 5% para rendimiento por planta (g) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	SALxCOL 46	39.8	a
2	SALxPAN 171	38.2	a
3	SAL	35.5	b
4	ATP	34.7	c
5	HUAxKCA 194	33.1	c
6	HUAxKCA 53	32.9	c
7	SALxCOL 30	32	d
8	SALxPAN 58	31	d
9	HUAxKCA 174	30.1	d
10	SALxPAN 165	30	d
11	SALxCOL 37	28.8	d
12	CHO	26.7	d
13	HUA	25.5	d
14	KCA	23.5	d
15	COL	19.7	e
16	PAN	17.7	e

Como podemos observar en la Tabla N°19, las líneas Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) y Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxCOL 171) no presentaron diferencias estadísticas, no obstante, manifestaron mayores rendimientos por planta que sus genitores, con 39.8 y 38.2 g., respectivamente. Sin embargo Barrientos (2020), quien evaluó el mismo material genético reporto la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con diferencia estadísticas y con 83.75 g., por planta, siendo esta mayor a lo encontrando en este estudio, esto podría deberse a las condiciones edafoclimáticas de cada zona (Snowdon *et al.*, 2021). Asimismo Apaza (2017) en su estudio de selección de líneas con el mismo material genético encontró un promedio de 14.2 g por planta de la cruce Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA) en la localidad de Illpa. También Flores (2017), quien evaluó el mismo material genético reporto 17 g por planta de la cruce Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA). Del mismo modo, Manjarres-Hernández *et al.* (2021), quienes realizaron una caracterización agronómica en Colombia, reportaron un promedio entre 0 a 87.53 g por planta. Por otro lado, Hinojosa *et al.* (2018), quienes trabajaron en la evaluación del desarrollo de la quinua en condiciones de altas temperaturas, donde encontraron que la quinua sufre pequeñas variaciones morfológicas, casi no visibles sin embargo al mismo tiempo existe un efecto en la pérdida de viabilidad entre 30 a 70% así también existe un efecto en la fotosíntesis donde incrementa su funcionamiento a temperaturas entre día/noche de 40/24°C,

asimismo no logra afectar el rendimiento de semilla, lo que demuestra que la quinua es un cultivo con amplia plasticidad. Así también, Ali *et al.* (2020), mencionan que el flujo de agua por surcos incrementa el rendimiento por planta en la quinua reportando un rendimiento por planta de 19 g. En adición Bertero *et al.* (2004), menciona que el rendimiento por planta tiene una correlación con días a la madurez fisiológica. Finalmente Morillo *et al.* (2020), reportaron la existencia de variabilidad morfológica en 19 genotipos de quinua en Colombia, en las características de rendimiento por planta y peso de 1000 granos.

4.1.8. Rendimiento por hectárea

El análisis de varianza para el rendimiento por hectárea se muestra en la Tabla N°20, se observa que, no existe diferencias significativas entre bloques, por otro lado, se muestra que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, estos resultados pueden deberse a la variabilidad genética propias de las líneas en estudio, ya que cuenta con un coeficiente de variación de 28.8% (Rustom, 2012).

Tabla N°20: Análisis de Varianza (ANOVA) para rendimiento por hectárea de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	20293793	2899113	0.871	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	15	217140657	14476044	4.351	1.7	2.12	**
ERROR	105	349346581	3327110				
TOTAL	123	586781031					

C.V. = 28.8% Mean= 6321

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.N.K. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable cuantitativa rendimiento por hectárea, en función al comportamiento de las líneas, parentales y testigos. En la Tabla N°21, se observa los valores medios de la variable rendimiento por hectárea, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, donde el parental Salcedo INIA (SAL), fue superior a todas las líneas, parentales y testigos, con 8596 kg/ha, seguido del testigo Altiplano (ATP) con 7831 kg/ha, continuando la línea Salcedo INIA x Pandera Rosada 165 (SALxPAN 165) con 7563 kg/ha y la línea Salcedo INIA x Pandera Rosada 171 (SALxPAN 171) con 7416 kg/ha. Por otro lado, los parentales Negra Collana (COL),

Kcancolla (KCA) y Pandela Rosada (PAN) obtuvieron los menores rendimientos con 4994, 4650 y 2877 kg/ha respectivamente. Lo cual indicaría que la mitad de las líneas superaron a sus parentales, existiendo ganancia genética de parte de las líneas en función a sus parentales en el carácter rendimiento por hectárea.

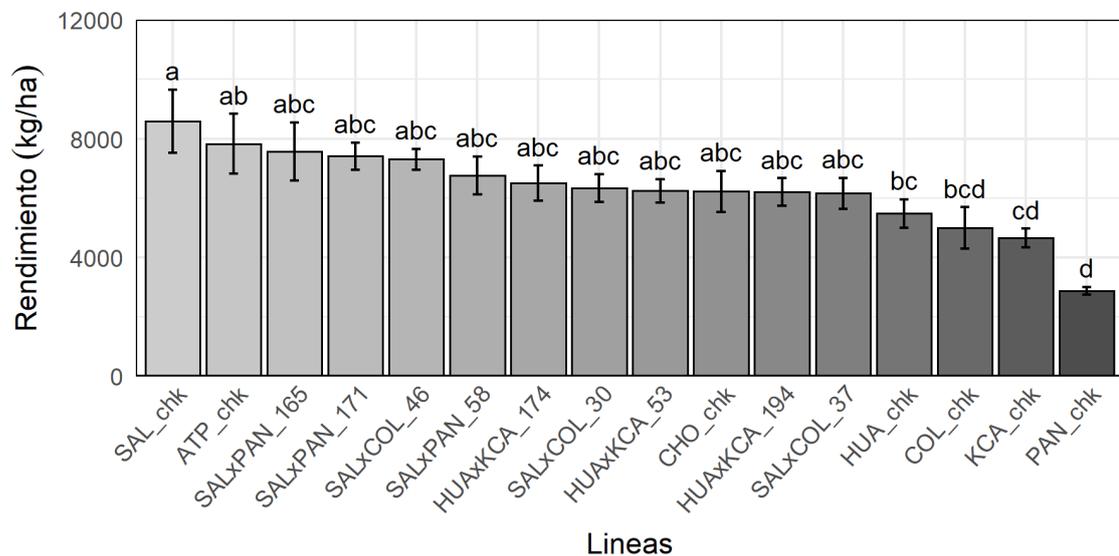


Figura N°11: Comportamiento de rendimiento por hectárea en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°21: Prueba de S.K.N. al 5% para rendimiento por hectárea (kg/ha) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	SAL	8596	a
2	ATP	7831	b
3	SALxPAN 165	7563	b
4	SALxPAN 171	7416	c
5	SALxCOL 46	7302	c
6	SALxPAN 58	6769	c
7	HUAxKCA 174	6503	c
8	SALxCOL 30	6337	c
9	HUAxKCA 53	6241	c
10	CHO	6223	c
11	HUAxKCA 194	6200	c
12	SALxCOL 37	6157	c
13	HUA	5478	g
14	COL	4994	g
15	KCA	4650	h
16	PAN	2877	i

Como podemos observar en la Tabla N°21, la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165) presento diferencias estadística con respecto a las otras



líneas, asimismo con 7563 kg/ha, fue superior a las demás líneas de este estudio, sin embargo Barrientos (2020), quien utilizó el mismo material genético, reportó a la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) presentó diferencia estadística entre sus líneas con 9306 kg/ha. En contraste, con Flores (2017), que reportó la cruz Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA) con 5099 kg/ha como la más rendidora, estas variaciones pueden deberse a las condiciones edafoclimáticas de cada zona (Snowdon *et al.*, 2021), sin embargo Emrani *et al.* (2020), indican que el detenimiento de la segregación, para dar lugar a la homocigosis podría explicar la variabilidad genética y el establecimiento de caracteres inherentes de cada genotipo como es el rendimiento por hectárea, obteniendo al menos una línea con un alto rendimiento. De acuerdo a Delatorre-Herrera *et al.* (2013), la expresión de los caracteres agromorfológicos de la quinua, pueden variar de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas y el manejo que se le otorga, sobre todo en el rendimiento por hectárea, donde las bajas condiciones de fertilidad del suelo y riego limitado, afectan fuertemente la producción de quinua, por lo que siempre debemos tomarlos en cuenta en cada campaña. Por otra parte Vilca *et al.* (2015), en la introducción de variedades y ecotipos de quinua en Arequipa, reporta un promedio entre 3008 a 3690 kg/ha. Asimismo Montoya (2018), da a conocer que el uso eficiente de nitrógeno depende de cada genotipo y que está relacionado directamente con el rendimiento de semilla y biomasa por hectárea, reportando genotipos con más rendimientos en relación a la absorción de nitrógeno y Cosme *et al.* (2020) quienes realizaron un estudio con abonamiento de guano de isla, reportó 4232 kg/ha. Finalmente Osoreo (2020), quien evaluó tres variedades de quinua con fertilización orgánica e inorgánica, reportó 2900 kg/ha como el rendimiento más alto en su evaluación.

4.1.9. Peso de 1000 granos

El análisis de varianza para el peso de 1000 granos, se muestra en la Tabla N°22, se observa que, si existe diferencias significativas entre bloques, de igual forma, se muestra que, si existe diferencias significativas entre los tratamientos, adicionalmente, se obtuvo un coeficiente de variación de 5.9%.

Tabla N°22: Análisis de Varianza (ANOVA) para peso de 1000 granos de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	2.54	0.3623	7.438	2.76	4.13	**
TRATAMIENTOS	15	38.65	2.5766	52.894	1.7	2.12	**
ERROR	41	2	0.0487				
TOTAL	59	43.19					

C.V. =5.9% Mean=3.94

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.K.N. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable cuantitativa peso de 1000 granos, en función al comportamiento de las líneas, parentales y testigos. En la Tabla N°23, se observa los valores medios de la variable peso de 1000 granos, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, como podemos observar las líneas Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30), Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) y Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37) mostraron superioridad con respecto al peso de 1000 granos en las otras líneas, parentales y testigos con 5.4, 5.0 y 4.8 g. Asimismo, los parentales Huariponcho (HUA), Kcancolla (KCA) y Negra Collana (COL) mostraron los menores pesos de 1000 granos con 2.7, 2.6 y 2.5 g. Confirmando que estas 3 líneas lograron superar a sus parentales, existiendo ganancia genética. En adición López-Marqués *et al.*, (2020), proponen que para el ideotipo de la quinua, el peso de 1000 granos debiera incluir pesos mayores entre 2.5 a 3.5 g. Del mismo modo Wahli & Latinreco (1990), clasificaron los pesos de 1000 granos a una escala > 3 g como peso mayor, 2.5 a 3 g como peso mediano y < 2.5 g como pesos menores.

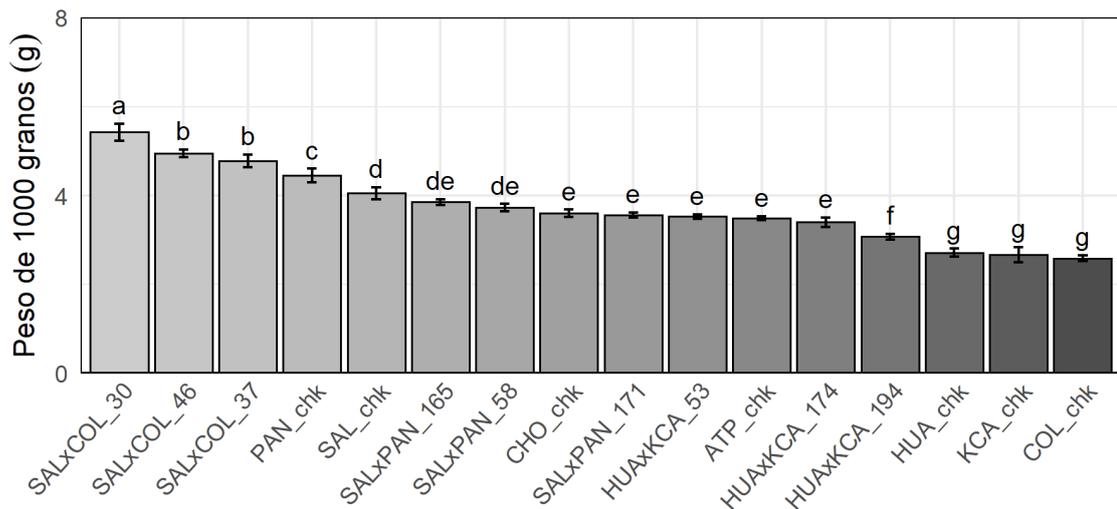


Figura N°12: Comportamiento de peso de 1000 granos en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°23: Prueba de S.K.N. al 5% para peso de 1000 granos (g) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	SALxCOL 30	5.4	a
2	SALxCOL 46	5.0	b
3	SALxCOL_37	4.8	b
4	PAN	4.4	c
5	SAL	4.0	d
6	SALxPAN_165	3.9	e
7	SALxPAN 58	3.7	e
8	CHO	3.6	e
9	SALxPAN 171	3.6	e
10	HUAxKCA_53	3.5	e
11	ATP	3.5	e
12	HUAxKCA 174	3.4	e
13	HUAxKCA 194	3.1	f
14	HUA	2.7	g
15	KCA	2.6	g
16	COL	2.5	g

Las líneas Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) presento diferencia estadística con respecto con Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) y Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37), las cuales no presentaron diferencias estadísticas, no obstante, las líneas mencionadas mostraron superioridad con respecto a sus parentales, con 5.4, 5.0 y 4.8 g respectivamente. En comparación con Barrientos (2020), quien utilizo el mismo material genético, reporto solo 2 líneas que superaron a sus parentales y estadísticamente diferentes, fueron Salcedo INIA x Negra Collana 30



(SALxCOL 30) con 4.09 g y Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) con 4.05 g, no siendo superiores a las líneas obtenidas en este estudio. Asimismo Flores (2017), usando el mismo material genético, donde reporto un promedio de 1.64 a 2.20 g., de los cuales la cruza con mayor peso de semilla fue Salcedo INIA x Negra Collana (SALxCOL) con 2.20 g. Estos resultados muestran que la cruza Salcedo INIA x Negra Collana (SALxCOL), presento una buena performance genética en este caracter, debido a que en las siguientes generaciones filiales fue aumentando en peso. Así también con Apaza (2014), quien trabajo con el mismo material genético, en la localidad de Arequipa reporto un promedio entre 2.84 a 2.47 g. Según Manjarres-Hernández *et al.* (2021), indican que uno de los caracteres agronómicos más importantes relacionadas con el rendimiento, en la quinua, es el peso de 1000 granos. También Coronado *et al.* (2021), quienes caracterizaron agromorfológicamente 50 genotipos de quinua en Colombia, presentaron un promedio de entre 1.72 a 2.63 g, determinando mediante un análisis de PCA que este carácter es muy representativo en la quinua, ya que podría determinar un rendimiento potencial. Así también Manjarres-Hernández *et al.* (2021), indican que el peso de 1000 granos tiene una correlación significativa con el diámetro de tallo y el rendimiento; por otro lado, se presentó una correlación negativa entre el peso de 1000 granos y longitud de panoja, teniendo este último una correlación con la altura de planta. Finalmente, Madrid *et al.* (2018), quienes trabajaron en la evaluación agronómica y selección de genotipos de quinua de la costa chilena, reportaron un promedio entre 3.03 a 4.15 g por 1000 granos de semilla, en adición reportaron una correlación entre diámetro de semilla y peso de 1000 granos, no coincidiendo con el presente estudio, con respecto a la correlación entre esas 2 variables, esta diferencia puede deberse a la interacción genotipo-ambiente.

4.1.10. Diámetro de grano

El análisis de varianza para el diámetro de grano, se muestra en la Tabla N°24, se observa que, existe diferencias significativas entre bloques, de igual forma, se muestra que, existe diferencias significativas entre los tratamientos, en adición obtuvimos un coeficiente de variación de 8.5%.

Tabla N°24: Análisis de Varianza (ANOVA) para diámetro de grano de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	1.495	0.2135	7.276	2.76	4.13	**
TRATAMIENTOS	15	10.009	0.6673	22.736	1.7	2.12	**
ERROR	41	1.203	0.0293				
TOTAL	59	12.707					

C.V. = 8.5%

Mean = 2.0

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.K.N. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable cuantitativa diámetro de grano, en función al comportamiento de las líneas, parentales y testigos. En la Tabla N°25, se observa los valores medios de la variable diámetro de grano, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, donde las líneas Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37), Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165) y Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) mostraron mayor diámetro de grano en comparación a las otras líneas, Parentales y Testigos con 2.8, 2.8 y 2.4 mm. Asimismo, las líneas Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAXKCA 174), Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAXKCA 53) y Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAXKCA 194) presentaron menores diámetros de grano con 1.5, 1.4 y 1.3 mm, lo cual indicaría que las 3 líneas que obtuvieron mayores diámetros de grano, fueron superiores a sus parentales en este carácter, sin embargo, no todas las líneas resultaron de la misma forma.

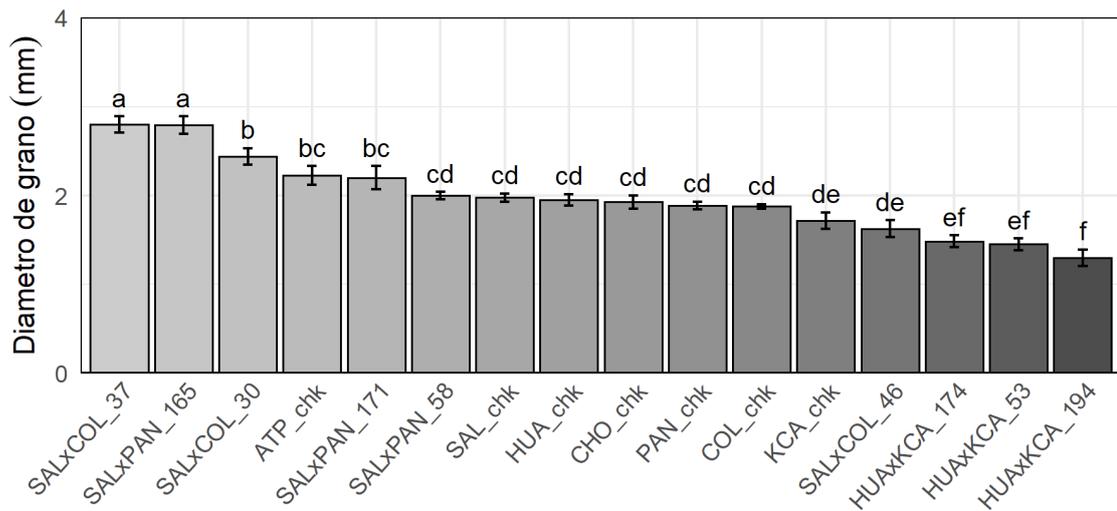


Figura N°13: Comportamiento de diámetro de grano en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°25: Prueba de S.K.N. al 5% para diámetro de grano (mm) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	SALxCOL 37	2.8	a
2	SALxPAN 165	2.8	a
3	SALxCOL 30	2.4	b
4	ATP	2.2	b
5	SALxPAN 171	2.2	b
6	SALxPAN 58	2	c
7	SAL	2	c
8	HUA	2	c
9	CHO	1.9	c
10	PAN	1.9	c
11	COL	1.9	c
12	KCA	1.7	d
13	SALxCOL 46	1.6	d
14	HUAxKCA_174	1.5	d
15	HUAxKCA 53	1.4	e
16	HUAxKCA 194	1.3	f

Como se observa en la Tabla N°25, se obtuvo 2 líneas con diferencia estadística con respecto a las otras líneas, siendo superiores a sus parentales y testigos, Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37) con 2.8 mm, Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165) que obtuvo lo mismo y Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) con 2.4mm. En contraste con Barrientos (2020), utilizando el mismo material genético, reporto 2 líneas con mayores diámetros y diferencias estadísticas de grano, las cuales fueron Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) y Salcedo INIA x Negra



Collana 46 (SALxCOL 46) con 2.50 y 2.47 mm, siendo levemente inferior a las encontradas en este estudio, asimismo Flores (2017), quien utilizó el mismo material genético reportó un promedio entre 1.64 a 2.20 mm. Estas variaciones podrían deberse a las condiciones edafoclimáticas en interacción con cada genotipo (Snowdon *et al.*, 2021). Por otra parte, según López-Marqués *et al.* (2020), el ideotipo de la quinua cuenta con caracteres importantes a tomar en cuenta en la selección, como el diámetro de grano, porque constituye un material de calidad nutricional y genética. Domínguez (2014), quien evaluó agromorfológicamente el mismo material genético encontró un promedio entre 1.64 a 1.94 mm. Por otro lado Manjarres-Hernández *et al.* (2021), indican que el diámetro de grano está correlacionado con el rendimiento, reportando un promedio entre 0.5 a 2.63 mm. Coincidiendo con Chura *et al.* (2019), quienes indican que el peso de las semillas y el diámetro de grano están estrechamente relacionadas. Así también, Dao *et al.* (2020), quienes realizaron un trabajo el cual consistía en los efectos de diferentes técnicas de plantación y densidad de siembra en la quinua, donde reportaron que estas técnicas de plantación están directamente relacionadas con el diámetro de grano y el genotipo del individuo, ya que le permite desarrollarse con más libertad. Por otro lado, Bertero *et al.* (2004), quienes trabajaron en la interacción genotipo ambiente, reportaron que el diámetro de grano podría verse afectado por las condiciones climáticas las cuales afectarían su formación, mencionando que la mayoría de las características relacionadas con el rendimiento son sensibles a la interacción con el medio ambiente. Además, Madrid *et al.* (2018), quienes trabajaron con genotipos de quinua de la costa chilena, reportaron promedios entre 1.43 a 3.41 mm, con respecto al diámetro del grano e indicaron que este carácter puede verse influenciado directamente con las condiciones edafoclimáticas a las que son sometidas.

4.1.11. Índice de cosecha

El análisis de varianza para el índice de cosecha, se muestra en la Tabla N°26, se observa que no existe diferencias significativas entre bloques, del mismo modo, no existe diferencias significativas entre los tratamientos, estos resultados pueden deberse al nivel de homocigosis de las líneas, como indican Yu *et al.* (2021), cuando la segregación se detiene, las líneas comienzan a establecerse, manifestando homogeneidad en sus comportamientos. Así también podemos ver que se muestra el coeficiente de variación con 28.4%.

Tabla N°26: Análisis de Varianza (ANOVA) para índice de cosecha de 16 tratamientos (9 líneas, 5 parentales y 2 testigos) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	138	19.69	0.102	2.76	4.13	n.s.
TRATAMIENTOS	15	499	33.26	0.172	1.7	2.12	n.s.
ERROR	41	7931	193.41				
TOTAL	59	8567					

C.V.=28.4%

Mean=41.5

n.s.=no significativo *=significativo **=altamente significativo

Para la prueba de S.K.N. (5%) se determinó los rangos de significancia para la variable cuantitativa índice de cosecha, en función al comportamiento de las líneas, parentales y testigos. En la Tabla N°27, se observa los valores medios de la variable índice de cosecha, juntamente con su significancia representado en letras, cada letra diferente indica significancia, donde la línea Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) con 46.2%, presento superioridad con respectos a las otras líneas, parentales y testigos, seguido de la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 45.8% y el testigo altiplano (ATP) con 45.1%. Asimismo, los parentales Pandela Rosada (PAN), Salcedo INIA (SAL) y Negra Collana (COL) presentaron menores porcentajes de índice de cosecha con 37.9, 37.7 y 35.3% respectivamente.

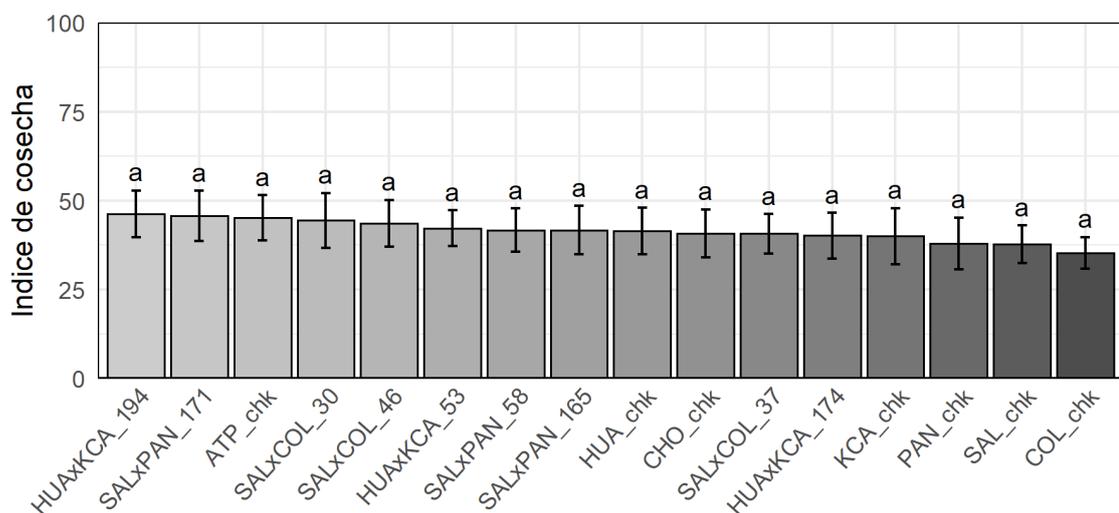


Figura N°14: Comportamiento del índice de cosecha en líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Tabla N°27: Prueba de S.K.N. al 5% para índice de cosecha (%) y medias de líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Orden	Tratamientos	Media	SIG. ≤ 0.05
1	HUAxKCA 194	46.2	a
2	SALxPAN 171	45.8	a
3	ATP	45.1	a
4	SALxCOL 30	44.4	a
5	SALxCOL 46	43.6	a
6	HUAxKCA 53	42.2	a
7	SALxPAN 58	41.7	a
8	SALxPAN 165	41.7	a
9	HUA	41.4	a
10	CHO	40.8	a
11	SALxCOL 37	40.7	a
12	HUAxKCA 174	40.1	a
13	KCA	40.0	a
14	PAN	37.9	a
15	SAL	37.7	a
16	COL	35.3	a

Como se observa en la Tabla N°27, la línea Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) no obtuvo una diferencia estadística con respecto a las otras líneas no obstante reportó un mayor índice de cosecha con 46.2%, de esta manera la gran mayoría de las líneas no presentaron diferencias marcadas, si no una homogeneidad en los resultados, esto podría deberse a que las líneas se encuentran en las últimas generaciones filiales, por lo tanto la existencia de homocigosis (López-Marqués *et al.*, 2020), en contraste con Barrientos (2020), quien utilizó el mismo material genético, reportó un promedio entre 25.5 a 41.2% de índice de cosecha, donde la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada (SALxPAN 171) obtuvo diferencias estadísticas en función a las demás líneas con 41.2%, indicando que el índice de cosecha mide la producción de materia seca por la cantidad de grano producido. Además, Dominguez (2014), quien caracterizó agromorfológicamente el mismo material genético con diferente localidad, reportó un promedio entre 23 a 42% de índice de cosecha, este resultado podría deberse a las condiciones edafoclimáticas a las que fueron expuestas las líneas. Según Clozza (2010), el índice de cosecha se calcula con la relación entre el rendimiento y la biomasa del área total, coincidiendo con el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013). Así también Pinargote & Mestanza (2018), en su evaluación de la determinación de índice de cosecha en genotipos de quinua en Ecuador, indica que el índice de cosecha está asociado con el rendimiento y la distancia entre los surcos, reportando un promedio



entre 0.27 a 0.43%. Por otro lado Vilca *et al.* (2015), realizaron una investigación en la costa peruana, determinando el % de índice de cosecha de los genotipos Salcedo INIA (SAL), Kcancolla (KCA), Negra Collana (COL) y Choclito (CHO), donde reportaron los valores de 36, 37, 34 y 40%, además indicando 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 forraje, de esta manera confirmamos la superioridad de nuestras líneas en estudio en función a sus parentales. Finalmente Hussain *et al.* (2020), quienes trabajaron un genotipos de quinua, indican que el índice de cosecha puede ser afectado por la interacción genotipo-ambiente, además mencionan que la salinidad puede intervenir seriamente en el % de índice de cosecha.

4.1.12. Contenido de saponina y proteína

Para determinar el contenido de saponina se utilizó el método propuesto por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), que es el método espectrofotométrico UV-VIS. Mientras que para la determinación de proteína se efectuó con el método 984.13 (AOAC, 2005). En la Tabla N°28, se muestra cuatro líneas que no contienen saponina, las cuales son Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) con 0.0%, Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) con 0.0%, Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 (SALxPAN 58) con 0.0% y Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 0.001%, de esta manera estas cuatro líneas manifiestan un rasgo deseado por el mercado. Sin embargo, también hay líneas con un alto contenido de saponina los cuales son, Huariponcho x Kancolla 194 (HUAxKCA 194) con 0.068%, Huariponcho x Kancolla 53 (HUAxKCA 53) con 0.042% concediendo con Huariponcho x Kancolla 174 (HUAxKCA 174) con 0.042%. Con respecto a la proteína se puede mostrar que 2 líneas superaron el 12% de proteína, como son Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37) con 12.00% y Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) con 12.39 % y adicionalmente la línea Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) con 11.96%, mientras que las líneas que obtuvieron una menor cantidad de proteína fueron Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165) con 10.63%, del mismo modo Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 10.77% de proteína.

Tabla N°28: Contenido de Saponina y Proteína en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

N°	Líneas	Saponina (%)	Proteína (%)
1	HUAxKCA 174	0.042	11.21
2	HUAxKCA 194	0.068	11.38
3	HUAxKCA 53	0.042	11.33
4	SALxCOL 30	0.000	12.39
5	SALxCOL 37	0.017	12.00
6	SALxCOL 46	0.000	11.96
7	SALxPAN 165	0.023	10.63
8	SALxPAN 171	0.001	10.77
9	SALxPAN 58	0.000	11.13

Según Rojas *et al.* (2011), la cantidad de glucosidos triterpenicos (saponina) puede variar en cada genotipo y debería ser incluida como un carácter fundamental en todo programa de selección, ya que es un carácter deseado por el mercado a nivel mundial. Por otro lado de Mastebroek *et al.* (2000), mencionan que la cantidad de glucosidos triterpenicos son responsables del sabor amargo de cada genotipo, donde el sabor dulce se expresa en cantidades de 0.02% a 0.04% y muy amargas a cantidades 0.47 a 1.13%. El presente estudio, presento 3 líneas con menores cantidades de saponina las cuales fueron Salcedo INIA x Negra Collana 30, 46 y Salcedo INIA x Pandela Rosada 58. Además en el estudio de Barrientos (2020), quien utilizo el mismo material genético, con respecto al contenido de saponina reporto que realizo una efusión de saponina, donde categorizo de poco, regular y mucho cantidad de saponina, donde coincidió con este estudio, en las líneas Huariponcho x Kancolla 53, 174 y 194 reportando una efusión de saponina alta, así también con las líneas que reportaron menor cantidad de efusión de saponina como Salcedo INIA x Negra Collana 30 y 46, denominándolos con poca cantidad de efusión. Además de ser un carácter deseado por el mercado, la saponina también estaría involucrada con la tolerancia a plagas y enfermedades, en función a su cantidad (Campos, 2021).

Con respecto al contenido de proteína Galindo-Luján *et al.* (2021), en su estudio del contenido de proteína en diferentes genotipos, indican que no existe mucha variación en el contenido de proteína en diferentes genotipos de quinua, además que esta variable estaría correlacionada con las condiciones edafoclimáticas. En el presente estudio las líneas con mayor contenido de proteína fueron Salcedo INIA x Negra Collana 37 y 30



con 12.00% y 12.39 % respectivamente. Asimismo Barrientos (2020), reporto altas cantidades de proteína un promedio entre 12.72 a 17.81%, siendo diferentes a lo obtenido en este estudio con respecto al contenido de proteína. Sin embargo Catucuamba (2021), señala que la calidad nutricional de la quinua dependería significativamente del contenido nutricional del suelo. Esto podría explicar la variaciones en el contenido de proteína con el estudio de Barrientos (2020), que mostro diferentes cantidades de proteína.

4.2. EVALUACION DE CARACTERES MORFOLOGICOS EN LINEAS DE QUINUA S10 PROVENIENTES DE CRUZAS SIMPLES CERCANAS Y DISTANTES GENETICAMENTE

4.2.1. Color de panoja en floración

Como se observa en la Tabla N°29, con respecto al carácter morfológico color de panoja en floración se utilizó una categoría propuesta por el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013), el cual consiste en una categoría de verde, purpura, rojo y mixtura (purpura y rojo), donde los testigos Altiplano (ATP) y Choclito (CHO) presentaron coloración verde, asimismo todos los parentales presentaron el mismo color, a excepción de Kcancolla (KCA) que presente un color Purpura. Por otro lado, las líneas como Huariponcho x Kcancolla 174, 194 y 53 presentaron una coloración purpura, lo mismo para las líneas Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, 171 y 58. Sin embargo las líneas Salcedo INIA x Negra Collana 30, 37 y 46 manifestaron una coloración verde en floración.

En el estudio de Barrientos (2020), donde utilizo el mismo material genético reporto que la mayoría de las líneas caracterizadas mostraron una coloración Purpura a excepción de unos pocos que manifestaron el color verde de panoja en floración. En contraste con la presente investigación donde se presentó en gran mayoría un color verde a purpura. Asimismo EL-Harty *et al.* (2021), quienes evaluaron 32 genotipos introducidos en Arabia Saudita, reporto que en la floración los genotipos manifestaron una coloración verde, con excepción de unos pocos que presentaron colores rojos y purpuras, indicando que el carácter de color en la floración está determinado en el genotipo. También Manjarres-Hernández *et al.* (2021), quienes realizaron una caracterización agromorfológica de 30 genotipos de quinua en Colombia, reporto colores de verde, amarillo y violeta en la floración, indicando que este carácter está determinado por cada genotipo. Por otro lado Baturaygil *et al.* (2021), trabajaron con el amaranto, indican que



la heterogeneidad residual puede detectarse por el carácter de color en la floración. Sin embargo Emrani *et al.* (2020), reportan que la representación mayoritaria en una población de un carácter morfológico o cualitativo, se debe a la dominancia de un gen, el cual se expresa en la mayoría de la población evaluada.

4.2.2. Color de panoja en madurez fisiológica

Como se observa en la Tabla N°29, con respecto al carácter morfológico color de panoja en madurez fisiológica se utilizó una categoría propuesta por el Bioersivity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013), el cual consiste en una categoría de blanco, purpura, rojo, Rosado, Amarillo, Anaranjado, Marron, Gris, Negro, combinaciones de Rojo y blanco, Rojo y rosado, Rojo y amarillo, verde, Rojo y verde, otros, donde los testigos Altiplano (ATP) y Choclito (CHO) presentaron coloración blanca, de igual manera los parentales Salcedo INIA (SAL) y Kcancolla (KCA) presentaron el color blanco, mientras que los parentales Negra Collana (COL) manifestó un color gris, Huariponcho (HUA) presento un color café y finalmente Pandela Rosada (PAN) con un color purpura. Por otro lado, las líneas Huariponcho x Kcancolla 174, 194 y 53 presentaron una coloración café, mientras que las líneas Salcedo INIA x Negra Collana 30, 37 y 46 manifestaron una coloración blanca y finalmente las líneas Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, 171 y 58 manifestaron una coloración purpura en la madurez fisiológica.

Como se puede observar la presente investigación presento una variación en el color de panoja en la madurez fisiológica en las líneas. Barrientos (2020), utilizo el mismo material genético donde reporto en las líneas que el color de la panoja en madurez fisiológica, manifestaron variaciones desde anaranjado, blanco, rosado y gris. Por otro lado EL-Harty *et al.* (2021), en su evaluación de 32 genotipos introducidos en Arabia Saudita, reporto que los genotipos de quinua en la madurez fisiológica manifestaron un color naranja, amarillo y rojo. Mientras que Manjarres-Hernández *et al.* (2021), quienes realizaron una caracterización agromorfológica de 30 genotipos de quinua en Colombia, reporto en la madurez fisiológica colores de café a amarillo. Como indican Emrani *et al.* (2020), la expresión de un carácter en la mayoría, está determinada por la dominancia de un gen, para ese carácter.



4.2.3. Forma de la Panoja

Como se observa en la Tabla N°29, en función al carácter morfológico forma de la panoja, donde se utilizó una categoría propuesta por el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013), el cual consiste en una categoría de glomerulada, intermedia y amarantiforme. Donde los testigos Altiplano (ATP) y Choclito (CHO) presentaron diferentes formas de panoja, como intermedio y amarantiforme respectivamente, por otro lado, todos los parentales presentaron panojas de forma intermedias a excepción de Salcedo INIA (SAL) que presento una forma glomerulada, que es característico de su genética, sin embargo, todas las líneas manifestaron la forma intermedia.

Barrientos (2020), utilizando el mismo material genético, donde reporto que la forma de la panoja en las líneas, manifestaron formas intermedias y amarantiformes. En contraste con el presente estudio, se obtuvo una forma de panoja intermedia en las líneas, esto podría deberse a la homocigosis entre las líneas. Por otra parte EL-Harty *et al.* (2021), en la introducción de 32 genotipos en Arabia Saudita, reportaron formas de panojas amarantiformes, asimismo mencionaron que este carácter está determinado por el genotipo. Mientras que Manjarres-Hernández *et al.* (2021), quienes trabajaron en una caracterización agromorfológica de 30 genotipos de quinua en Colombia, reportaron forma glomerulada e intermedia de panoja, en la gran mayoría de sus genotipos, señalando que el carácter glomerulado estaría relacionado con el rendimiento. Estos resultados señalados está determinado por el genotipo de cada individuo y el actuar de algún gen dominante (Emrani *et al.*, 2020).

4.2.4. Densidad de Panoja

Como se observa en la Tabla N°29, en función al carácter morfológico densidad de panoja, donde se utilizó una categoría propuesta por el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013), el cual consiste en una categoría de laxa, intermedia y compacta. Donde los testigos Altiplano (ATP) y Choclito (CHO) presentaron una densidad de panoja intermedia, por otro parte con respecto a los parentales se presentó pequeñas variaciones, como Negra Collana (COL), Huariponcho (HUA) y Pandela Rosada (PAN), que manifestaron una densidad de panoja laxa, mientras que Kcancolla (KCA) una densidad intermedia y Salcedo INIA (SAL) una densidad Compacta. Por otro lado, las líneas como Huariponcho x Kcancolla 174, 194 y 53 presentaron una densidad

intermedia, laxa e intermedia, en cambio las otras líneas presentaron una densidad intermedia en su panoja.

Barrientos (2020), quien, utilizando el mismo material genético, reporto que la densidad de la panoja en las líneas, manifestaron variaciones entre intermedias, compactas y laxas. En contraste la presente investigación se manifestó en gran mayoría de las líneas densidades intermedias, esto podrá deberse a que se trabajó con líneas S10 y el detenimiento de la segregación estaría causando el establecimiento de algún tipo de densidad. Por otro lado Manjarres-Hernández *et al.* (2021), el carácter densidad de panoja contribuye significativamente a la selección o discriminación de líneas, dentro de un programa de mejoramiento genético, debido a que permite seleccionar líneas potencialmente rendidoras, sobre todo las formas compactas e intermedias, asimismo reporto que sus genotipos manifestaron una densidad laxa e intermedia en condiciones de Colombia. Lo mismo ocurrió con EL-Harty *et al.* (2021), en la introducción de 32 genotipos en Arabia Saudita, reportaron densidades laxas a intermedias, indicando que las líneas o genotipos con densidades intermedias son potencialmente variedades con alto rendimiento. Finalmente como indica Emrani *et al.* (2020), la expresión de un carácter en la mayoría de la población, determina la dominancia de un gen. Esto indicaría que para una correcta selección o programa de mejoramiento genético busquemos genotipos con una densidad intermedia – compacta.

4.2.5. Comportamiento al mildiu

Como se observa en la Tabla N°29, con respecto al carácter de reacción al mildiu, esta evaluación fue propuesta por el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013), para determinar la susceptibilidad al Mildiu (*Peronospora variabilis*), teniendo una escala de ausente, muy bajo, baja, intermedia, alta, muy alta, según el tipo de daño realizado por este fitopatógeno. Donde los testigos Altiplano (ATP) y Choclito (CHO) presentaron una susceptibilidad alta, asimismo respecto a los parentales presentaron leves variaciones en la manifestación de este hongo, en Negra Collana (COL), Huariponcho (HUA) y Salcedo INIA (SAL), presento una susceptibilidad alta, mientras que Pandela Rosada (PAN) y Kcancolla (KCA) manifestaron una susceptibilidad baja. También en las líneas se manifestó una pequeña variación, donde las líneas Huariponcho x Kcancolla 174 y 53, Salcedo INIA x Negra Collana 30 y 37,



Salcedo INIA x Pandela Rosada 171, presentaron una susceptibilidad alta, por otro lado, las demás líneas presentaron una susceptibilidad intermedia.

Según Colque-Little *et al.* (2021), es fundamental encontrar materiales genéticos, que sean resistentes al mildiu, ya que causa un daño directo en el rendimiento, es por ello 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. Por otro lado Barrientos (2020), quien utilizó el mismo material genético, reportó que el comportamiento de las líneas en función a la reacción al mildiu, reportando variación leve, desde muy alta, alta e intermedia. Sin embargo, en el presente trabajo de investigación, la gran mayoría de líneas presentaron una susceptibilidad media alta, estos resultados dependerán en gran medida de las condiciones medio ambientales expuestas. Además López-Marqués *et al.* (2020), en la propuesta del ideotipo de la quinua, indican que el carácter de resistencia al mildiu, es muy importante a considerar en programas de mejoramiento genético, en adición, menciona que se debe al genotipo propio de cada individuo, por otra parte señala que los genotipos de quinua amargas tienen más resistencia al mildiu que las quinuas dulces, que son más susceptibles, indicando que esto puede deberse al contenido de saponina, ya que la saponina tiene compuestos antimicrobianos. También Nagaraja *et al.* (2021), reportan que la manifestación del mildiu depende directamente de las condiciones ambientales, como la humedad y la temperatura.

4.2.6. Daño por aves

Como se observa en la Tabla N°29, con respecto al daño por aves, esta evaluación fue propuesta por el Bioversity International, FAO, PROINPA, & INIAF, FIDA, (2013), para determinar el daño realizado por las aves, teniendo una escala de ausente, muy bajo, baja, intermedia, alta, muy alta, según el tipo de daño realizado por las aves, pese a que se aplicó el control ornitológico y presencial. Donde los testigos Altiplano (ATP) y Choclito (CHO) presentaron un bajo daño, por otra parte, los parentales mostraron diferencias, con respecto a los parentales Negra Collana (COL) y Huariponcho (HUA) que presentaron un daño alto, por otra parte, los parentales Salcedo INIA (SAL), Pandela Rosada (PAN) manifestaron un daño muy bajo y Kcancolla (KCA) presentó un daño bajo. Por otro parte, las líneas Huariponcho x Kcancolla 174, 194 y 53 presentaron un daño muy bajo, mientras que las líneas Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, 171 y 58

presentaron un daño bajo, y finalmente las líneas Salcedo INIA x Negra Collana 30, 37 y 46 presentaron un daño alto.

Según Nagaraja *et al.* (2021), indican que el daño de aves afecta directamente el rendimiento de la quinua, además recomienda realizar un control ornitológico tradicional, debido a que es económico y sencillo de hacer, por otro lado, señala que el daño por aves depende del clima, sistema de cultivo, manejo agronómico y genoma del cultivo, ya que cada cultivo tiene diferentes capacidades de adaptación. Sin embargo, en el estudio de Barrientos (2020), quien utilizó el mismo material genético, reportó que el daño por aves en las líneas, fue desde muy bajo, bajo, alta y muy alta. Coincidiendo con el presente estudio, donde se manifestó en gran mayoría de las líneas un daño muy bajo, bajo y alto, esto podría deberse en gran medida al contenido de saponina de cada línea, pero no podemos aseverarlo. Asimismo, esta variable daño por aves, 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 N°29: Caracterización de variables morfológicas como color de panoja en floración y madurez fisiológica, forma y densidad de panoja, reacción al mildiu y daño por aves con respecto a las líneas, parentales y testigos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

Tratamientos	Color de panoja en floración	Color de panoja en madurez fisiológica	Forma de la panoja	Densidad de panoja	Comportamiento al mildiu	Daño por aves
ATP	Verde	Blanco	Intermedio	Intermedio	Alto	Bajo
CHO	Verde	Blanco	Amarantiforme	Intermedio	Alto	Bajo
COL	Verde	Gris	Intermedio	Laxa	Alto	Alto
HUA	Purpura	Café	Intermedio	Laxa	Alto	Alto
HUAxKCA 174	Purpura	Café	Intermedio	Intermedio	Alto	Muy bajo
HUAxKCA 194	Purpura	Café	Intermedio	Laxa	Intermedio	Muy bajo
HUAxKCA 53	Purpura	Café	Intermedio	Intermedio	Alto	Muy bajo
KCA	Purpura	Blanco	Intermedio	Intermedio	Bajo	Bajo
PAN	Verde	Purpura	Intermedio	Laxa	Bajo	Muy bajo
SAL	Verde	Blanco	Glomerulado	Compacto	Alto	Muy bajo
SALxCOL 30	Verde	Blanco	Intermedio	Intermedio	Alto	Alto
SALxCOL 37	Verde	Blanco	Intermedio	Intermedio	Alto	Alto
SALxCOL 46	Verde	Blanco	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Alto
SALxPAN 165	Purpura	Purpura	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Bajo
SALxPAN 171	Purpura	Purpura	Intermedio	Intermedio	Alto	Bajo
SALxPAN 58	Purpura	Purpura	Intermedio	Intermedio	Intermedio	Bajo



4.3. SELECCIÓN DEL MEJOR IDEOTIPO EN LINEAS DE QUINUA S10 DE ACUERDO AL RENDIMIENTO Y PRECOCIDAD

4.3.1. Análisis multivariado (PCA)

El análisis de componentes principales (PCA) es el método más utilizado para la exploración y el análisis en muchos campos de la ciencia, este método permite realizar una reducción de dimensiones, mayormente cuando se trata de dimensiones grandes, donde el objetivo es identificar un conjunto reducido de características que representan los datos originales en 2 dimensiones o componentes, con una pérdida mínima de información, mediante el cual pueda facilitar la interpretación (Jolliffe, 1986). Los componentes generados por el PCA intentan resumir las variables, reduciéndolos a tan solo 2 componentes los cuales puedan explicar las variables, este método captura la variación de los caracteres, en cada componente, donde el primer componente contiene la mayor parte de la variabilidad y el segundo componente contiene lo faltante, este método nos ayuda a comprender las similitudes de los individuos y también las correlaciones que existen entre variables, asimismo si puedan ser inversas o negativas (Kherif & Latypova, 2020).

Según Chen *et al.* (2020), el método PCA es robusto y adecuado para trabajos de caracterización y selección, mediante el cual se transforma un conjunto grande de variables a 2 componentes principales. Coincidiendo con Franco & Hidalgo (2003), que señalan que el método de PCA transforma un conjunto de variables a un nuevo conjunto de variables de 2 dimensiones denominado componentes principales, en el cual se puede interpretar de mejor manera. Para realizar este análisis de componentes principales se utilizó el software estadístico R Core Team Software (2021).

Las variables seleccionadas para el análisis de componentes principales, fueron utilizadas en muchas investigaciones a nivel mundial, las cuales proponían un ideotipo de quinua utilizando diferentes caracteres (Campos *et al.*, 2020; Coronado *et al.*, 2021; EL-Harty *et al.*, 2021; Jarvis *et al.*, 2017; López-Marqués *et al.*, 2020; Manjarres-Hernández *et al.*, 2021; Manjarres-Hernández *et al.*, 2021; Yu *et al.*, 2021). Por lo tanto se trabajo con las siguientes variables, peso de 1000 granos (kgrw_phrv), índice de cosecha (hrvi_hrv), diámetro de grano (grnw_phrv), rendimiento por planta (sypp_hrv), diametro de panoja (pnwd_mtr), rendimiento por hectárea (yplt), número de días a la madurez fisiológica (ndpm), diámetro de tallo (mstd_mtr), altura de planta (plth_mtr), longitud de panoja (pnlg_mtr), las cuales fueron sometidas al análisis de PCA, donde el

componente número uno contiene 36.81% y el componente número dos contiene 17.78% de información de los datos originales, esto explicaría que entre el componente uno y dos se encuentra un total de 54.59% de los datos originales.

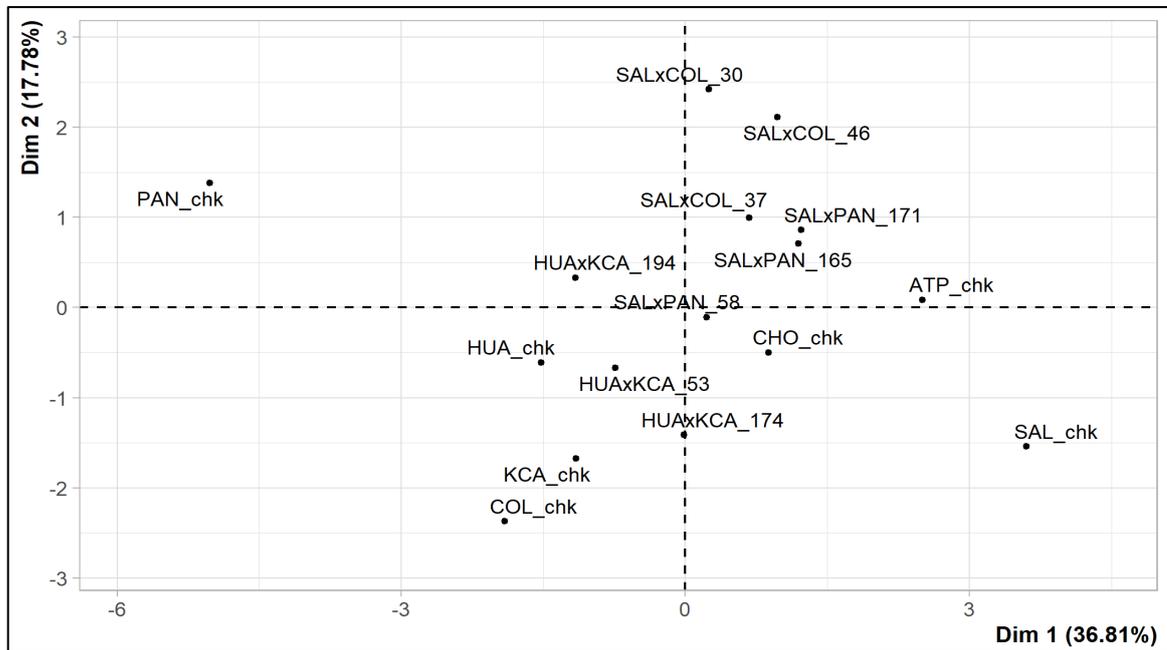


Figura N°15: Plano factorial de análisis de componentes principales.

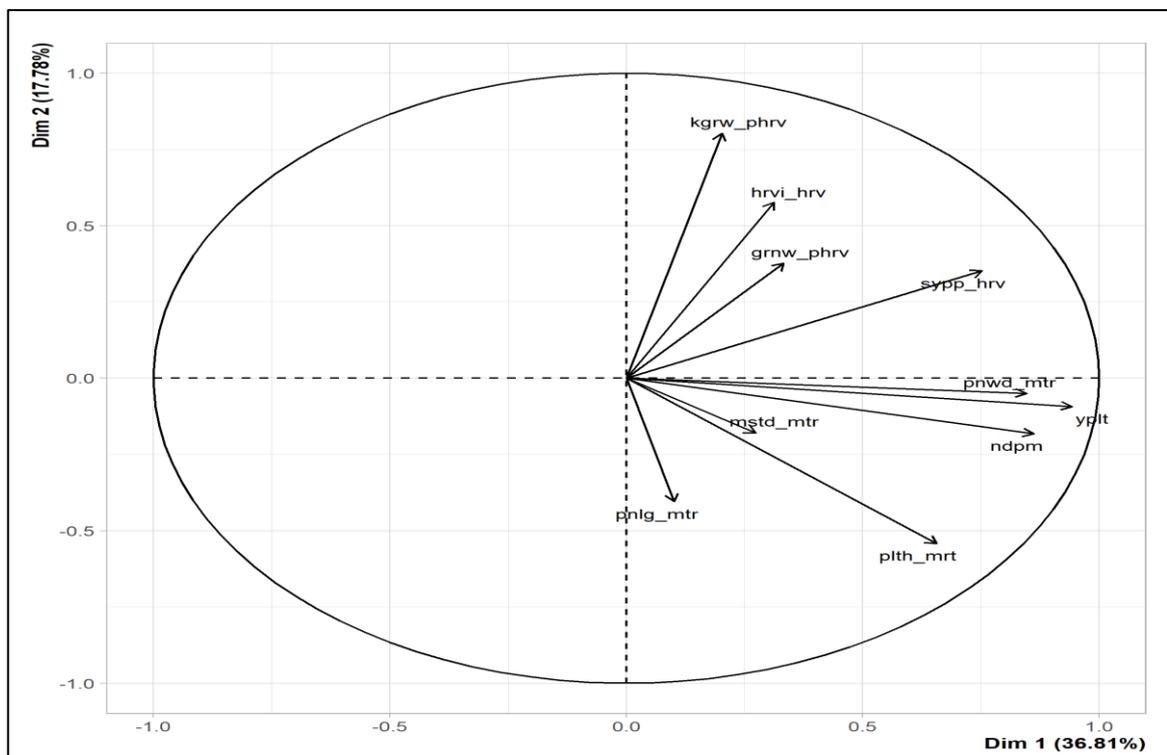


Figura N°16: Círculo de correlación para variables del experimento.

Una vez obtenida la reducción del conjunto de datos en dos componentes, como podemos ver en la Figura N°16, el análisis de correlación de las variables mediante la



explicación de la variación de las mismas, donde se evidencia que existe una correlación fuerte de similitud entre las variables rendimiento por hectárea (yplt), diámetro de panoja (pnwd_hrv) y número de días a la madurez fisiológica (ndpm), como se muestran estas variables se encuentran muy agrupadas, lo que indicaría que existe correlación, sin embargo en el componente número 1 se encuentran las variables peso de 1000 granos (kgrw_phrv), índice de cosecha (hrvi_hrv), rendimiento por planta (sypp) y diámetro de grano (grnw_phrv), las cuales tienen una proyección positiva similar pero no una correlación fuerte, asimismo las variables diámetro de tallo (mstd_mtr), altura de planta (plth_mrt) manifiestan una correlación moderada con diferente proyección, lo cual indicaría que no podemos relacionar a mayor altura, mayor diámetro de tallo, por otro lado la altura de planta (plth_mrt) muestra dependencias fuertes con el índice de cosecha (hrvi_hrv). También la longitud de panoja (pnlg_mtr), muestran dependencias fuertes con peso de 1000 granos (kgrw_phrv), respectivamente. Además, en la Figura N°15, se muestra las líneas en función al círculo de correlación de las variables (Figura N°16), donde primeramente se observa la diferencia entre los parentales Pandela Rosada y Salcedo INIA con respecto al número de días a la madurez fisiológica (ndpm), lo cual indicaría precoz y tardío respectivamente, también con la altura de planta (plth_mrt) y el diámetro de tallo (grnw_phrv). Del mismo modo, se muestra que las líneas Salcedo INIA x Negra Collana 30 y 46, obtuvieron altos valores del peso de 1000 granos (kgrw_phrv), así también las líneas Salcedo INIA x Negra Collana 37, Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 y Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 obtuvieron altos valores relacionados con el índice de cosecha (hrvi_hrv), diámetro de grano (grnw_phrv) y rendimiento por planta (sypp), lo que indicaría que podrían tener un potencial incremento en el rendimiento y uso de los recursos, por el contrario los parentales Kcancolla y Negra Collana tienen el menor peso de 1000 granos y el índice de cosecha, lo que indicaría una ganancia genética por partes de las líneas con respecto al parental Negra Collana. Con respecto al rendimiento por hectárea (yplt), diámetro de panoja (pnwd_hrv) y número de días a la madurez fisiológica (ndpm) donde se puede observar claramente que el testigo Altiplano y el parental Salcedo INIA fueron los que obtuvieron altos valores, sin embargo, la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 presento valores similares, siendo esta una línea con características relacionadas con el rendimiento. Finalmente se obtuvo estos resultados en el análisis de multivariado utilizando el análisis de componentes principales (PCA), para una explicación general de los resultados, como se pudo observar la gran mayoría de las variables utilizadas para este análisis se encuentran en el cuadrante 1 y 4, lo cual indicaría



que hay más uniformidad en sus caracteres, en contraste con Barrientos (2020), se puede ver claramente que sus variables tienen una mayor variación o diversidad en su PCA, esto puede deberse a que el trabajo con la generación S9 y el presente trabajo se realizó con la generación S10, lo que indicaría que en el tiempo los caracteres de las líneas van agrupándose y adquiriendo uniformidad, por el proceso de homocigosis y el detenimiento de la segregación, muy común en las últimas generaciones filiales.

4.3.2. Ideotipo de quinua

Donald (1968), menciona que el ideotipo de cada cultivo son un conjunto de características asociadas con el rendimiento, donde la manifestación de las mismas son ordenadas por genes clave, que están involucradas con el desarrollo deseado, que es inducido por la heterosis. En adición el cambio climático viene generando graves problemas en la producción mundial de alimentos, se proyecta que los próximos años incrementará la intensidad, por lo que es imperante encontrar cultivos alternativos con características deseables tales como altos rendimientos, valores nutricionales, que tengan una rápida capacidad adaptativa a diferentes condiciones edafoclimáticas, rápida cosecha etc. ya que la interacción genotipo x ambiente determina el buen rendimiento de un cultivo (Snowdon *et al.*, 2021). Asimismo Lozano-Povis *et al.* (2021), indican que los andes peruanos viene mostrando una mayor sensibilidad y vulnerabilidad al cambio climático, impactando en procesos de erosión del suelo, retroceso de los glaciares, pérdida de cobertura, incremento de la intensidad de lluvia, variación en heladas, granizos y la alteración en la dinámica de los cultivos tales como papa, quinua, maíz entre otros, adicionalmente se proyecta que en los andes peruanos y otros países vecinos disminuirá las temperaturas, lo cual afectará en la producción y rendimiento de los cultivos colocando en grave peligro a la población y la seguridad alimentaria regional de los andes peruanos. Del mismo modo Ponce (2020), menciona que los agricultores de los andes peruanos no están preparados para afrontar el cambio climático, lo cual los obligará a cambiar de agenda de cultivos y buscar nuevas estrategias de mitigación, coincidiendo con Brügger *et al.* (2021), en la búsqueda de cultivos tolerables y adaptables a diferentes condiciones climáticas, que formen parte de la agenda de cultivos de los agricultores de los andes peruanos, ya que este cambio afectará directamente a la región sur. Finalmente Chopra (2014), indica que una de las maneras para enfrentar el cambio climático, es por medio de programas de mejoramiento genético de cultivos, donde mediante la selección de líneas con características agromorfológicas relacionadas con el rendimiento y sobre



todo por la capacidad adaptativa, es posible encontrar líneas con un buen ideotipo de cultivo en función al contexto de las condiciones edafoclimáticas y el cultivo, generando tolerancia a las inclemencias climáticas, siendo lo mencionado una de las últimas herramientas para mitigar el cambio climático propuesta por los Fito mejoradores modernos. También Coronado *et al.* (2021), mencionan que análisis de componentes principales es preciso para el mejoramiento genético de la quinua debido a que facilita la selección, ya que reduce la dimensionalidad de las variables en solo 2 componentes, lo cual nos permiten una mejor interpretación de las variables, por consiguiente, una adecuada selección de las líneas o genotipos. Por lo tanto, para poder seleccionar 4 líneas con un buen ideotipo en función a las condiciones edafoclimáticas de la región Puno, utilizaremos las características siguientes: diámetro de grano (*grnw_phrv*), rendimiento por planta (*sypp_hrv*), diámetro de panoja (*pnwd_mtr*), rendimiento por hectárea (*yplt*), número de días a la madurez fisiológica (*ndpm*), altura de planta (*plth_mrt*) de esta manera poder identificar a las 4 líneas con un mejor ideotipo.

Las 4 líneas seleccionadas con mejores características (ideotipo) fueron superiores a los parentales y testigos. Donde en primer lugar se encuentra Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, 171, 58 y Huariponcho x Kcancolla 174, estas tuvieron el mejor comportamiento en las condiciones edafoclimáticas de Potojani, contienen buenos caracteres asociados con el rendimiento, por lo tanto para la altura de planta (*plth_mrt*) presento 93.2, 95.9, 95.5 y 108 cm respectivamente además, el diámetro de grano (*grnw_phrv*) se obtuvo 2.8, 2.2, 2.0 y 1.5 mm respectivamente, también rendimiento por planta se obtuvo (*sypp*) 30.0, 38.2, 31.0 y 30.1g respectivamente, en cuanto al diámetro de panoja (*pnwd_mtr*) se obtuvo 67.4, 55.7, 61.4 y 64.8 mm en el mismo orden, además que este carácter guarda una correlación fuerte con el rendimiento por hectárea, siguiendo con el rendimiento por hectárea (*yplt*) obtuvieron 7563, 7416, 6769 y 6503 kg/ha respectivamente, también este carácter guarda una relación fuerte con el rendimiento por planta y número de días a la madurez fisiológica, siendo este último un carácter muy importante en la selección de genotipos, donde se encontró 173.2, 175.0, 173.5 y 163.2 días respectivamente, además este carácter guarda una relación fuerte con el diámetro de panoja, de esta manera se pueda obtener variedades con altos rendimientos y precoces así evitar fácilmente futuras inclemencias climáticas que perjudicarían la cosecha.



V. CONCLUSIONES

Se ha evaluado caracteres agronómicos de 9 líneas de quinua, de las cuales las líneas con mayor rendimiento son Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 con 7563 kg/ha y Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 con 7416 kg/ha. Además, las líneas más precoces son Huariponcho x Kcancolla 174 con 163.2 días y Huariponcho x Kcancolla 194 con 163.2 días, en cuanto a la altura de planta la línea Huariponcho x Kcancolla 174 presento 125.3 cm y con respecto al diámetro de panoja la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 con 67.4 mm, presenta el mayor diámetro.

La evaluación de caracteres morfológica muestra que las líneas Salcedo INIA x Negra Collana 30, 37 y 46 tienen un color verde distinto a los demás que son de color púrpura en floración, adicionalmente con respecto a la densidad de panoja todas las líneas presentan panojas intermedias, mientras que la línea Huariponcho x Kcancolla 194 presenta densidad laxa y en cuanto a la forma de panoja todas las líneas presentaron una forma intermedia.

La selección del mejor ideotipo en función al rendimiento y precocidad, son Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, Salcedo INIA x Pandela Rosada 171, Salcedo INIA x Pandela Rosada 58, y Huariponcho x Kcancolla 174 con un rendimiento de 7563, 7416, 6769 y 6503 kg/ha respectivamente, encontrando adecuada relación con número de días a la madurez fisiológica de 173.2, 175.0, 173.5 y 163.2 días respectivamente, siendo un carácter importante para una temprana cosecha de tal manera evitar futuras variaciones climáticas, asimismo la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 resalta de entre las líneas selectas y en la mayoría de las características agronómicas siendo esta línea idónea para su liberación.



VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere evaluar caracteres agronómicos en las líneas Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, 171 y Huariponcho x Kcancolla 174, 194 dado que cuenta con altos rendimientos y precocidad, de esta manera continuando con la evaluación de las siguientes generaciones filiales del programa de mejoramiento genético de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), y liberando las variedades propuestas adaptadas a la región altiplánica de Puno.

Las líneas Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, 171, 58 y Huariponcho x Kcancolla 174 presentaron buenas características morfológicas por lo tanto se recomienda realizar la respectiva evaluación morfológica, así obtener los caracteres morfológicos más relevantes que servirán para su liberación como variedad y adecuada descripción.

Las líneas Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, 171, 58 y Huariponcho x Kcancolla 174 presentaron un mejor ideotipo por lo tanto, se sugiere que sean liberadas como nuevas variedades de quinua, asimismo realizar la difusión mediante trípticos los cuales mostrarán y describirán sus características morfológicas y comportamiento agronómico.



VII. REFERENCIAS

- Abdelbar, O. (2018). Flower vascularization and fruit developmental anatomy of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Amaranthaceae. *Annals of Agricultural Sciences*, 63(1), pp. 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2018.05.002>
- Ali, S., Chattha, M.U., & Hassan, M.U. (2020). Growth, Biomass Production, and Yield Potential of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as Affected by Planting Techniques Under Irrigated Conditions. pp. 427-441. <https://doi.org/10.1007/s42106-020-00094-5>
- Andrews, D. (2017). Race, status, and biodiversity: the social climbing of quinoa. *Culture, Agriculture, Food and Environment*, 39, pp. 15–24.
- Alandia, G., Rodriguez, J. P., Jacobsen, S.-E., Bazile, D., & Condori, B. (2019). Un nuevo escenario para la producción de quinua: Desafíos para la región Andina. VII Congreso Mundial de la Quinua y otros Granos Andinos, 1, 8 p.
- Apaza, J. D. (2014). Caracterización Y Variabilidad De Progenies S3 Autofecundadas, Procedentes De Cruzas Simples Genéticamente Distantes Y Cercanas, En Seis Cultivares De Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 133p.
- Alvarez Cáceres, A. (1993). Evaluación de técnicas de hibridación en el mejoramiento genético de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Universidad Nacional Agraria La Molina. 98p. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2543>
- Apaza, J. (2017). Selección de líneas a partir de autofecundaciones s5 de seis cruzas simples, genéticamente distantes y cercanas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones ambientales Tesis de Maestría. Universidad Nacional Del Altiplano Puno, Perú. 185 p.



- 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>
- Bertero, H.D.; de la Vega, A.J.; Correa, G.; Jacobsen, S.E.; Mujica, A. (2004). Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. *Field Crop. Res.* 89, 299–318pp.
- 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>
- Bascuñán-Godoy, L., Sanhueza, C., Pinto, K., Cifuentes, L., Reguera, M., Briones, V., Zurita-Silva, A., Álvarez, R., Morales, A., & Silva, H. (2018). Nitrogen physiology of contrasting genotypes of *Chenopodium quinoa* Willd. (*Amaranthaceae*). *Scientific Reports*, 8(1), 13 p. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34656-5>
- Baturaygil, A., Stetter, M. G., & Schmid, K. (2021). Breeding *Amaranth* for Biomass: Evaluating Dry Matter Content and Biomass Potential in Early and Late Maturing Genotypes. *Agronomy*, 11(5), 16p. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050970>
- 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>



- 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>
- Brügger, A., Tobias, R., & Monge-Rodríguez, F. S. (2021). Public Perceptions of Climate Change in the Peruvian Andes. *Sustainability*, 13(5), 27p. <https://doi.org/10.3390/su13052677>
- Burin Díaz, Y. (2016). Rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo tres láminas de riego por goteo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 120p.
- Campos, M. (2021). Aprovechamiento de saponina de quinua (*Chenopodium quinoa*) para obtención de plaguicida orgánico y aplicación en *Eurysacca Melanocampta*. (polilla de quinua). Tesis de grado de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas. 78p. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/9405>
- 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.
- Catucuamba, T. R. (2021). Estudio de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) en la elaboración de cupcake relleno de chocolate. Tesis para optar el grado de Ingeniero de Alimentos en la Universidad Estatal de Carchi. 87p. <http://www.repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/947>
- Chen, X., Zhang, B., Wang, T., Bonni, A., & Zhao, G. (2020). Robust principal component analysis for accurate outlier sample detection in RNA-Seq data. *BMC Bioinformatics*, 21(1), 269p. <https://doi.org/10.1186/s12859-020-03608-0>



- Chopra, S. (2014). Techniques and Tools of Modern Plant Breeding: Field Crops. En A. Ricroch, S. 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>
- Clozza, M. N. (2010). Crecimiento y desarrollo en tomate Platense (*Lycopersicon esculentum* Mill.): Análisis del efecto de la nutrición mineral. Tesis para optar el grado de Doctor en la Universidad Politecnica de Valencia, España. En Riunet. 125p.
- 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>
- Cosme, R. C., Reynoso, A. F., & Sanabria, S. (2020). Efecto del guano de isla en el rendimiento de dos variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en suelo degradado. *Agroindustrial Science*, 10(2), pp.191-198. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.02.10>



- Cubero, J. (2013). Introducción a la mejora genética vegetal. Universidad de Córdoba 602p. <https://www.mundiprensa.com//catalogo/9788484766551/introduccion-a-la-mejora-genetica-vegetal>
- 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.
- Curti, R. N., de la Vega, A. J., Andrade, A. J., Bramardi, S. J., & Bertero, H. D. (2016). Adaptive responses of quinoa to diverse agro-ecological environments along an altitudinal gradient in North West Argentina. *Field Crops Research*, 189, pp.10-18. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.014>
- Dominguez, J. (2014). Caracterización agromorfológica de progenies autofecundadas S4, procedentes de cruza simples, genéticamente distantes y cercanas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en condiciones de Campiña de Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 105p.
- Dao, A., Alvar-Beltrán, J., Gnanda, A., Guira, A., Nebie, L., & Sanou, J. (2020). Effect of different planting techniques and sowing density rates on the development of quinoa. *African Journal of Agricultural Research*, 16(9), pp.1325-1333.
- Danielsen, S., & Ames, T. (2001). El Mildiu de la Quinua en la Zona Andina. *Central for Agricultural Bioscience International* 39 p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1962.9686>
- 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>



- Deza Montoya, D. P. (2018). Rendimiento y calidad de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización en condiciones de La Molina. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2p.
- Donald, C. M. (1968). The breeding of crop ideotypes. *Euphytica*, 17(3), pp. 385-403.
<https://doi.org/10.1007/BF00056241>
- Dueñas, F., & Luisa, R. (2016). Comportamiento agronómico de nueve variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de zona áridas en la irrigación Majes. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 104p.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2350>
- 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 quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Plant Breeding*, 139(6), 1190-1200pp. <https://doi.org/10.1111/pbr.12873>
- Fallas, J. (2012). Análisis de varianza comparando tres o más medias. Creative Commons. 54p.
- FAO. (2010). The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. Food & Agriculture Org. 25p.
- FAO. (2017). The future of food and agriculture: Trends and challenges. *Futuribles*. 3p.
<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02146755>
- Fernández, R., Trapero, A., & Domínguez, J. (2010). Experimentación en agricultura. Consejería de Agricultura y Pesca. 25p.



- Fernie, A. R., & Yan, J. (2019). De Novo Domestication: An Alternative Route toward New Crops for the Future. *Molecular Plant*, 12(5), pp.615-631. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2019.03.016>
- Flores, S. (2017). Caracterización agronómica y variabilidad genética de progenies de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de autofecundaciones S5 de cruza simples cercanas y distantes genéticamente Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional del Altiplano Puno. 104p. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7416>
- Franco, T. L., & Hidalgo, R. (2003). Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos (International Plant Genetic Resources Institute). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. 94p. https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/An%C3%A1lisis_estad%C3%ADstico_de_datos_de_caracterizaci%C3%B3n_morfol%C3%B3gica_de_recursos_fitogen%C3%A9ticos_894.pdf
- Galindo-Luján, R., Pont, L., Minic, Z., Berezovski, M. V., Sanz-Nebot, V., & Benavente, F. (2021). Characterization and differentiation of quinoa seed proteomes by label-free mass spectrometry-based shotgun proteomics. *Food Chemistry*, 363, 13p. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130250>
- 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, E. (2014). Efectos de los niveles de bencilaminopurina en el establecimiento in vitro a partir de nudos de frambuesa (*rubus idaeus* L.) Tesis para optar el grado de Magister en Ciencias de la Estadística de la Universidad Nacional de Trujillo. 56 p. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3917/TESIS%20MAESTRIA%20%20ELMIS%20GARC%3%8DA%20ZARE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



- Garcia, M., Condori, B., & Castillo, C. D. (2015). Agroecological and Agronomic Cultural Practices of Quinoa in South America. En *Quinoa: Improvement and Sustainable Production* pp. 25-46. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118628041.ch3>
- Garcia-Parra, M., García-Molano, J., & Deaquiz-Oyola, Y. (2019). Physiological performance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under agricultural climatic conditions in Boyaca, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 37(2), pp.144-152. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v37n2.76219>
- Gomez, L., & Aguilar, E. (2016). Guia del cultivo de Quinoa (Segunda edición). SINCO. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina 130p. <http://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- Gómez-Caravaca, A. M., Iafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., & Caboni, M. F. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Food Chemistry*, 157, pp. 174-178. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.023>
- 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>
- Gomez-Pando, L. R., Aguilar-Castellanos, E., & Ibañez-Tremolada, M. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Breeding. En J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), Springer International Publishing. *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals: Volume 5* pp. 259-316. https://doi.org/10.1007/978-3-030-23108-8_7
- 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.



- Hernández-Villareal, A. E. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*, 2(3), Article 3p. <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.05>
- Hinojosa, L., Matanguihan, J. B., & Murphy, K. M. (2019). Effect of high temperature on pollen morphology, plant growth and seed yield in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Agronomy and Crop Science*, 205(1), pp. 33–45. <https://doi.org/10.1111/jac.12302>
- Hussain, M. I., Muscolo, A., Ahmed, M., Asghar, M. A., & Al-Dakheel, A. J. (2020). Agro-Morphological, Yield and Quality Traits and Interrelationship with Yield Stability in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes under Saline Marginal Environment. *Plants (Basel, Switzerland)*, 9(12), 16p. <https://doi.org/10.3390/plants9121763>
- 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>
- Jolliffe, I. T. (1986). Principal Components in Regression Analysis. En I. T. Jolliffe (Ed.), *Principal Component Analysis*. Springer. pp. 129-155. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1904-8_8
- 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>



- Katwal, T. B., & Bazile, D. (2020). First adaptation of quinoa in the Bhutanese mountain agriculture systems. *PLOS ONE*, 15(1), 13p. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219804>
- Kherif, F., & Latypova, A. (2020). Chapter 12—Principal component analysis. En A. Mechelli & S. Vieira (Eds.), *Academic Press. Machine Learning* pp. 209-225. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815739-8.00012-2>
- Kolano, B., McCann, J., Orzechowska, M., Siwinska, D., Temsch, E., & Weiss-Schneeweiss, H. (2016). Molecular and cytogenetic evidence for an allotetraploid origin of *Chenopodium quinoa* and *C. berlandieri* (*Amaranthaceae*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 100, pp.109-123. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.04.009>
- 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>
- López, M. L., & Recalde, M. A. (2016). The first quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) macrobotanical remains at Sierras del Norte (Central Argentina) and their implications in pre-Hispanic subsistence practices. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 8, pp. 426-433. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.06.053>
- 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>



- Madrid, D., Salgado, E., Verdugo, G., Olgún, P., Bilalis, D., & Fuentes, F. (2018). Morphological Traits Defining Breeding Criteria for Coastal Quinoa in Chile. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(1), 190–196pp. <https://doi.org/10.15835/nbha46110788>
- Morillo, C., Manjarres, H., Lorena, R., & Morillo, C. (2020). Intrapopulation phenotypic variation in Piartal (*Chenopodium quinoa* Willd.) from the Department of Boyacá, Colombia. *African Journal of Agricultural Research*, 16(8), 1195-1203pp. <https://doi.org/10.5897/AJAR2020.14916>
- Maluszynski, M., Szarejko, I., & Maluszynska, J. (2003). Crop improvement | Mutation Techniques. En B. Thomas (Ed.), *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. pp. 186-201. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227050-9/00196-4>
- 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>
- Manrique Kina, S. H., & Edery Wusen, C. J. (2021). Diseño de packaging y comunicación visual como solución para la promoción de las bondades de la quinua Fortigrano hacia los usuarios de la feria de productos orgánicos Mercado Saludable La Molina. Para obtener el grado de Bachiller en la Pontificie Universidad Católica del Perú. 15p. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/177040>



- 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>
- Mastebroek, H. D., Limburg, H., Gilles, T., & Marvin, H. J. P. (2000). Occurrence of saponin in leaves and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(1), pp.152-156. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000101\)80:1<152::AID-JSFA503>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000101)80:1<152::AID-JSFA503>3.0.CO;2-P)
- Maughan, J., Bonifacio, A., Coleman, C., Jellen, R., Stevens, M., & Fairbanks, D. (2007). Quinoa (*Chenopodium quinoa*). En *Pulses, Sugar and Tuber Crops (Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants)* Vol. 3, pp. 147-158. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34516-9_9
- Mohammad, N. (2005). *Metodología de la investigación*. (2da ed.). LIMUSA. 528p.
- 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. *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(2), pp. 26-37.
- Morillo Coronado, A. C., Manjarres Hernández, E. H., & Morillo Coronado, Y. (2020). Avaliação morfo-econômica de 19 materiais de quinoa *Chenopodium* no Departamento de Boyacá. *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(1), pp. 84-96. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v18n1.1416>
- 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.



- Mujica, A., Izquierdo, J., Pierre, J., & Jacobsen, S.-E. (2000). Quinoa (*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. (2013). Producción orgánica de quinoa (*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>
- Osores, M. J. (2020). Evaluación del rendimiento de tres variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa*) con fertilización orgánica e inorgánica en condiciones de Pilcomayo - Huancayo. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo de la Universidad Nacional del Centro del Perú. 107p. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5973>
- Palao-Iturregui, L., Pauro-Flores, L., & Delgado-Mamani, P. (2021). Mecanismos de protección para el control de aves plaga en el cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) En salcedo – Puno. *Revista De Ciencias Agrarias*, 7(1), pp. 32-39.
- Pinto, J. (2014). Caracterización morfológica y agronómica de progenies f1 de cruizas simples de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), en condiciones de invernadero.



tesis para optar el título de Ingeniero Agronomo, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 130p.

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 del índice de cosecha en genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en la finca experimental la María. 99p.

Ponce, C. (2020). Intra-seasonal climate variability and crop diversification strategies in the Peruvian Andes: A word of caution on the sustainability of adaptation to climate change. *World Development*, 13p.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.104740>

Portilla, A. (1955). La quinua. *Revista de la Facultad de Medicina*, 23(4), pp. 178-189.

Präger, A., Munz, S., Nkebiwe, P. M., Mast, B., & Graeff-Hönninger, S. (2018). Yield and Quality Characteristics of Different Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars Grown under Field Conditions in Southwestern Germany. *Agronomy*, 8(10), 19p. <https://doi.org/10.3390/agronomy8100197>

Prieto, R. (2006). Técnicas estadísticas de clasificación, un ejemplo de análisis de clúster. Tesis para optar el grado de Ingeniero Industrial en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. 177p.

Ramalho, M. A. P., & Araújo, L. C. A. de. (2011). Breeding self-pollinated plants. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 11(spe), pp.1-7.
<https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000500002>



- Rustom, A. (2012). Estadística descriptiva de probabilidad e inferencia. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 197p.
- Reinoso, J., & Paredes, S. (1998). Post-Producción de productos andinos en el altiplano: Inventario y demanda. CONDESAN, CIRNMA. Lima, Perú. pp. 1-136.
- Risi, J., & Galwey, N. (1984). The *chenopodium* grains of the andes, Inca crops for modern agriculture. Associations Between characteristics. Adv. Appl. Biol. 10: pp. 145-216.
- Rojas, W., Alandia, G., Irigoyen, J., Blajos, J., & Santivañes, T. (2011). Quinoa an ancient crop to contribute to world food security. Regional Office for Latin America and the Caribbean. 63p.
- Romero, P. (2000). Respuesta de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a la aplicación de abono foliar orgánico "biol" Puno - Perú. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. Perú. 70p.
- 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>
- Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S., Antognoni, F., Martínez-Mosqueira, E. A., Coulibaly, A., Canahua-Murillo, A., Pinto, M., Zurita-Silva, A., Bazile, D., Jacobsen, S.-E., & Molina-Montenegro, M. A. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(2), pp. 349-359. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0195-0>



- Sampaio, S. L., Fernandes, Â., Pereira, C., Calhelha, R. C., Sokovic, M., Santos-Buelga, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2020). Nutritional value, physicochemical characterization and bioactive properties of the Brazilian quinoa BRS Piabiru. *Food & Function*, 11(4), pp. 2969-2977. <https://doi.org/10.1039/D0FO00055H>
- Schmidt, D., Verruma-Bernardi, M. R., Forti, V. A., & Borges, M. T. M. R. (2021). *Quinoa* and *Amaranth* as Functional Foods: A Review. *Food Reviews International*, 0(0), pp. 1-20. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1950175>
- Si, L., Chen, J., Huang, X., Gong, H., Luo, J., Hou, Q., Zhou, T., Lu, T., Zhu, J., Shangguan, Y., Chen, E., Gong, C., Zhao, Q., Jing, Y., Zhao, Y., Li, Y., Cui, L., Fan, D., Lu, Y., Han, B. (2016). OsSPL13 controls grain size in cultivated rice. *Nature Genetics*, 48(4), pp. 447-456. <https://doi.org/10.1038/ng.3518>
- 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/s00122-020-03729-3>
- Suárez-Estrella, D., Borgonovo, G., Buratti, S., Ferranti, P., Accardo, F., Pagani, M. A., & Marti, A. (2021). Sprouting of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Effect on saponin content and relation to the taste and astringency assessed by electronic tongue. *LWT*, 144, 14p. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111234>
- 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., & Ancco, 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>



- 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.
- Vilcacundo, R., & Hernández-Ledesma, B. (2017). Nutritional and biological value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Current Opinion in Food Science*, 14, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2016.11.007>
- 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). Quinoa hacia su cultivo comercial. Editorial Latinreco, Quito. 37 p.
- Yabe, S., & Iwata, H. (2020). Genomics-assisted breeding in minor and pseudo-cereals. *Breeding Science*, 70(1), pp. 19-31. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19100>
- Yu, D., Gu, X., Zhang, S., Dong, S., Miao, H., Gebretsadik, K., & Bo, K. (2021). Molecular basis of heterosis and related breeding strategies reveal its importance in vegetable breeding. *Horticulture Research*, 8(1), pp. 1-17. <https://doi.org/10.1038/s41438-021-00552-9>
- 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/s11032-014-0023-5>

ANEXOS

Tabla A.1. Promedios por repeticiones de días al inicio de floración (días) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	88	87	86	88
HUAxKCA 194	84	85	86	84
HUAxKCA 53	90	91	90	93
SALxCOL 30	88	87	86	84
SALxCOL 37	90	91	92	88
SALxCOL 46	88	86	92	85
SALxPAN 165	92	91	88	90
SALxPAN 171	88	90	86	87
SALxPAN 58	90	88	87	86

Tabla B.2. Promedios por repeticiones de días al 50% floración (días) de líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	98	97	100	97
HUAxKCA 194	90	91	88	89
HUAxKCA 53	99	98	100	96
SALxCOL 30	96	95	98	100
SALxCOL 37	100	103	98	97
SALxCOL 46	99	100	101	98
SALxPAN 165	102	100	101	99
SALxPAN 171	95	96	94	97
SALxPAN 58	97	98	99	94

Tabla C.3. Promedios por repeticiones de altura de planta (cm) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	106	105	107	104
HUAxKCA 194	91	90	89	92
HUAxKCA 53	97	98	96	97
SALxCOL 30	86	87	85	86
SALxCOL 37	94	96	97	99
SALxCOL 46	84	85	86	87
SALxPAN 165	92	93	91	92
SALxPAN 171	92	91	94	94
SALxPAN 58	96	91	95	96

Tabla D.4. Promedios por repeticiones del diámetro de tallo principal (mm) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	11.1	12.2	11.1	10.4
HUAxKCA 194	10.8	9.8	10.7	9.8
HUAxKCA 53	11.3	10.6	9.8	11.1
SALxCOL 30	11.5	10.8	11.3	11.4
SALxCOL 37	12.1	11.8	10.8	11.1
SALxCOL 46	11.1	10.7	10.2	9.8
SALxPAN 165	9.8	10.6	11.1	11.3
SALxPAN 171	15.1	14.3	16.7	17.2
SALxPAN 58	11.1	11.3	11.4	11.1

Tabla E.5. Promedios por repeticiones de la longitud de panoja (cm) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	52.1	51.3	51.2	52.2
HUAxKCA 194	48.4	48.9	46.4	45.5
HUAxKCA 53	54.1	55.2	55.8	55.3
SALxCOL 30	49.9	49.7	48.9	49.5
SALxCOL 37	47.6	49.5	48.8	49.7
SALxCOL 46	44.1	43.7	44.5	44.8
SALxPAN 165	48.1	47.8	46.5	47.9
SALxPAN 171	44.5	44.6	44.4	43.9
SALxPAN 58	50.9	50.7	51.1	50.7

Tabla F.6. Promedios por repeticiones del diámetro de panoja (mm) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	63.1	62.7	62.5	63.8
HUAxKCA 194	55.7	54.8	55.2	54.1
HUAxKCA 53	55.1	54.8	53.5	54.9
SALxCOL 30	61.1	61.2	60.8	59.8
SALxCOL 37	65.8	64.2	64.7	65.8
SALxCOL 46	66.8	66.4	66.5	65.7
SALxPAN 165	66.3	66.9	66.7	66.3
SALxPAN 171	54.6	55.9	56.7	56.8
SALxPAN 58	60.1	60.8	59.8	59.2

Tabla G.7. Promedios por repeticiones del número de días a la madurez fisiológica (días) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	160	162	165	158
HUAxKCA 194	162	161	160	163
HUAxKCA 53	167	169	165	165
SALxCOL 30	170	169	171	168
SALxCOL 37	171	172	170	169
SALxCOL 46	179	180	177	178
SALxPAN 165	171	170	174	169
SALxPAN 171	175	170	169	171
SALxPAN 58	172	171	169	170

Tabla H.8. Promedios por repeticiones del rendimiento por hectárea (kg/ha) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	7950	7989	8000	7890
HUAxKCA 194	6890	6900	6800	6782
HUAxKCA 53	6854	6945	6712	6953
SALxCOL 30	7125	7000	7125	7150
SALxCOL 37	7482	7354	7254	7159
SALxCOL 46	7784	7691	7732	7812
SALxPAN 165	9746	9962	9869	10100
SALxPAN 171	8102	8254	8324	8297
SALxPAN 58	8136	8312	8246	8150

Tabla I.9. Promedios por repeticiones índice de cosecha (%) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	39.7	36.7	39.2	36.9
HUAxKCA 194	44.8	41.1	43.7	44.2
HUAxKCA 53	40.8	40.2	39.9	41.1
SALxCOL 30	44.0	40.7	43.2	41.5
SALxCOL 37	39.8	40.2	40.5	36.5
SALxCOL 46	39.9	40.3	41.9	42.7
SALxPAN 165	40.5	39.9	41.1	40.9
SALxPAN 171	43.1	44.2	44.7	44.5
SALxPAN 58	40.2	40.6	39.9	41.0

Tabla J.10. Promedios por repeticiones diámetro de grano (mm) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	1.4	1.2	1.1	1.5
HUAxKCA 194	1.3	0.9	1.0	1.2
HUAxKCA 53	1.1	1.1	1.3	1.4
SALxCOL 30	2.1	2.3	2.1	2.2
SALxCOL 37	2.5	2.3	2.6	2.5
SALxCOL 46	1.2	1.5	1.5	1.4
SALxPAN 165	2.6	2.7	2.5	2.7
SALxPAN 171	2.0	2.2	2.2	2.1
SALxPAN 58	1.9	2.0	2.1	1.6

Tabla K.11. Promedios por repeticiones de peso de 1000 semillas (g) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	3.1	3.3	3.2	3.4
HUAxKCA 194	3.1	2.4	2.9	3.0
HUAxKCA 53	3.4	3.2	3.3	3.4
SALxCOL 30	5.1	5.3	5.0	5.2
SALxCOL 37	4.7	4.4	4.3	4.1
SALxCOL 46	4.9	4.3	4.7	4.8
SALxPAN 165	2.9	4.0	3.8	3.7
SALxPAN 171	3.5	3.6	3.6	3.4
SALxPAN 58	3.5	3.6	3.1	3.5

Tabla L.12. Promedios por repeticiones rendimiento de semilla por planta (g) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	29.8	30.0	30.0	29.8
HUAxKCA 194	29.5	31.3	31.5	32.6
HUAxKCA 53	29.8	29.7	31.8	32.6
SALxCOL 30	31.8	30.8	31.4	30.5
SALxCOL 37	28.4	26.7	28.5	26.8
SALxCOL 46	40.0	34.7	39.6	36.7
SALxPAN 165	30.0	29.7	28.9	29.9
SALxPAN 171	36.7	34.5	38.9	37.1
SALxPAN 58	31.6	30.6	29.9	28.9



Tabla M.13. Promedios por repeticiones de biomasa por planta (g) en líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2019 – 2020.

Líneas	I	II	III	IV
HUAxKCA 174	82.4	83.7	81.4	80.6
HUAxKCA 194	83.0	82.0	81.4	81.6
HUAxKCA 53	86.7	85.9	86.7	86.7
SALxCOL 30	81.1	80.0	79.9	80.7
SALxCOL 37	77.5	75.7	78.0	76.9
SALxCOL 46	97.8	100.0	94.8	95.8
SALxPAN 165	80.4	79.8	80.8	78.8
SALxPAN 171	90.7	92.6	91.5	92.7
SALxPAN 58	81.3	79.9	81.6	78.9



	rep. 1				rep2				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
cada parcela de 5 suarcas 0.6m	C6_SA LxCOL_30	C1_HU AxKCA_174	P6_CO L_chk	chk_A TP_chk	C1_HU AxKCA_53	C6_SA LxCOL_37	C1_HU AxKCA_174	C1_HU AxKCA_194	30 metros
	chk_C HO_chk	C6_SA LxCOL_37	C4_SA LxPAN_165	P5_KC A_chk	C4_SA LxPAN_58	chk_C HO_chk	C6_SA LxCOL_30	P4_PAN_chk	
	P4_PAN_chk	C1_HU AxKCA_194	P1_HU A_chk	C4_SA LxPAN_171	P2_SAL_chk	P5_KC A_chk	chk_AT P_chk	C4_SA LxPAN_171	
	C4_SA LxPAN_58	C1_HU AxKCA_53	C6_SA LxCOL_46	P2_SAL_chk	C6_SA LxCOL_46	C4_SA LxPAN_165	P6_CO L_chk	P1_HU A_chk	
3m	rep3				rep. 4				
	1	2	3	4	1	2	3	4	
	chk_A TP_chk	C1_HU AxKCA_194	C4_SA LxPAN_171	C4_SA LxPAN_58	P5_KC A_chk	P6_CO L_chk	C6_SA LxCOL_30	C4_SA LxPAN_58	
	P1_HU A_chk	C6_SA LxCOL_46	P4_PAN_chk	C6_SA LxCOL_30	C6_SA LxCOL_37	C4_SA LxPAN_165	P1_HU A_chk	chk_AT P_chk	
	C4_SA LxPAN_165	C1_HU AxKCA_53	P2_SAL_chk	P6_CO L_chk	chk_C HO_chk	P2_SAL_chk	P4_PAN_chk	C4_SA LxPAN_171	
	C6_SA LxCOL_37	C1_HU AxKCA_174	chk_C HO_chk	P5_KC A_chk	C1_HU AxKCA_174	C1_HU AxKCA_53	C6_SA LxCOL_46	C1_HU AxKCA_194	
	----- 9 m----- -----								

Figura A.1. Croquis del área experimental y distribución de los tratamientos en la localidad del Fundo de Producción Potojani – Puno.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú												
Código	Estación	Alt Mts	Latitud	Longitud	Direcc.Reg Cuenca			Departamento		V Nom Pro		
000821	RINCON DE LA CRUZ	3887	15° 59' 24.6"	69° 48' 34.6"	13	IL	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 B.2. Datos hidrometeorológicos de la estación meteorológica Rincón de la Cruz – Acora, Puno – Perú. SENAMHI.



ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN

Nombre: Miguel Angel Romero Ucharico.

Proyecto:

Procedencia: Potojani.

Fecha de Recepción: 25 de Octubre del 2019.

Fecha de Certificación: 04 de Noviembre del 2019.

Caracterización de Propiedades Relativamente Permanente del Suelo.

Nº	Cod. Lab.	M A R C A S	ANÁLISIS		MECÁNICO		CO ₂ Ca %	Mat. Org. %	N. TOTAL %
			Arena	Arcilla	Limo	Textura			
			%	%	%				
1	320J3	MI Potojani	28.88	19.84	51.28	FL	0.00	1.70	0.063
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Caracterización del Estado de Fertilidad y Condiciones Alterables del Suelo.

Nº	Suelo : Agua 1:2.5		NUTRIENTES DISPONIBLES			CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	Suma Cationes
	pH	C.E. mmhos/cm	P (ppm)	K (ppm)		Al me/100g	Ca me/100g	Mg me/100g	Na me/100g	K me/100g		
1	5.653	0.163	8.98	566.92		T	4.30	3.40	0.04	0.58	9.00	8.32
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

Métodos utilizados en el Laboratorio:

Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences E.U.A. Sexta reimpression, Octubre 1988. 195p.

Conclusiones:

La muestra analizada de SUELO CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales.

Nota:

Cualquier corrección y/o enmendadura anula al presente documento. (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo)



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

Figura C.3. Análisis de caracterización del suelo experimental (INIA).



PERÚ Ministerio
de Desarrollo Agrario
y Riego



inia
Instituto Nacional de Innovación Agraria

CERTIFICADO DE ANALISIS

SOLICITANTE : Miguel Angel Romero Ucharico.
PROCEDENCIA : Puno.
PRODUCTO : Granos de Quinoa.
CANTIDAD :
MUESTREO : Interesado.
TIPO DE ANALISIS : Análisis de Saponina y Proteína.
N° DE ANALISIS : 09.
FECHA DE RECEPCIÓN : 12 de Abril del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 03 de Mayo del 2021.
DETERMINACIONES:

N°	Clave Usuario	Saponina %	Proteína %
01	Hua xKca 174 Huariponcho x Kancolla	0.042	11.21
02	Hua xKca 194 Huariponcho x Kancolla	0.068	11.38
03	Hua xKca 53 Huariponcho x Kancolla	0.042	11.33
04	Sal x Col 30 Salcedo x Collana	0.000	12.39
05	Sal x Col 37 Salcedo x Collana	0.017	12.00
06	Sal x Col 46 Salcedo x Collana	0.000	11.96
07	Sal x Pan 165 Salcedo x Pandela	0.023	10.63
08	Sal x Pan 171 Salcedo x Pandela	0.001	10.77
09	Sal x Pan 58 Salcedo x Pandela	0.000	11.13
10			

Referencias:
Metodologías analíticas en Quinoa. Ministerio de Agricultura y Riego primera edición Diciembre 2019 Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA.Tiraje 2000 ejemplares 100 pag.
1.-Determinación de saponinas por el método espectrofotométrico UV-VIS.
2.-Determinación de proteínas método 984.13(AOAC, 1990) Microkjeldahl.

Conclusiones:
La muestra analizada de granos de Quinoa CUMPLE con los requisitos de documentos referenciales, utilizados en el análisis.

Nota:
Ninguno.

Validez del Certificado:
El presente Certificado es válido, si permanece en el papel original. El documento en su papel original tendrá validez por el periodo de noventa (90) días calendario a partir de la fecha de emisión.



INIA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO



Ing° JORGE CANIHUA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
SALCEDO

La Rinconada Salcedo S/N°-Puno
T: (051) 363 812
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe



BICENTENARIO
PERÚ 2021

Figura D.4. Análisis de saponina mediante espectrofotométrico y proteína mediante el método 984.13 (INIA) de las 9 líneas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).



Figura E.5. Identificación del área experimental Fundo de Producción de Potojani campaña 2019 – 2020.

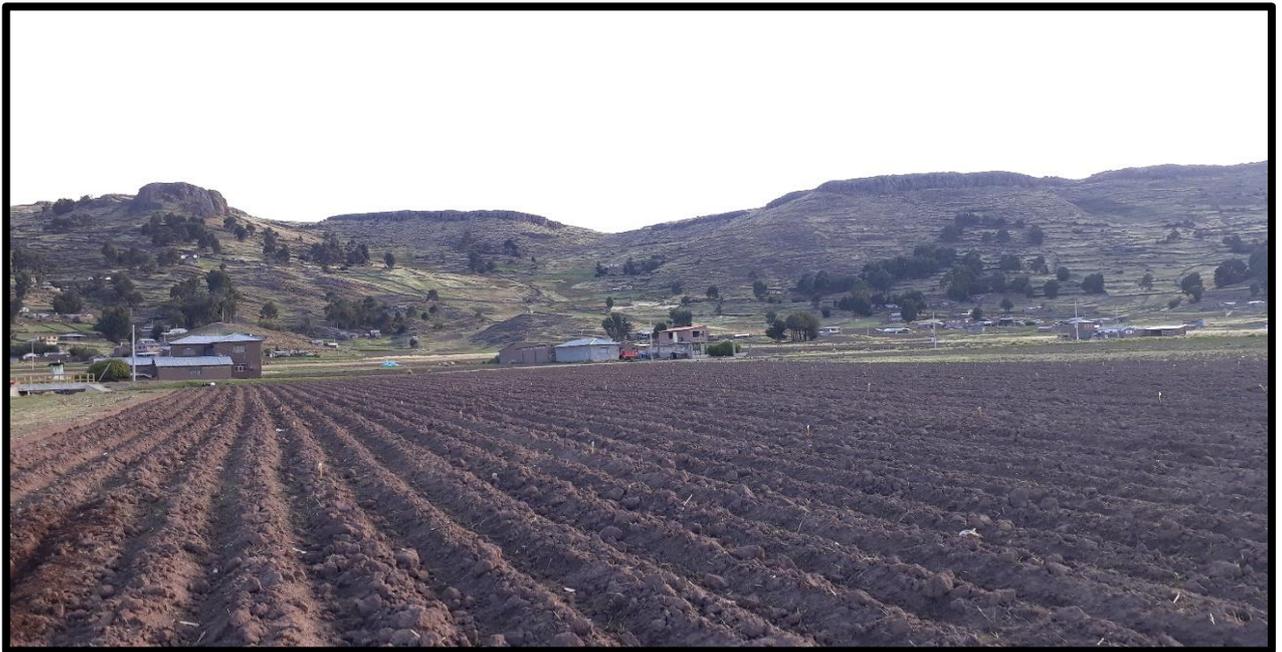


Figura F.6. Marcado de parcelas y siembra del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) campaña 2019 – 2020.



Figura G.7. Aporque del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Fundo de Producción Potojani.



Figura H.8. Evaluación de la altura del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) campaña 2019 – 2020.



Figura I.9. Cosecha de semilla y biomasa por metro cuadrado del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) campaña 2019 – 2020.



Figura J.10. Cosecha del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) campaña 2019 – 2020.



Figura K.11. Trillado manual del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) campaña 2019 – 2020.



Figura L.12. Empacamiento de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) campaña 2019 – 2020.