



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



SELECCIÓN POR RENDIMIENTO DE PROGENIES DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd.) PROCEDENTES DE CRUZAS
SIMPLES DISTANTES Y CERCANAS GENETICAMENTE EN EL
CIP. CAMACANI, PUNO, PERÚ

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. GABY YENY MARQUEZ QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PUNO - PERÚ

2022



DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida, salud sabiduría y fortaleza en los momentos de debilidad, por guiarme en cada paso que doy en mi vida por permitir conseguir uno de mis mejores anhelos en mi vida profesional para seguir siempre adelante con el fin de lograr mis objetivos y metas.

A mis queridos padres

Bacilio Marquez Escobedo y Felicitas T. Quispe Vilca por confiar y apoyarme incondicionalmente para que no desista de mis estudios. Con mucho amor les dedico todo mi esfuerzo en reconocimiento a todo mi sacrificio para que pueda estudiar se merecen y mucho más, es por ellos que soy una mejor persona.

A mis hermanos. Oscar, Wile, David, Lisbeth por todo el apoyo incondicional que recibí siempre por parte de ellos en los momentos importantes de mi vida.

A mis amigos (as) compañeros (as) por darme su apoyo moral que con sus alientos de palabras hicieron a que podía seguir adelante, por estar presente durante mi formación profesional.

Gaby Yeny Marquez Quispe



AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme guiado por el buen camino por darme fuerza para poder seguir adelante.

A mis queridos padres por brindarme su apoyo en todo momento para la culminación exitosa de mis estudios superiores.

Agradezco a la Universidad Nacional del Altiplano- Puno, Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y sus docentes por brindarme todo el conocimiento y la formación adquirida para lograr culminar mis estudios superiores.

Agradezco al Programa de Mejoramiento Genético de Granos Andinos, CONVENIO Universidad de Hohenheim-Alemania, KWS- Alemania- UNA Puno, Perú. Por su apoyo y por brindarme darme las facilidades durante la ejecución de mi trabajo investigación.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica por su gran apoyo valioso conocimientos compartidos durante mi formación profesional.

A los miembros del jurado: D.Sc Silverio Apaza Apaza, D.Sc Ernesto Javier Chura Yupanqui, M.Sc. Julio Cesar Sosa Choque, por las sugerencias, recomendaciones y por su apoyo brindado en la revisión de la tesis.

A mi Director de tesis PhD. Ángel Mauricio Holguer Mujica Sanchez por el apoyo que me brindo, sobre todo por compartir sus conocimientos para que pudiera ejecutar mi tesis.

Al M.Sc Flavio Isla Lozano por haberme brindado su apoyo, y compartir sus conocimientos hacia mi persona y por haberme guiado en este trabajo de investigación.

A mis amigos y compañeros que siempre estarán brindándome su apoyo, darme la fuerza y que de alguna manera colaboraron para poder finalizar este trabajo de investigación. También para todas las personas que directa e indirectamente me apoyaron en la culminación del trabajo de investigación.

Gaby Yeny Marquez Quispe.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 16

ABSTRACT..... 17

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO GENERAL 20

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. REFERENCIAS TEORICAS 21

2.1.1. Generalidades..... 21

2.1.2. Centro de origen de la quinua 22

2.1.3. Cultivo de quinua..... 22

2.1.4. Importancia 22

2.1.5. Posición taxonómica 23

2.1.6. Descripción botánica de la planta 24

2.1.7. Fenología del cultivo de quinua..... 26

2.1.8. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo..... 30



2.1.9. Practicas agronómicas.....	32
2.1.10. Valor nutritivo.....	34
2.1.11. Saponina.....	35
2.1.12. Genitores de quinua	35
2.1.13. Fitomejoramiento.....	36
2.1.14. Diversidad y variabilidad genética	37
2.1.15. Expresión de la variabilidad	38
2.1.16. Marcadores genéticos en estudios de diversidad	39
2.1.17. Distancia genética	39
2.1.18. Autofecundación.....	39
2.1.19. Hibridación	40
2.2. ANTECEDENTES	40

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	44
3.1.1. Ubicación política	44
3.1.2. Ubicación geográfica	44
3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO	44
3.3. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL	44
3.4. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS.....	45
3.5. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES.....	46
3.6. MATERIAL EXPERIMENTAL	48
3.6.1. Material genético	48
3.7. MATERIALES EQUIPOS, HERRAMIENTAS DE CAMPO	49
3.8. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO.....	50



3.9. POBLACIÓN MUESTRA DE ESTUDIO	50
3.10. TIPO DE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN	51
3.11. VARIABLES DE ESTUDIO	51
3.12. ANALISIS ESTADISTICO	52
3.13. DISEÑO EXPERIMENTAL	52
3.14. CARACTERISTICAS EVALUADAS	53
3.15. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA VARIABLES AGRONÓMICAS DEPENDIENTES	53
3.15.1. Altura de planta (cm)	53
3.15.2. Diámetro de tallo (mm).....	53
3.15.3. Longitud de panoja (cm).....	53
3.15.4. Diámetro de panoja (mm).....	54
3.15.5. Número de días hasta el 50% de floración (d).....	54
3.15.6. Número de días hasta el 50% de madurez fisiológica (d).....	54
3.15.7. Índice de cosecha (%).....	54
3.15.8. Peso de 1000 granos (g).....	54
3.15.9. Diámetro de grano (mm).....	54
3.15.10. Rendimiento por planta (g).....	55
3.15.11. Rendimiento (Kg/ha)	55
3.16. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS DEPENDIENTES	55
3.16.1. Color de panoja en floración (escala)	55
3.16.2. Color de panoja en madurez fisiológica (escala)	55
3.16.3. Forma de panoja (escala)	56
3.16.4. Densidad de la panoja (escala).....	56



3.17. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	56
3.17.1. Preparación del terreno	56
3.17.2. Siembra	56
3.17.3. Raleo	57
3.17.4. Control de malezas.....	57
3.17.5. Fertilización	57
3.17.6. Aporque	58
3.17.7. Control fitosanitario.....	58
3.17.8. Cosecha.....	58

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZAR AGRONOMICAMENTE LAS PROGENIES DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) PROCEDENTES DE CRUZAS SIMPLES DISTANTES Y CERCANAS GENÉTICAMENTE	59
4.1.1. Altura de planta.....	59
4.1.2. Diámetro de tallo principal	62
4.1.3. Longitud de panoja	65
4.1.4. Diámetro de panoja.....	68
4.1.5. Días a la floración	71
4.1.6. Madurez fisiológica	74
4.1.7. Rendimiento de semilla por planta	78
4.1.8. Rendimiento por hectárea	81
4.1.9. Peso de 1000 semillas	84
4.1.10. Índice de cosecha	87
4.1.11. Diámetro de grano	90



4.1.12. Contenido de proteína.....	93
4.1.13. Efusión de saponina.....	95
4.2. CARACTERIZAR MORFOLOGICAMENTE LAS PROGENIES DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) PROCEDENTES DE CRUZAS SIMPLES DISTANTES Y CERCANAS GENÉTICAMENTE.....	98
4.2.1. Color de panoja en floración.....	98
4.2.2. Color de panoja en madurez fisiológica.....	99
4.2.3. Forma de panoja en la madurez fisiológica.....	100
4.2.4. Densidad de panoja en madurez fisiológica.....	101
V. CONCLUSIONES.....	103
VI. RECOMENDACIONES.....	104
VII. REFERENCIAS.....	105
ANEXOS.....	120

Área : Ciencias Agrícolas

Tema : Manejo Agronómico de Cultivos

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 17 de mayo del 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1: Comportamiento de Temperatura (Campaña agrícola 2019-2020).	47
Figura N° 2: Comportamiento de la precipitación (Campaña agrícola 2019-2020)..	48
Figura N° 3: Comparación de altura de planta en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).	62
Figura N° 4: Comportamiento de diámetro de tallo principal en progenies, genitores y testigo (Campaña agrícola 2019-2020)..	65
Figura N° 5: Comportamiento de longitud de panoja en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).	68
Figura N° 6: Comportamiento de diámetro de panoja en progenies, genitores y testigo (Campaña agrícola 2019-2020).	71
Figura N° 7: Número de días al 50% de floración en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).	74
Figura N° 8: Número de días a la madurez fisiológica en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).	77
Figura N° 9: Rendimiento de semilla por planta en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).	81
Figura N° 10: Rendimiento de semilla por hectárea en progenies genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).	84
Figura N° 11: Peso de mil semillas en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-20220)..	87
Figura N° 12: Índice de cosecha en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020)..	90



Figura N° 13: Comportamiento de diámetro de grano en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).	93
Figura N° 14: Porcentaje de proteína en las progenies, genitores y testigos. (Campaña agrícola 2019-2020).	95
Figura N° 15: Porcentaje de efusión de saponina en las progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).	97
Figura N° 16: Croquis del área experimental y la distribución de las progenies (Campaña agrícola 2019-22020).	124
Figura N° 17: Reporte análisis de proteína y saponina (INIA).	126
Figura N° 18: Análisis de fertilidad de suelo experimental. (INIA) (Campaña agrícola 2019-2020).	127



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1:	Antecedentes del campo experimental. (Campaña agrícola 2019-2020).	44
Tabla N° 2:	Análisis físico-químico del suelo experimental. (Campaña agrícola 2019-2020).	45
Tabla N° 3:	Temperatura promedio °C. (Campaña agrícola 2019-2020).....	46
Tabla N° 4:	Precipitación pluvial (mm) y humedad relativa (%). (Campaña agrícola 2019-2020).	47
Tabla N° 5:	Progenies de quinua procedentes de cruzas simples y genitores. (Campaña agrícola 2019-2020).	49
Tabla N° 6:	Características del campo experimental. (Campaña agrícola 2019-2020).	50
Tabla N° 7:	VARIABLES DE ESTUDIO EVALUADAS DURANTE LA INVESTIGACIÓN. (Campaña agrícola 2019-2020).	51
Tabla N° 8:	Población de malezas que se presentaron en el experimento. (Campaña agrícola 2019-2020).	57
Tabla N° 9:	Análisis de varianza (ANVA) para altura de planta en progenies de quinua (Campaña agrícola 2019-2020).....	59
Tabla N° 10:	Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para altura de planta. (Campaña agrícola 2019-2020).	60
Tabla N° 11:	Análisis de varianza (ANVA) para diámetro de tallo principal. (Campaña agrícola 2019-2020).	62
Tabla N° 12:	Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para diámetro de tallo principal. (Campaña agrícola 2019-2020).	63
Tabla N° 13:	Análisis de varianza (ANVA) para longitud de panoja. (Campaña agrícola 2019-2020).	65



Tabla N° 14: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para longitud de panoja. (Campaña agrícola 2019-2020).	66
Tabla N° 15: Análisis de varianza (ANVA) para diámetro de panoja. (Campaña agrícola 2019-2020).	68
Tabla N° 16: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para diámetro de panoja. (Campaña agrícola 2019-2020).	69
Tabla N° 17: Análisis de varianza (ANVA) para el número de días hasta el 50% de floración. (Campaña agrícola 2019-2020).	72
Tabla N° 18: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para el número de días al 50% de floración. (Campaña agrícola 2019-2020).	72
Tabla N° 19: Análisis de varianza (ANVA) para madurez fisiológica. (Campaña agrícola 2019-2020).	74
Tabla N° 20: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para madurez fisiológica. (Campaña agrícola 2019-2020).	75
Tabla N° 21: Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento de semilla por planta. (Campaña agrícola 2019-2020).	78
Tabla N° 22: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para rendimiento de semilla por planta. (Campaña agrícola 2019-2020).	79
Tabla N° 23: Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento de semilla por hectárea. (Campaña agrícola 2019-2020).	81
Tabla N° 24: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para rendimiento de semilla por hectárea. (Campaña agrícola 2019-2020).	82
Tabla N° 25: Análisis de varianza (ANVA) para peso de mil semillas. (Campaña agrícola 2019-2020).	84



Tabla N° 26: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para peso de mil semillas. (Campaña agrícola 2019-2020).	85
Tabla N° 27: Análisis de varianza (ANVA) para índice de cosecha. (Campaña agrícola 2019-2020).	87
Tabla N° 28: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para índice de cosecha (Campaña agrícola 2019-2020).	88
Tabla N° 29: Análisis de varianza (ANVA) para diametro de grano. (Campaña agrícola 2019-2020).	90
Tabla N° 30: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para diametro de grano. (Campaña agrícola 2019-2020).	91
Tabla N° 31: Contenido de proteína en las progenies, genitores y testigos de quinua. (Campaña agrícola 2019-2020).	94
Tabla N° 32: Efusión de saponina en las progenies, genitores y testigos de quinua. (Campaña agrícola 2019-2020).	96
Tabla N° 33: Color de panoja en progenies de quinua (Campaña agrícola 2019-2020).	99
Tabla N° 34: Forma y densidad de panoja en progenies de quinua (Campaña agrícola 2019-2020).	101
Tabla N° 35: Datos de campo para altura de planta de 16 tratamientos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en cm.	120
Tabla N° 36: Datos de campo para diámetro de tallo principal de 16 tratamientos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en mm.	120
Tabla N° 37: Datos de campo para longitud de panoja de 16 tratamientos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en mm.	121



Tabla N° 38: Datos de campo para diámetro de panoja de 16 tratamientos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en mm.	121
Tabla N° 39: Datos de campo para días a la madurez fisiológica de 16 tratamientos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).....	122
Tabla N° 40: Datos de campo para índice de cosecha de 16 tratamientos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	122
Tabla N° 41: Datos de campo para diámetro de grano de 16 tratamientos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	123
Tabla N° 42: Datos de campo para rendimiento de semilla por hectárea de 16 tratamientos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).....	123
Tabla N° 43: Datos meteorológicos de Camacani. (Campaña agrícola 2019-2020)..	125



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ANVA	: Análisis de varianza
DBCA	: Diseño de Bloques Completamente al Azar
CM	: Cuadrado medio
cm	: Centímetro
CV	: Coeficiente de varianza
°C	: Grados centígrados
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
FV	: Fuente de variabilidad
F.c.	: F calculada
F.t.	: F tabulada
g	: Gramos
G.L.	: Grados de libertad
IC	: Índice de cosecha
INIA	: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
ITIS	: Integrated Taxonomic Information System.
Kg/ha	: Kilogramos por hectárea
mm	: Milímetro
%	: Porcentaje
S.C.	: Suma de cuadrados
n.s.	: No significativo
*	: Significativo
**	: Altamente significativo
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.
UNA	: Universidad Nacional del Altiplano.



RESUMEN

La quinua es un cultivo de importancia mundial por su creciente demanda y uno de los alimentos más relevantes a nivel nutricional que provee alto contenido de proteínas y aminoácidos esenciales; a pesar de ello, la producción de quinua en el altiplano Peruano está limitada a falta de cultivares mejorados, razón por la cual es conveniente obtener variedades con alto rendimiento, por ello, la investigación se llevó a cabo en el Centro Experimental Camacani, de la Universidad Nacional del Altiplano Puno, en la campaña agrícola 2019-2020, con el objetivo general de evaluar el rendimiento y caracterizar agromorfológicamente las mejores progenies de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruzas simples distantes y cercanas genéticamente, las muestras fueron obtenidas al azar de los surcos centrales y los datos analizados por el software SAS 9.0, el estudio fue conducido bajo el Diseño de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones, 64 unidades experimentales (9 progenies, 5 genitores y 2 testigos), se evaluaron 16 variables entre agronómicas y morfológicas, donde la progenie (SALxPAN 171) obtuvo el mayor rendimiento con 6009.2kg/ha, seguido de (SALxCOL 46) con 5578.6 kg/ha; en cuanto a precocidad la progenie (HUAxKCA 194) fue la más precoz con 161.5 días a la madurez fisiológica; la progenie (SALxPAN 171) presentó mayor diámetro de panoja con 94.82 mm y la progenie (HUAxKCA 194) presentó mayor longitud de panoja con 58.17 cm, con un índice de cosecha de 49.35%, mientras que la progenie (SALxCOL 46) presentó el mayor peso de mil semillas con 4.08 g, y mayor diámetro de grano con 2.43 mm. Las progenies (SALxPAN 171), (SALxCOL 46) y (HUAxKCA 194) son las que presentaron mejores características agromorfológicas y las que mejor se adaptaron a las condiciones edafoclimáticas de la localidad.

Palabras clave: Cruzas simples, quinua, rendimiento, selección.



ABSTRACT

Quinoa is a crop of global importance due to its growing demand and one of the most relevant foods at a nutritional level that provides a high content of proteins and essential amino acids; Despite this, the production of quinoa in the Peruvian highlands is limited due to the lack of improved cultivars, which is why it is convenient to obtain high-yielding varieties, therefore, the research was carried out at the Camacani Experimental Center, of the Universidad Nacional del Altiplano Puno, in the 2019-2020 agricultural campaign, with the general objective of evaluating the yield and agromorphologically characterizing the best progenies of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) from distant and genetically close simple crosses, the samples were obtained at of the central furrows and the data analyzed by the SAS 9.0 software, the study was conducted under the Randomized Complete Block Design, with four repetitions, 64 experimental units (9 progeny, 5 parents and 2 controls), 16 variables were evaluated between agronomic and morphological, where the progeny (SALxPAN 171) obtained the highest yield with 6009.2kg/ha, followed by (SALxCOL 46) with 557 8.6kg/ha; Regarding earliness, the progeny (HUAxKCA 194) was the earliest with 161.5 days to physiological maturity; the progeny (SALxPAN 171) presented a larger panicle diameter with 94.82 mm and the progeny (HUAxKCA 194) presented a greater panicle length with 58.17 cm, with a harvest index of 49.35%, while the progeny (SALxCOL 46) presented the largest weight of a thousand seeds with 4.08 g, and greater grain diameter with 2.43 mm. The progenies (SALxPAN 171), (SALxCOL 46) and (HUAxKCA 194) are the ones that presented the best agromorphological characteristics and those that best adapted to the edaphoclimatic conditions of the locality.

Key words: Single crosses, quinoa, yield, selection.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), se presenta como una importante opción para contribuir a la seguridad alimentaria regional y mundial tanto por sus características nutricionales como por su versatilidad agronómica (Gómez y Aguilar, 2016); y posee características intrínsecas sobresalientes como una amplia variabilidad y adaptabilidad, una excelente calidad nutritiva siendo el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, además de poseer diversas formas de utilización y bajo costo de producción al ser un cultivo poco exigente (Vía y Fernández, 2015); es una de las especies domesticadas en los alrededores del lago Titicaca, entre Perú y Bolivia, siendo considerado como el centro de origen de la quinua, donde se conserva *In situ* diversidad de esta especie, como de sus parientes silvestres (Bazile y Santivañez, 2014);

Se ha estimado que la necesidad de alimentos se duplicará en los próximos 30 años, el Perú como muchos países de América Latina enfrentan graves problemas nutricionales como consecuencia del incremento de la población en forma permanente; este crecimiento demográfico, exige un incremento de la producción de alimentos para poder satisfacer las necesidades mínimas de nutrición, cada día aumenta la demanda y la población exige una mayor producción de quinua, pero las condiciones medioambientales de las zonas agroecológicas del altiplano se caracterizan por su gran variabilidad climática espacial y temporal, la presencia de factores abióticos como precipitaciones y variación de temperaturas, etc. que influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas, los niveles de producción y productividad de la quinua son variables dentro y entre las campañas agrícolas (Mujica *et al.*, 2013). En el Altiplano peruano, la problemática de producción del cultivo se debe a varios factores entre ellos que el cultivo esta conducido por pequeños



agricultores y en pequeñas parcelas sobre todo en la zona circunlacustre del lago Titicaca, que dan como resultado una baja productividad.

La quinua se presenta como una opción alimentaria importante, especialmente en la nutrición de la población infantil (Delgado *et al.*, 2009); y contienen una gran cantidad de polifenoles que le confiere una potente capacidad antioxidante (Abdelaleem *et al.*, 2021); este cultivo está ganando importancia mundial debido a su excelente calidad proteica y tolerancia al estrés abiótico (Wu *et al.*, 2016). Por otro lado la creciente popularidad de la quinua ha desencadenado una investigación intensiva en mejoramiento genético, agronómico y en ciencias alimentarias, para promover su producción y satisfacer la creciente demanda del mercado; también se investigan las características de procesamiento y las oportunidades de mercado (Kowalski *et al.*, 2016).

Considerando la amplia adaptación ecológica de la quinua, los beneficios de su cultivo por el precio de mercado y la formulación de sistemas de producción que permitan obtener rendimientos óptimos, se deben realizar propuestas que lleven al aprovechamiento de la quinua como cultivo para mejorar las condiciones de vida del agricultor, para ello es fundamental adaptar y evaluar los genotipos de quinua (Soto *et al.*, 2017); también presenta una variabilidad fenotípica para el color de las semillas y de los granos y las condiciones ambientales juegan un papel muy importante en los parámetros de calidad de la semilla como la germinación y el vigor (Hernández *et al.*, 2020).

La quinua es una alternativa viable para los países con inseguridad alimentaria en un mundo que enfrenta cada vez más desafíos climáticos y está destinado a alimentar a una población en crecimiento en términos de seguridad alimentaria y nutricional (Ruiz *et al.*, 2014). En ese sentido, esta investigación está orientada a la selección por rendimiento y caracterización agronómica de las mejores progenies de quinua en condiciones del altiplano, con estos resultados se busca variedades con mayores



rendimientos, de alta resistencia a factores abióticos y bióticos, así como adaptación a diferentes condiciones medio ambientales con menores costos de producción.

1.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar el rendimiento y caracterizar agromorfológicamente las mejores progenies de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruzas simples distantes y cercanas genéticamente en el Centro experimental Camacani de la UNA Puno.

1.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características agronómicas de las mejores progenies de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruzas simples distantes y cercanas genéticamente.
- Identificar las características morfológicas de las progenies de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruzas simples distantes y cercanas genéticamente.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.REFERENCIAS TEORICAS

2.1.1. Generalidades

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo andino de gran valor nutricional, económico potencial, y una amplia diversidad genética y fenotípica con adaptación a diferentes condiciones (Coronado *et al.*, 2021); es un cultivo pseudocereal y versátil con un potencial prometedor para cumplir la demanda mundial de alimentos, una especie nativa de los Andes con gran valor nutricional por su alto contenido en proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales (Jaikishun *et al.*, 2019); tiene un uso eficiente del agua, es tolerante a la baja humedad del suelo, amplia adaptación a diferentes climas, incluidos los desiertos (Bazile *et al.*, 2016).

En los últimos años el calentamiento global está teniendo efectos perjudiciales en el sistema agrícola, la columna vertebral de la seguridad alimentaria y la supervivencia de una población en crecimiento, y los efectos directos del calentamiento global incluyen la salinización del suelo, inundaciones y sequías, que conducirán a la degradación masiva de la vegetación y el suelo estructura (Field y Barros, 2014); y es una de las pocas especies que se desarrolla sin muchos inconvenientes en las condiciones extremas de clima y suelos (PROINPA, 2011); así mismo crece a grandes altitudes, donde las condiciones ambientales son adversas y los suelos tienen baja fertilidad, pero tiene una gran capacidad de adaptación a climas más favorables como los de la costa peruana. (Rojas, 2015). Es un cultivo alternativo muy importante para enfrentar los cambios ambientales negativos que están reduciendo el rendimiento y la calidad, y provocando inseguridad alimentaria durante las últimas décadas (Gomez *et al.*, 2019); y enfrenta un reto que está



estrechamente vinculado al mercado internacional, cuya demanda en expansión representa una alternativa económica importante para los pobladores de las zonas productoras (Gómez y Aguilar, 2016); de manera similar Chura *et al.* (2021), manifiestan que la quinua es una valiosa fuente de alimento que ha ganado importancia en muchos países del mundo; así mismo Manjarres *et al.* (2021), indican que los componentes de rendimiento son características de interés que han incrementado la productividad del cultivo de quinua en diferentes regiones del mundo.

2.1.2. Centro de origen de la quinua

La quinua es originaria de la región andina de América del Sur que muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí – Bolivia y Sicuani, Cusco – Perú (Mujica *et al.*, 2013); domesticado por primera vez en los países andinos hace más de 7000 años, y generaciones de agricultores han estado involucrados en la selección de quinua, lo que explica los altos niveles de diversidad genética que se encuentran en la actualidad (Bazile *et al.*, 2016).

2.1.3. Cultivo de quinua

La quinua es una planta dicotiledónea, considerada un grano andino, por las características del cultivo y formas de consumo, que ha pasado a ser de interés mundial en los últimos años, debido a su alta calidad nutritiva y de amplia adaptación ecológica (Ramírez *et al.*, 2016); siendo un cultivo en expansión, dada sus características nutritivas, medicinales y de adaptación a diferentes zonas agroecológicas (González *et al.*, 2012).

2.1.4. Importancia

La quinua es muy importante por sus características agronómicas y de fácil adaptabilidad ecológica a las condiciones ambientales adversas de la zona andina,



constituye una especie de alto potencial nutritivo para contribuir con la seguridad alimentaria en diversas regiones donde la población no tiene acceso a fuentes de proteína o donde las condiciones de producción son limitadas por factores como la escasa humedad o la baja disponibilidad de insumos, así mismo es el único grano que posee todos los aminoácidos esenciales para el organismo humano como lo son la leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina (Chávez *et al.*, 2017).

Otro aspecto importante es su capacidad de adaptación a diferentes condiciones de clima y suelo, tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos, por lo que se puede cultivar en zonas con humedades relativas desde 40% hasta 88% y soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C. así mismo, es eficiente en el uso del agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm (PROINPA, 2011).

2.1.5. Posición taxonómica

Según ITIS (2020), la quinua tiene la siguiente clasificación taxonómica.

Reino:	Plantae
Sub reino:	Viridiplantae
Infrareino:	Streptophyta
Superdivisión:	Embryophyta
División:	Tracheophyta
Subdivisión:	Spermatophytina
Clase:	Magnoliopsida
Superorden:	Caryophyllanae
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Género:	<i>Chenopodium</i> L.



Especie: *Chenopodium quinoa* Willd.

2.1.6. Descripción botánica de la planta

2.1.6.1. Raíz

Es pivotante, vigorosa, profunda, puede alcanzar hasta 1,80 cm de profundidad, bastante ramificada y fibrosa, lo cual le confiere resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta (Apaza *et al.*, 2013).

2.1.6.2. Tallo

Es cilíndrico en el cuello de la planta y angulosos a partir de las ramificaciones, de coloración variable desde el verde al rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color, verde rojo o púrpura (Apaza *et al.*, 2013).

2.1.6.3. Hojas

Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina, los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta. La lámina en la misma planta puede tener forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosas y tiernas, cubiertas por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés. La coloración de la hoja es muy variable va del verde al rojo con diferentes tonalidades (Apaza *et al.*, 2013).

2.1.6.4. Inflorescencia

Es una panoja típica, constituida por un eje central y ramificaciones secundarias, terciarias y pedicelos que sostienen a los glomérulos. El eje principal está más desarrollado que los secundarios, ésta puede ser laxa (amarantiforme) o compacta (glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas. La longitud de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y



condiciones de fertilidad de los suelos (Apaza *et al.*, 2013). Es una panoja con una longitud variable de 15 – 70 cm. Generalmente se encuentra en el ápice de la planta (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.6.5. Flores

Las flores son sésiles o pediceladas y están agrupadas en glomérulos. La posición del glomérulo en la inflorescencia y la posición de las flores dentro del glomérulo, determinan el tamaño y el número de los granos o frutos. Es una planta ginomonoica porque presenta dos tipos de flores en la misma planta; hermafroditas y pistiladas. Las flores hermafroditas se encuentran en el ápice del glomérulo y son más grandes que las pistiladas y las flores pistiladas se encuentran alrededor y debajo de las flores hermafroditas, con un porcentaje de cruzamiento de hasta 17%, aproximadamente (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.6.6. Fruto

El fruto es un aquenio, tiene forma cilíndrica- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro. Está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo, y contiene una sola semilla, de coloración variable, la cual se desprende con facilidad a la madurez (Apaza *et al.*, 2013). El fruto está constituido del pericarpio (capa externa del fruto) y la semilla. El pericarpio está adherido a las semillas (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.6.7. Semilla

Constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presentando tres partes bien definidas. En episperma se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos. El embrión: está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla, el cual envuelve al perisperma como un anillo. El



perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido principalmente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla (Apaza *et al.*, 2013). El color del pericarpio o capa del fruto y el color del epispermo o capa de las semillas puede ser diferente en la misma semilla (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.7. Fenología del cultivo de quinua

2.1.7.1. Emergencia

La primera estructura en emerger es la radícula la cual se alarga hacia abajo dentro del suelo y da inicio a la formación del sistema radicular. El hipocótilo sale de la semilla y crece hacia arriba y emerge llevando los cotiledones que se abren y se tornan verdes iniciando el proceso de fotosíntesis. En este estado puede haber daños de pájaros y podredumbre radicular. Se considera una fase crítica ya que es afectado por los estreses de agua y temperatura (Gómez y Aguilar, 2016); Esto ocurre de los seis días después de la siembra, en condiciones adecuadas de humedad (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.2. Dos hojas verdaderas

Se inicia con la aparición, entre las dos hojas cotiledonales, las hojas verdaderas extendidas que ya tienen forma romboidal y con nervaduras claramente distinguibles y se encuentran en botón foliar el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días de la siembra, mostrando un crecimiento rápido del sistema radicular (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.3. Cuatro hojas verdaderas

Es cuando se observa dos pares de hojas verdaderas completamente extendidas y aún se nota la presencia de las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice de la plántula e inicio de formación de botones en las



axilas del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase ya la planta tiene buena resistencia a la sequía y al frío (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.4. Seis hojas verdaderas

Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tornándose de color amarillento las hojas cotiledonales y algo flácidas, se notan ya las hojas axilares, desde el estado de formación de botones hasta el inicio de apertura de botones del ápice a la base de la plántula, esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota con mayor claridad la protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando se presentan bajas temperaturas, sequía y sobre todo al anochecer; durante el día en presencia de viento la plántula flamea (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.5. Ramificación

La ramificación se inicia con plantas con cinco pares de hojas verdaderas, por lo que se superpone con el desarrollo vegetativo y el desarrollo de botón floral. Las yemas formadas en las axilas de las primeras hojas se activan en forma secuencial; iniciándose con la yema axilar de la primera hoja y así sucesivamente, en esta etapa el área foliar se incrementa significativamente y se puede tener problemas con insectos de hijas y enfermedades foliares como el mildiu (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.7.6. Inicio de panojamiento

La inflorescencia va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas con bastantes cristales de oxalato de calcio, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes. Ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra así mismo se puede ver amarilla miento del primer par de hojas verdaderas y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.7. Panojamiento



La inflorescencia sobresale con mucha nitidez por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados sobre todo los apicales que corresponderán a las flores pistiladas. Esta etapa ocurre de los 65 a 70 días de la siembra; a partir de esta etapa se puede consumir las panojas tiernas como verdura (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.8. Floración

Esta fase se inicia con la apertura de las flores. Las flores hermafroditas y las pistiladas se abren al mismo tiempo y pueden observarse a simple vista, especialmente las flores hermafroditas con anteras amarillas intensas y brillantes. La apertura de las flores, en algunas variedades, se inicia en la flor hermafrodita del ápice del glomérulo y las flores localizadas en diferentes partes del glomérulo, en cualquier parte de la inflorescencia. En otras variedades, las flores se abren simultáneamente en diferentes glomérulos a lo largo de toda la panoja. Las flores permanecen abiertas durante 5 a 7 días en promedio y la máxima apertura ocurre entre las 10 a.m. y las 2:00 p.m. En general existe asincronía en la floración, que es un mecanismo importante para tolerar temperaturas extremas durante la floración y asegurar que parte de la inflorescencia pueda tener flores viables (Gómez y Aguilar, 2016). Esto ocurre de los 90 a 100 días de la siembra, esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C , debe observarse esta etapa al medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.9. Grano acuoso

Después de la fecundación los frutos formados empiezan a crecer y desarrollar. El crecimiento se evalúa considerando el tamaño y la proporción ocupada dentro del espacio formado por el perigonio sepaloide en 25%, 50%, 75% y 100%. Durante esta fase de crecimiento del grano, estos están llenos de una sustancia acuosa por lo que se denomina



a esta fase, “estado acuoso”. Se puede observar la formación de las partes constitutivas del fruto. La duración de este periodo es variable dependiendo de la variedad y del medio ambiente. A nivel de planta se observa la defoliación de hojas en la base de la planta y el cambio de intensidad de color de las inflorescencias (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.7.10. Grano lechoso

Esta fase se superpone con la del estado acuoso. Los granos formados y con un 100% de su tamaño empiezan a recibir fotosintatos de las hojas, y las partes verdes de las inflorescencias y la sustancia acuosa son reemplazadas con una sustancia lechosa, el color del fruto se diferencia al del perigonio sepaloide o envolturas florales y al de los ejes de la inflorescencia, el perigonio sepaloide se va abriendo a medida que el grano va engrosando, notándose los cinco tépalos separados, con apariencia de una estrella y donde se puede distinguir el color del pericarpio. En este estado se aprecia que el tercio superior de hojas está verde, en plena actividad fotosintética y que los 2/3 inferiores están empezando a decolorarse o en proceso de senescencia. El déficit de humedad y las temperaturas extremas pueden afectar significativamente el rendimiento (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.7.11. Grano pastoso

Los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco con apariencia de masa con una humedad aproximada de 45%. En esta fase la planta alcanza la madurez fisiológica. Se inicia un proceso de pérdida de humedad de los granos y la planta, hasta alcanzar la madurez de cosecha. Los frutos secos con una humedad aproximada de 20% pueden partirse fácilmente con la uña (estado rayable con la uña) y los granos con 12- 14% de humedad requieren ser partidos con los dientes (estado frágil bajo el diente). Estos porcentajes de humedad en los granos de quinua son similares a los



observados en los frutos de cereales (Gómez y Aguilar, 2016). Ocurre de los 130 a 160 días después de la siembra (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.7.12. Madurez fisiológica

Es la fase en la que la planta completa su madurez y se reconoce cuando los granos al ser presionados por las uñas presentan resistencia a la penetración, esto ocurre de los 160 a los 180 días después de la siembra, en esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido desde la floración hasta la madurez fisiológica, viene a constituir el periodo del llenado de grano (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.8. Requerimientos edafoclimáticos del cultivo

2.1.8.1. Suelo

La quinua puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelos, siendo los óptimos los de buen drenaje francos, semiprofundo con un alto contenido de materia orgánica. Se debe evitar suelos con problemas de anegamiento o inundación porque dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego a lo largo del ciclo propician la podredumbre radicular. Se puede encontrar variedades de quinua cultivadas en suelos con pH desde 4.5 (en los valles interandinos del Norte del Perú) hasta 9.0 (Altiplano Peruano Boliviano y los salares de Bolivia) (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.8.2. 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 Michiquillay y Cajamarca, Perú (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.8.3. Clima



La quinua por ser una planta muy plástica y tener 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 (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.8.4. Precipitación

El periodo de precipitación en la Región Andina va desde setiembre - octubre a mayo - junio. La precipitación anual total varía del siguiente modo: de 600 - 800 mm en los Andes Ecuatorianos, de 400 - 500 mm en los Andes Peruanos, de 500 - 800 mm en el Altiplano alrededor del Lago Titicaca, de 200 a 300 mm en el Altiplano sur de Bolivia. La quinua se cultiva dentro de un rango de precipitación de 300 mm a 1000 mm, se considera que el rango de precipitación óptima es de 500 a 800 mm (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.8.5. Temperatura

La quinua, por su alta variabilidad genética, se adapta a diferentes climas, desde aquellos calurosos y secos como el clima de la costa desértica, a aquellos templados lluviosos o secos de los valles interandinos y aquellos fríos y lluviosos o secos de la sierra alta y el altiplano. Las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 15 a 25°C. Puede tolerar las heladas y temperaturas altas durante las fases de desarrollo vegetativo y la formación de la inflorescencia y no desde la floración hasta el estado de grano pastoso. Tanto las bajas como las altas temperaturas originan esterilidad de polen y afectan el desarrollo y crecimiento de la planta (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.8.6. 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 período vegetativo y productivo (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.8.7. Fotoperiodo

Las variedades del Altiplano de Perú y Bolivia y las quinuas del nivel del mar son las de menor sensibilidad al fotoperiodo y son las que tienen menor longitud del ciclo a antesis. La duración del ciclo a antesis también está influenciada por la altitud sobre el nivel del mar de la zona de origen de la quinua. En el proceso de la introducción de las variedades de quinua a nuevas áreas, es importante considerar la zona de origen de las variedades, es decir la latitud y la altitud de donde proceden.(Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.8.8. Altitud

Históricamente la quinua se ha cultivado desde el nivel del mar hasta los 4 000 msnm, pero su mejor producción se consigue en el rango de 2.500 a 3.800 msnm con una precipitación pluvial anual entre 250 y 500 mm (Mamani y Zanabria, 2017).

2.1.9. Practicas agronómicas

2.1.9.1. Preparación del suelo

Esta actividad consiste en roturar con arado de vertederas o de rígido, luego proceder a mullir con una rastra de discos flexibles y cuando se este próximo a la siembra se procederá a desmenuzar el terreno, para ello se debe pasar una rastra cruzada y finalmente una niveladora o tablón de tal manera que el suelo quede bien nivelado y los terrones desmenuzados (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.9.2. Siembra

La siembra debe ser realizada inmediatamente después de ser concluida la preparación del suelo, de tal manera que las semillas dispondrán de humedad adecuada y



se reducirá la competencia con malezas; las semillas son pequeñas y deben ser sembradas cuidadosamente para lograr una buena germinación y establecimiento del cultivo (Gómez y Aguilar, 2016).

2.1.9.3. Abonamiento y fertilización

La quinua es una planta exigente en nutrientes, principalmente de nitrógeno, calcio, fósforo, potasio por lo cual requiere un buen abonamiento y fertilización adecuada, los niveles a utilizar dependerán de la riqueza y contenido de nutrientes del suelo donde se instalará la quinua. En general en la zona andina se recomienda la fórmula: 80-40-00 de NPK, en costa se recomienda una fórmula de fertilización de 200-200-80. En la zona andina se aplicará el nitrógeno fraccionado en dos partes, y en la costa en tres partes (siembra, deshierbo y floración respectivamente); mientras el fósforo y el potasio todo a la siembra, la aplicación de estiércol en las cantidades disponibles (Mujica *et al.*, 2001).

2.1.9.4. Desahíje y deshierbo

Si la siembra fue directa y hecha con semilla de calidad, puede ser que algunos campos tengan una alta cantidad de plántulas, por lo que es necesario realizar un desahíje o raleo que permitirá dar a las plántulas más espacio, nutrientes y aire para crecer (Gómez y Aguilar, 2016). Se recomienda realizar el primer deshierbo cuando la planta tenga 20 cm y el segundo antes de la floración (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.9.5. Aporque

Actividad necesaria para sostener a la planta sobre todo en los valles interandinos, evitando de este modo el tumbado de las plantas, así mismo le permite resistir los fuertes embates de los vientos, sobre todo en la zona de la costa, se recomienda un buen aporque antes de la floración y junto a la fertilización complementaria, lo que le permite un mayor enraizamiento y por lo tanto mayor estabilidad ante eventualidades como aniegos o fuertes vientos (Mujica *et al.*, 2013).



2.1.9.6. Riego

La quinua en la zona andina es cultivada solamente con las precipitaciones pluviales y es en forma excepcional su uso, el cual constituye un elemento complementario con la finalidad de suministrar humedad en épocas de sequía prolongada o para adelantar la siembra (Mamani y Zanabria, 2017).

2.1.9.7. Cosecha

La cosecha de quinua debe realizarse con la debida oportunidad no solo por las pérdidas por efectos adversos del clima y ataques de aves sino por el deterioro de la calidad del grano La quinua debe cosecharse cuando los granos hayan adquirido una consistencia tal que resistan a la presión de las uñas (Mujica *et al.*, 2013).

2.1.10. Valor nutritivo

La quinua es un alimento con alto contenido de proteínas y distribución equilibrada de aminoácidos esenciales que los cereales, se asemejan al valor biológico de las proteínas en la leche, supera los cereales en el nivel de lípidos, proteínas, fibras dietéticas, vitaminas B1, B2, B6, C, E y minerales, especialmente calcio, fósforo, hierro y zinc, además de presentar alta calidad nutricional, también se caracteriza al ser libre de gluten, característica que permite una mayor oferta y variedad de productos más nutritivos y productos alimenticios adecuados para pacientes celíacos, todo esto ha contribuido al aumento interés y popularidad de su uso entre las personas que buscan alimentos alternativos con alto contenido nutricional valor (Almeida y Sá, 2009).

El grano de quinua tiene un contenido de proteínas de hasta 22,8%, carbohidratos de hasta un 77,4%, grasas de hasta un 9,5% y un contenido de fibra de hasta 5,8%; el grano es más alto en proteínas, grasas y fibra, y más bajo en carbohidratos que la mayoría de los cereales; las proteínas principalmente albúminas y globulinas, que se encuentran en concentraciones más altas que las que se encuentran normalmente en los principales



cereales (trigo, arroz o maíz). Así mismo balance de aminoácidos (mayor contenido de histidina, lisina, isoleucina, metionina y cisteína) y el contenido de minerales (calcio, magnesio, fósforo, potasio y hierro) del grano de quinua son superior a la mayoría de los cereales (Fletcher, 2016).

2.1.11. Saponina

Las saponinas le confieren el sabor amargo a los granos de la quinua y forman espuma al ser lavados con agua (Gómez y Aguilar, 2016); así mismo son consideradas como un factor antinutricional de las semillas de quinua, que están presentes fundamentalmente en la cáscara y son las responsables del sabor amargo, su presencia permite distinguir las variedades de quinua como dulces ($< 0,11\%$) o amargas ($> 0,11\%$) (Gómez *et al.*, 2014); por otra parte, estudios de laboratorio han demostrado que las saponinas crudas obtenidas de la cáscara de la quinua pueden inhibir las bacterias patógenas orales (Sun *et al.*, 2019); además, la producción de saponinas en la quinua se puede regular controlando las condiciones de cultivo, por ejemplo, el estrés salino y la sequía disminuyen el contenido de saponinas en el grano en un 50% y 45% respectivamente y los resultados sugieren que el riego y la salinidad pueden regular la producción de compuestos bioactivos en la quinua, influyendo en sus valores nutricionales e industriales (Gómez *et al.*, 2012). Mientras que Bojanic (2011), afirma que el nivel máximo aceptable de saponina en la quinua para consumo humano oscila entre 0,06 y 0,12 por ciento.

2.1.12. Genitores de quinua

2.1.12.1. Salcedo INIA

Salcedo INIA fue liberado en la Región de Puno en el año 1995 por Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA Illpa Puno (INIA). El método de mejoramiento fue logrado a través de la cruce de las variedades Real Boliviana x Sajama en Puno mediante



el proceso de selección del material segregante, se realizó por el método masal genealógico en la EEA Illpa Puno, en 1983 (Apaza *et al.*, 2013).

2.1.12.2. Huariponcho

Es la variedad más resistente a las granizadas y heladas, fue descubierto en el distrito de Taraco, esta quinua es amarga y suele ser más defensiva frente al ataque de las aves, tiene una panoja gruesa es resistente a las granizadas (Reinoso y Paredes, 1998).

2.1.12.3. Kcancolla

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

2.1.12.4. Negra Collana

INIA 420 – Negra Collana fue liberado en la Región de Puno en el año 2008 por Instituto Nacional de Innovación Agraria, EEA Illpa Puno (INIA). El método de mejoramiento estuvo compuesto por 13 accesiones, comúnmente conocidos como “Quytu jiwras”, a partir de las accesiones que fueron recolectadas en 1978, de las localidades de Caritamaya del distrito de Acora (Apaza *et al.*, 2013).

2.1.12.5. Pandela Rosada

Proviene del altiplano sur de Bolivia, son precoces en ciclo vegetativo con 140 días, grano grande y amargo. Una desventaja de este genotipo es su alta susceptibilidad al mildiu, no es tolerante a las sequias y su grano una vez alcanzado su madurez fisiológica es de color marfil (Tapia, 2000).

2.1.13. Fitomejoramiento



Es la aplicación del conocimiento de la genética para la selección de plantas con características deseables, con un mayor rendimiento, tolerante a plagas, entre otros (Martínez *et al.*, 2017); es una estrategia de mejoramiento genético de las plantas en donde los diferentes actores de la cadena productiva (investigadores, agricultores, organizaciones y otros) trabajan juntos en el proceso de desarrollo de variedades para el fortalecimiento de los sistemas locales de semillas (Assefa *et al.*, 2014); de las principales especies de cultivos han sido y siguen siendo el poco de importantes investigaciones de fitomejoramiento asociada a procesos de conservación *ex situ* y la creación de diversidad genética ocurre a través de un proceso continuo en el campo por los que los agricultores están constantemente buscando introducir nueva genética material para evitar la baja productividad de sus variedades propias reproducidas cada año (Rojas *et al.*, 2014).

Es el principal proceso que transforma un componente de la biodiversidad en un proceso genético y finalmente en un producto con valor económico en el mercado moderno, mercado que actualmente exige alta calidad y producción con bajo costo. Su importancia, tanto real como estratégica, es enorme y su pérdida es una amenaza grave a mediano y largo plazo, para el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria del mundo (Cabrera, 2016).

2.1.14. Diversidad y variabilidad genética

Por diversidad genética se entiende la variación entre poblaciones de una especie más la variación dentro de las poblaciones que la integran, es decir, está constituida por todas las variaciones genéticas (medible) producto de la diferencia entre poblaciones pero sin confundir con variabilidad genética que es característica de poblaciones dentro de una especie (Frankham *et al.*, 2002); además, la amplia variabilidad genética ofrece la oportunidad de incorporar genes que no se encuentran en el germoplasma cultivado o que se hallan en frecuencias bajas.



Por tanto, el entendimiento de la diversidad genética de una especie cultivada permitirá manejarla, protegerla y utilizarla de manera óptima, por otra parte, es de vital importancia considerar el uso de la biotecnología como una herramienta capaz de acelerar el alcance de objetivos en los programas de mejoramiento mediante el estudio de ADN y otras técnicas, estudios que pueden ir desde la determinación del nivel de diversidad en un proceso de selección, hasta el estudio de genes específicos que controlan importantes características, tales como la resistencia a enfermedades, control genético de la producción de saponinas en el grano, o la comprensión de características más complejas como la tolerancia a sequía y/o salinidad (Fuentes *et al.*, 2009).

El conocimiento de la variabilidad genética juega un papel esencial en el mejoramiento genético de las especies vegetales, es así que actualmente la identificación de caracteres morfológicos, bioquímicos y moleculares permiten discriminar genotipos, determinar usos potenciales, formar colecciones núcleo, identificar duplicados en colecciones, así como también intercambiar datos y promover su utilización en programas de conservación y mejoramiento genético; la principal limitación es que el ambiente puede afectar la expresión del fenotipo y pese a ello, es importante considerarlos para poder ver el comportamiento en campo de la variabilidad (Morillo *et al.*, 2020).

2.1.15. Expresión de la variabilidad

Toda la variabilidad producida se almacena en el genoma, es decir, entre los miembros de la población que conforman la especie, y puede no expresarse en características que permitan ser identificadas. Por tanto, desde el punto de vista de su expresión, la variabilidad contenida en el genoma de una especie puede ser agrupada en dos grandes clases: uno, la que se expresa en características visibles y que conforman el fenotipo, y dos la que no se expresa en características visibles y que en general se refiere a los procesos o productos internos de la planta (Hidalgo, 2003).



2.1.16. Marcadores genéticos en estudios de diversidad

En los últimos años, los marcadores de ADN se han convertido en una herramienta complementaria importante para estudios de diversidad y mejoramiento genético de plantas capaz de acelerar el alcance de los objetivos de mejora (Fuentes *et al.*, 2009). Las técnicas moleculares permiten la evaluación de la variabilidad genética directamente a nivel de ADN por lo que el ambiente no afecta su expresión, no tienen efecto perjudicial sobre el fenotipo, son numerosos y pueden detectar variación alélica sin límites entre los genomas (Jiménez, 2006).

2.1.17. Distancia genética

La distancia genética mide el grado de diferenciación entre poblaciones de una misma especie o entre especies, pudiendo cuantificar esa diferencia mediante índices de distancias (Eguiarte *et al.*, 2010); las distancias genéticas nos dan una estimación relativa del tiempo que ha transcurrido desde que las poblaciones se han establecido; donde bajas estimaciones de distancia pueden indicar una subestructura de la población, o que las poblaciones se separaron desde un corto período de tiempo (Basastes, 2012); así mismo, cuando dos poblaciones están genéticamente aisladas, la mutación y la deriva genética contribuyen a la diferenciación de las frecuencias alélicas en locus selectivamente neutros; a medida que aumenta el tiempo de divergencia entre dos poblaciones, la diferencia en las frecuencias alélicas también aumenta (Eguiarte *et al.*, 2010).

2.1.18. Autofecundación

La técnica de la autofecundación en la quinua consiste en el aislamiento previo a la anthesis con el propósito de evitar la polinización cruzada (Mujica *et al.*, 2001). La autofecundación es el procedimiento imprescindible aplicado en la primera generación filial después del cruzamiento (F1) para obtener la población segregante F2. Por otra parte, la autofecundación es un procedimiento apropiado para la obtención de líneas puras



a partir de variedades y/o accesiones mezcladas y poblaciones segregantes (Mujica, 2006).

2.1.19. Hibridación

Según Vallejo y Estrada (2002), la hibridación es el proceso a través del cual se cruzan progenitores de diferente constitución genética, con el objeto de lograr la transferencia de características deseables (genes) entre los progenitores, la hibridación o cruzamiento es la principal estrategia para el mejoramiento genético de las especies autóгамas; a través de ella se logran formas cultivadas superiores a las existentes, que ofrece buenas perspectivas para lograr objetivos como alto rendimiento, tamaño de grano, resistencia a enfermedades y otros caracteres agronómicos importantes dichos caracteres se encuentran en diferentes razas o variedades; el análisis del comportamiento de estos factores, ligados a las diferentes razas de quinuas, muestra que las posibilidades de obtener por selección una nueva variedad con los caracteres deseados, son poco probables; para reunir en una sola variedad más caracteres favorables, hay que recurrir al cruzamiento de una o varias razas; las técnicas de cruzamientos en sí varían en cómo se lleva el procedimiento, aunque de forma general primero se debe realizar una castración de las flores que servirán como madres y luego hay que polinizar con los granos de polen que tienen características deseadas (Peterson *et al.*, 2015).

2.2.ANTECEDENTES

Según Mujica *et al.* (2013), la hibridación, es el punto de partida para la obtención de nuevas variedades de quinuas mejoradas genéticamente en un futuro, con características agronómicas requeridas por el productor, a través de cruza simples y dobles se obtendrán caracteres sobresalientes de quinua, de tal forma que se seleccionarán las mejores variedades, la selección de progenitores adecuados permitirá hibridar aquellos



que tengan menor similitud aquellas que sean más distantes genéticamente para obtener nuevas variedades mejoradas.

Dominguez (2014), Caracterizó la agromorfología de progenies autofecundadas S4, procedentes de cruzas simples, genéticamente distantes y cercanas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), que determino mediante el análisis de conglomerados de variabilidad fenotípica entre las progenies más distantes Pasankalla x Kcancolla y Huariponcho x Kcancolla con 0.696409, las más cercanas fueron: Salcedo INIA x Negra collana con 0.214359. Los caracteres con alto poder discriminante fueron número de días el 50% de madurez fisiologica, longitud de panoja.

Pinto (2014), Realizó la caracterización morfológica y agronómica de 22 progenies de cruzas simples de quinua, en el análisis de componentes principales, la distancia de cada crusa se obtiene según la contribución de cada vector, los caracteres referidos a hoja y altura representaron el 54,78%, para el segundo componente principal los caracteres referidos al fruto y panoja representaron el 69.39% de la variabilidad, en el tercer componente principal representaron el 42,67% de la variación total. Donde la crusa Chullpi rojo x Pasankalla registró la mayor longitud de panoja con 92.83 cm, la crusa Salcedo INIA x Pasankalla registró menor número de días a la madurez de cosecha con 138.75 días, la crusa Salcedo INIA x Negra Collana registró el mayor rendimiento de grano por planta con 53.10 g, con un menor número de semillas por gramo 373.50 semillas/g y mayor tamaño de grano 2.12 mm.

Choquechambi (2016), utilizó descriptores morfológicos de caracterización y evaluación con 40 características morfológicas y agronómicas, (21 cuantitativas y 19 cualitativas) mediante el uso de estadística descriptiva muestra los tres primeros, el 63% de variación total en seis cruzas de progenitores para las 40 variables explicativas. Con



análisis clúster, se observa que el progenitor femenino tiene mayor similitud o asociación con las cruzas, y sus caracteres, mencionando que las cruzas que tienen mayor asociación con el progenitor femenino, son Col x Kca, Hua x Kca, Sal x Col, Pas x Kca.

Flores (2017), ha caracterizado agrónomicamente las progenies autofecundadas S5, procedentes de cruzas simples, genéticamente distantes y cercanas; la cruz más precoz fue Negra Collana x Kcancolla (COLxKCA) con 83.55 días de floración y 178.99 días de madurez fisiológica, y el mejor rendimiento de Grano/planta presentó Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA) con 17 g, por lo tanto el mejor rendimiento en kg/ha con 5099.28 Kg, y la cruz Salcedo INIA x Huariponcho (SALxHUA) con 16.88 g y con un rendimiento de kg/ ha de 5064.71 kg. Las diferencias significativas entre los genotipos de quinua en esta investigación indican que la selección sería mucho más eficiente en un entorno distinto al altiplano que podría ser en la costa o valles interandinos.

Apaza (2018), en la selección de líneas de quinua, la cruz simple por hibridación de Huariponcho y Kcancolla presentó un periodo vegetativo de 183 días, con una altura de planta 64.23 cm y con un rendimiento de 4.10 t.ha-1. Las líneas sobresalientes son L22, L38, y L5 son las que presentaron características anheladas por agricultores y mejoradores, como son precoces y de alto rendimiento.

Veloza *et al.* (2016), evaluó las características morfológicas de desarrollo fenológico de tres accesiones de quinua Piartal, Nariño y Bolivia su estudio se realizó en el norte de Bogotá de los cuales sus resultados indicaron diferencia en rendimiento por planta, contenido de proteína, coloración del tallo, forma de panoja, y madurez fisiológica El promedio de rendimiento promedio fue 140,09 a 260,74g por planta; los mayores rendimientos presentaron la accesión Piartal que, a su vez, reveló el desarrollo fenológico más corto, de seis meses evaluadas mostraron alta homogeneidad. De manera similar



Chura *et al.* (2019), Realizo la investigación de Caracterización agronómicamente la progenie S5 auto fecundadas procedentes de cruzas simples distantes y cercanas trabajo con seis cruzas simples genéticamente distantes los cuales trabajo con las cruces, Huariponcho x Kancolla, Salcedo INIA x Huariponcho y Pasankalla x Kancolla, y tres cruces genéticamente cercanos, Salcedo INIA x Pandela, Negra Collana x Kancolla y Salcedo INIA x Negra Collana. Las semillas se obtuvieron de un programa de fitomejoramiento por hibridación y marcadores moleculares se utilizó las distancias genéticas para la generación de nuevos cultivares.

Barrientos (2020), ha logrado comparar el rendimiento de 18 progenies de quinua, de las cuales las progenies con mejores rendimientos fueron: Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171), Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30), Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37), Huariponcho x Kancolla 53 (HUAxKCA 53) y Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) con promedios de 10694.5, 7888.9, 7861, 7569.5 y 7125 kg/ha respectivamente. Así mismo las progenies con mayor índice de cosecha fueron Huariponcho x Kancolla 194 (HUAxKCA 194), Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171), Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) y Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37) con 39.7, 39.2, 39.2 y 37.6%.

Romero (2021), Caracterizó agromorfológicamente las líneas autofecundadas S10 de quinua procedentes de cruzas simples cercanas y distantes genéticamente, en el análisis de multivariado de variables dependientes e independientes, 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 Kancolla 174 con 6503 kg/ha; la línea con precocidad con menor periodo vegetativo Huariponcho x Kancolla 174 con 163.2 días, y Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 con 173.2 días.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El trabajo de investigación se ejecutó en el centro experimental Camacani, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, durante la campaña agrícola 2019 – 2020, ubicado a 25 Km sobre la carretera panamericana sur Puno Desaguadero, con las siguientes características:

3.1.1. Ubicación política

Región : Puno

Provincia : Puno

Distrito : Platería

3.1.2. Ubicación geográfica

Latitud sur : 15° 95' 23''

Longitud oeste : 69° 85' 87''

Altitud : 3865 m.s.n.m.

3.2. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo en la campaña agrícola 2019 – 2020, se inició con la siembra el 24 de octubre del 2019, finalizando con la cosecha 30 de abril del 2020.

3.3. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Los cultivos que antecedieron al presente trabajo fueron los siguientes:

Tabla N° 1: Antecedentes del campo experimental. (Campaña agrícola 2019-2020).

Campaña agrícola	Cultivo
2016-2017	Cultivo de tarwi
2017-2018	Cultivo de maíz
2018-2019	Cultivo de quinua

3.4. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

Para conocer las propiedades físico-químico del suelo, se tomaron cuatro sub muestras de diferentes puntos del área experimental a una profundidad de 30 cm, se realizaron muestreos en zigzag y las sub muestras fueron mezclaron uniformemente hasta obtener una muestra representativa de un kilogramo. Esta muestra se tomó antes de la instalación del experimento y fue analizada en el Laboratorio de “Suelos y Aguas” del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) Salcedo.

En la Tabla N°2, se muestra el análisis de fertilidad del campo experimental; presenta un suelo con textura franco y por consiguiente es un suelo de elevada productividad agrícola en virtud de su textura relativamente suelta, presenta un pH de 6.34 considerado como ligeramente ácido, este control es muy importante para la disponibilidad de los nutrientes de las plantas. La conductividad eléctrica mide la capacidad del suelo y según el análisis es de 0,48 mmhos/cm, se clasifica como muy ligeramente salino. Es bajo en el porcentaje de materia orgánica con 1,63%, por ende, la cantidad de nitrógeno en el suelo es bajo. El valor de fósforo de 7,08 ppm clasificado como medio y el valor del potasio de 103,60 ppm considerado como medio.

Tabla N° 2: Análisis físico-químico del suelo experimental. (Campaña agrícola 2019-2020).

Análisis de suelo	Resultados
pH	6.34
C.E. mmhos/cm	0.42
CO ₃ Ca (%)	0.0
M.O. (%)	1.63
P(fosforo) ppm	7.08
K (potasio) ppm	103.6
N (nitrógeno) %	0.05
Arena (%)	41.44
Limo (%)	47.28
Arcilla (%)	11.28
Clase textural	Fr
Al (meq/100g)	0.0

Fuente: Laboratorio de suelos y agua – INIA-Puno 2020.

3.5. CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

Para conocer las características ambientales, los datos meteorológicos de temperatura (máxima media y mínima), precipitación pluvial y humedad relativa (Campaña agrícola 2019-2020) se obtuvieron mediante el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) Puno-Perú.

Tabla N° 3: Temperatura promedio °C. (Campaña agrícola 2019-2020).

N°	Año	Mes	Temperatura (°C)		
			Máxima	Media	Mínima
1	2019	Setiembre	16.8	9.6	2.4
2	2019	Octubre	17.2	10.0	2.8
3	2019	Noviembre	16.9	10.9	4.9
4	2019	Diciembre	17.7	11.9	6.0
5	2020	Enero	16.7	10.9	5.1
6	2020	Febrero	16.1	11.1	6.0
7	2020	Marzo	16.2	11.0	5.8
8	2020	Abril	14.8	10.2	5.6
9	2020	Mayo	15.0	9.3	3.6

Fuente: SENAMHI 2019-2020.

En la Tabla N°3, se presenta la fluctuación de temperatura media máxima que se registró en el mes de diciembre con 17.7 °C, y la temperatura media mínima se registró durante el mes de setiembre con 2.4 °C. Según estos datos de temperatura durante el desarrollo del cultivo de quinua no se presentaron heladas considerándose un comportamiento regular de este parámetro meteorológico.

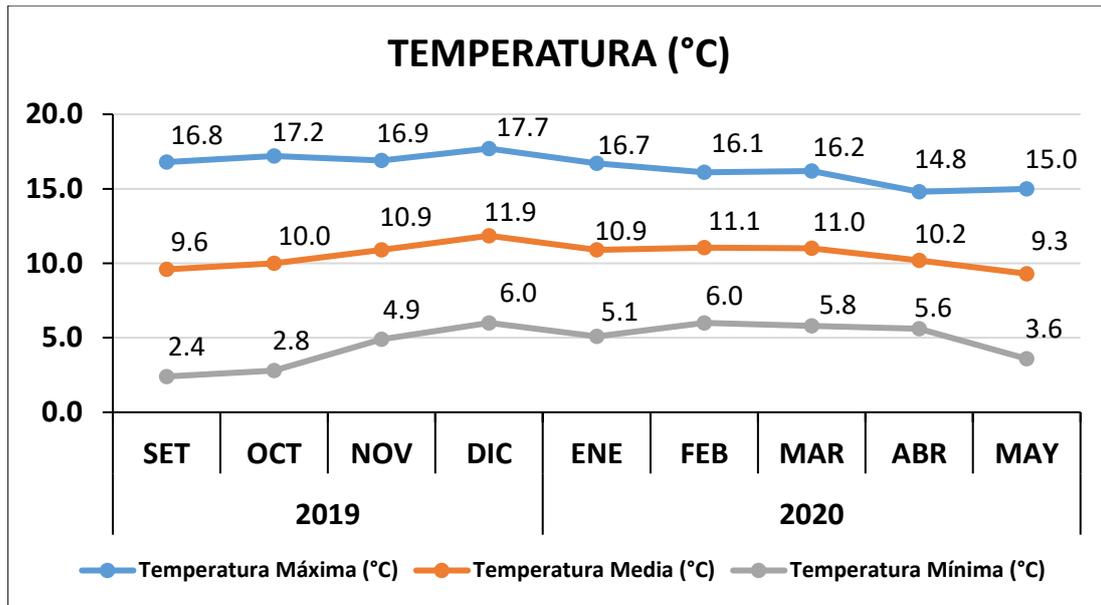


Figura N° 1: Comportamiento de Temperatura (Campaña agrícola 2019-2020).

En la Tabla N°4, se observa la distribución de las precipitaciones donde se puede apreciar que en el mes de febrero las precipitaciones superaron los 169 mm, mientras que en el mes de mayo las precipitaciones disminuyeron a 1.8 mm, coincidiendo con la cosecha, en donde se necesita que no haya precipitaciones. Además, se presenta la humedad relativa promedio mensual durante los meses de ejecución, la misma que en el mes de marzo superó el 84 % de humedad relativa y en el mes de mayo disminuyó a 44.8 % en promedio.

Tabla N° 4: Precipitación pluvial (mm) y humedad relativa (%). (Campaña agrícola 2019-2020).

N°	Año	Mes	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)
1	2019	Setiembre	29.6	72.5
2	2019	Octubre	51.4	72.4
3	2019	Noviembre	86.5	77.4
4	2019	Diciembre	71.4	80.0
5	2020	Enero	133.7	80.0
6	2020	Febrero	169.1	83.3
7	2020	Marzo	90.7	84.6
8	2020	Abril	15.2	60.3
9	2020	Mayo	1.8	44.8

Fuente: SENAMHI 2019-2020

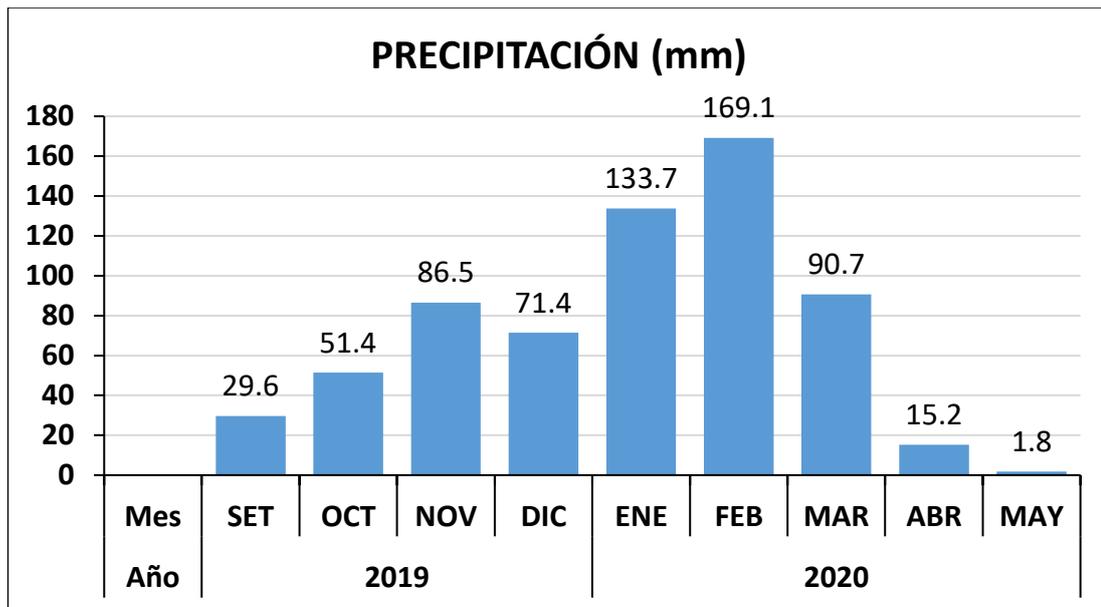


Figura N° 2: Comportamiento de la precipitación (Campaña agrícola 2019-2020).

3.6. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.6.1. Material genético

El programa de mejoramiento genético de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) busca una mayor variabilidad genética con la ayuda de la genética molecular en función a las distancias genéticas entre progenitores para facilitar la hibridación de esta especie, se utilizaron las variedades de Salcedo INIA, Huariponcho, Choclito, Chullpi rojo, Pasankalla, Negra Collana, Kancolla y Pandela rosada para determinar el valor de similitud genética y distancia genética en la Universidad Hohenheim-Alemania, que posteriormente dio resultado a nuevos cultivares que podrían ser lanzadas en un futuro como nuevas variedades de quinua, razón por la cual se utilizó como material biológico en la presente investigación las semillas del estudio de la campaña agrícola 2018-2019, propuestos por el programa mejoramiento genético utilizando nueve progenies de quinua como Huariponcho x Kancolla 53 (HUAxKCA 53), Huariponcho x Kancolla 174 (HUAxKCA 174), Huariponcho x Kancolla 194 (HUAxKCA 194), Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 (SALxPAN 58), Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165), Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171), 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). Asimismo, se trabajó con 5 genitores como Salcedo INIA (SAL), Huariponcho (HUA), Kcancolla (KCA), Negra Collana (COL), Pandela Rosada (PAN) y 2 testigos que fueron Altiplano (ATP) y Choclito (CHO).

Tabla N° 5: Progenies de quinua procedentes de cruzas simples y genitores. (Campaña agrícola 2019-2020).

Progenies	Genitores		Testigos
	Femenino	Masculino	
HUAxKCA 53	Huariponcho	Kcancolla	Altiplano
HUAxKCA 174	Huariponcho	Kcancolla	Choclito
HUAxKCA 194	Huariponcho	Kcancolla	
SALxPAN 58	Salcedo INIA	Pandela Rosada	
SALxPAN 165	Salcedo INIA	Pandela Rosada	
SALxPAN 171	Salcedo INIA	Pandela Rosada	
SALxCOL 30	Salcedo INIA	Negra Collana	
SALxCOL 37	Salcedo INIA	Negra Collana	
SALxCOL 46	Salcedo INIA	Negra Collana	

Fuente: Proyecto mejoramiento genético de quinua.

3.7. MATERIALES EQUIPOS, HERRAMIENTAS DE CAMPO

a) Materiales de campo

- Libro de campo
- Yeso
- Cordel
- Rafia
- Sobre manila
- Lápiz
- Etiquetas
- Sacos

b) Equipos de campo

- Balanza digital analítica
- Cámara fotográfica
- Tablet
- Calculadora
- Tractor agrícola con sus implementos de roturación, rastra surcadora.



c) Herramientas de campo

- Pala
- Picos
- Rastrillo
- Hoz
- Tijeras de podar
- Vernier
- Wincha métrica de 3.0 y 30.0 metros

e) Insumos

- Urea
- Fosfato di amónico

3.8. CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Tabla N° 6: Características del campo experimental. (Campaña agrícola 2019-2020).

Dimensiones del experimento	
Número de repeticiones	4
Longitud de surco	9 m
Ancho de surco	0.60 m
Área neta por parcela	27 m ²
Área neta por bloque	432 m ²
Área neta de experimento	1728 m ²
Área total del experimento	2125 m ²

3.9. POBLACIÓN MUESTRA DE ESTUDIO

La población se constituyó con cuatro repeticiones (9 progenies, 5 genitores y dos testigos), haciendo un total de 64 unidades experimentales, donde se consideró como muestra para las medidas 10 plantas por unidad experimental, recomendadas por Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF, y FIDA (2013). Así mismo para las medidas cuantitativas se registraron plantas tomadas al azar en competencia completa

(evitando plantas de bordura) y en las cualitativas en función al 50% de plantas de la población

3.10. TIPO DE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación es de tipo experimental que reúne variables como dependientes en función a las independientes; así mismo definida por Alban *et al.* (2020), en una investigación experimental se somete a un grupo de individuos en determinadas condiciones, tratamientos (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

3.11. VARIABLES DE ESTUDIO

Tabla N° 7: Variables de estudio evaluadas durante la investigación. (Campaña agrícola 2019-2020).

VARIABLES INDEPENDIENTES	VARIABLES DEPENDIENTES
Progenies	Agronómicas y morfológicas
Huariponcho x Kcancolla 53	Días hasta el 50% de floración (d)
Huariponcho x Kcancolla 174	Altura de planta (cm)
Huariponcho x Kcancolla 194	Diámetro de tallo (mm)
Salcedo INIA x Pandela Rosada 58	Longitud de panoja (cm)
Salcedo INIA x Pandela Rosada 165	Diámetro de panoja (mm)
Salcedo INIA x Pandela Rosada 171	Rendimiento de semilla por planta (g)
Salcedo INIA x Negra Collana 30	Rendimiento de semilla por Ha (kg)
Salcedo INIA x Negra Collana 37	Peso de mil semillas (g)
Salcedo INIA x Negra Collana 46	Diámetro de grano (mm)
Genitores	Índice de cosecha (%)
Salcedo INIA	Contenido de proteína (%)
Huariponcho	Efusión de saponina (%)
Kcancolla	Color de panoja en floración (escala)
Negra Collana	Forma de panoja
Pandela Rosada	Densidad de panoja
Testigos	Color de panoja en madurez (escala)
Altiplano INIA	
Choclito	

3.12. ANALISIS ESTADISTICO

En la presente investigación para el análisis de datos se utilizó el software estadístico SAS 9.0 (Statistical Analysis System), los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANVA), luego a una prueba de comparación de medias mediante la prueba Duncan ($P \leq 0.05$) para cada una de las variables estudiadas.

3.13. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para la distribución de los tratamientos en campo experimental, se utilizó el Diseño de Bloque Completamente al Azar (DBCA) con 16 tratamientos (9 progenies, 5 genitores y dos testigos) con 4 repeticiones; haciendo un total de 64 unidades experimentales, los análisis estadísticos se realizaron con la prueba de significación Duncan al 95% de probabilidad. Los datos obtenidos de las evaluaciones, fueron analizados por el análisis de varianza (ANVA) y la prueba para determinar diferencias entre progenies, genitores y testigos fue a través de la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) utilizando el software SAS 9.0.

El modelo aditivo lineal explica el valor de cada unidad experimental Y_{ijk} .

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, \dots, t$ (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$ (bloques)

Y_{ij} = Variable de respuesta observada en la unidad experimental que recibe el tratamiento “i” y está en el bloque “j”.

U = Media general

T_i = Es el efecto del i-ésimo Tratamiento.

B_j = Es el efecto del j-ésimo Bloque.



E_{ij} = Es el efecto del error experimental en el j – ésimo bloque que está sujeto al i ésimo tratamiento.

3.14. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

Para la evaluación de variables dependientes se tomaron como base la metodología de descriptores para la quinua y sus parientes silvestres, validados por Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF, y FIDA (2013), del género (*Chenopodium quinoa* Willd.), que consiste en la evaluación de 21 caracteres entre agronómicas y morfológicas de las progenies de quinua.

3.15. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA VARIABLES AGRONÓMICAS DEPENDIENTES

3.15.1. Altura de planta (cm)

Se evaluó en la madurez fisiológica del cultivo, la medida se realizó desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja con la ayuda de una cinta métrica, tomadas al azar 10 plantas centrales por unidad experimental (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).

3.15.2. Diámetro de tallo (mm)

La medida se realizó en la parte media del tercio inferior de la planta en la fase de madurez fisiológica con la ayuda de una regla vernier, tomadas al azar 10 plantas centrales por unidad experimental (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).

3.15.3. Longitud de panoja (cm)

La medida se realizó desde la base de la panoja hasta el ápice de la panoja en la fase de la madurez fisiológica utilizando una cinta métrica, tomadas al azar 10 plantas centrales por unidad experimental (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).



3.15.4. Diámetro de panoja (mm)

La medida se realizó en la parte media de la panoja en la fase de madurez fisiológica con la ayuda de una regla vernier, tomadas al azar 10 plantas centrales por unidad experimental (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).

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

En esta variable se tomó en cuenta los días desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan alcanzado el 50% de floración, mediante la observación de cada unidad experimental (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).

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

En esta variable se registró los días desde la siembra hasta el 50% de las plantas que hayan alcanzado la madurez fisiológica en cada unidad experimental (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).

3.15.7. Índice de cosecha (%)

Para determinar esta variable se utilizó los datos del peso grano entre peso biomasa por 100 ($PG/PB+PG*100$), propuesta por (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).

3.15.8. Peso de 1000 granos (g)

En esta variable se registró el peso de 1000 granos de semilla de quinua sin considerar el perigonio luego se pesó en una balanza analítica (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).

3.15.9. Diámetro de grano (mm)

En esta variable se registró el diámetro de grano con la ayuda de una regla vernier, en el que se tomó como muestra 20 granos de quinua (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).



3.15.10. Rendimiento por planta (g)

Al término de la experimentación se procedió a cosechar donde se escogieron 10 panojas al azar por unidad experimental, luego se realizó la trilla y limpieza de impurezas de cada panoja, posteriormente se pesaron todas las semillas obtenidas y la medida se registró en gramos por panoja (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).

3.15.11. Rendimiento (Kg/ha)

Se determinó en la etapa de madurez fisiológica donde se procedió a pesar el rendimiento de semilla por planta de cada unidad experimental para luego llevarlo a rendimiento por hectárea (Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA, 2013).

3.16. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN PARA LAS VARIABLES MORFOLÓGICAS DEPENDIENTES

3.16.1. Color de panoja en floración (escala)

Para esta variable se determinó en función a que el 50% de las plantas de una unidad experimental llegaran a la floración, luego se evaluó el color de panoja mediante la escala propuesto por Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013), descriptores para quinua y sus parientes silvestres.

3.16.2. Color de panoja en madurez fisiológica (escala)

Para esta variable se determinó en función a que el 50% de las plantas de una unidad experimental llegaran a la fase de la madurez fisiológica luego se evaluó el color de panoja mediante la escala propuesto por Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013), descriptores para quinua y sus parientes silvestres.



3.16.3. Forma de panoja (escala)

Esta variable se evaluó mediante la observación directa, identificando el tipo de forma de panoja (glomerulada, intermedia y amarantiforme), propuesto por Bioersity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013), descriptores para quinua y sus parientes silvestres.

3.16.4. Densidad de la panoja (escala)

Esta variable se evaluó mediante la observación directa, identificando el tipo de densidad de panoja (laxa, intermedia y compacta), propuesto por Bioersity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA (2013), descriptores para quinua y sus parientes silvestres.

3.17. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

3.17.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó en el mes de setiembre del año 2019. En Primera instancia se procedió a roturar el terreno, luego se pasó al rastrado hasta que este quede en condiciones óptimas para realizar el surcado y la siembra correspondiente de la quinua, pero antes de esta labor del surcado se procedió a la limpieza de rastrojos y piedrecillas un día previo de la siembra. El surcado se realizó a un distanciamiento de 0.60 m de acuerdo al diseño del experimento.

3.17.2. Siembra

La siembra se efectuó el 24 de octubre de 2019, para lo cual se prepararon sobres con 30 g de semilla para cada unidad experimental debidamente pesados e identificados. Se realizó la siembra directa en terreno húmedo que fue distribuida a chorro continuo a una profundidad de 2 cm.



3.17.3. Raleo

Esta labor se desarrolló con la finalidad de regular la densidad eliminando plantas amarillas débiles, pequeñas y plantas en exceso, dejando solo plantas vigorosas para favorecer el mejor crecimiento.

3.17.4. Control de malezas

Es una de las labores más importantes en toda la campaña del cultivo, se realizó con la finalidad de evitar la competencia de las malezas con el cultivo por los nutrientes, luz y agua. Según Quispe (2017), las malezas son perjudiciales produciendo una reducción significativa de rendimiento, dicho periodo puede variar según las condiciones ambientales. Se realizó dos deshierbes en las cuales se encontraron las siguientes malezas:

Tabla N° 8: Población de malezas que se presentaron en el experimento. (Campaña agrícola 2019-2020).

Nombre común	Nombre científico
Amor seco	<i>Bidens pilosa</i>
Nabo	<i>Brassica campestris</i>
Trébol Carretilla	<i>Medicago hispida</i>
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>
Aguja aguja	<i>Erodium cicutarium</i>

3.17.5. Fertilización

Durante el desarrollo de trabajo de investigación se utilizó el nivel de fertilización de 60-40-00 de N-P-K niveles que son recomendados para la zona andina. Los fertilizantes sintéticos aplicados fueron urea y fosfato di amónico. En el primer deshierbo se incorporó fosfato di amónico, en cuanto a la urea solo se incorporó el 50% en el primer deshierbe y el otro 50% se incorporó en el aporque. Los abonos orgánicos son ricos en micro y macro nutrientes, necesarios para obtener cultivos sanos libres de plagas y enfermedades.



3.17.6. Aporque

Se realizó dos aporques. El primer aporque se realizó, cuando las plantas alcanzaron 30 cm aproximadamente, el segundo aporque se realizó cuando las plantas alcanzaron aproximadamente 70 cm de altura, con la finalidad de controlar las malezas y para dar mayor estabilidad a las plantas de quinua, para evitar el tumbado por efectos del viento, el aporque se realizó en forma manual con la ayuda de un pico.

3.17.7. Control fitosanitario

En el experimento se presentaron las aves plaga en la etapa del llenado de granos que fueron de consideración y algunas plagas como las larvas de kona kona (*Eurysacca quinoae* Povolny) y el gusano cortador de plantas (*Agrotis ipsilon*). Estas plagas no fueron de incidencia importante, motivo por el cual no se aplicó ningún tipo de control. En cuanto a enfermedades se presentó el mildiu (*Peronospora variabilis* Gäum) durante la fase de floración, se observó manchas amarillentas pálidas cloróticas, esta fue la enfermedad de más importancia en el cultivo, para ello se tuvo que realizar el control químico con la aplicación del fungicida Ridomil 68WP (ingredientes activos: metalaxil-M + mancozeb), la dosis de aplicación fue de 150g/200 l. de agua.

3.17.8. Cosecha

Esta labor se realizó en forma escalonada a medida que los tratamientos alcanzaban la madures fisiológica y todo esto se realizó previa evaluación muestreando los surcos de cada tratamiento. Se cosecharon 20 plantas de los tres surcos centrales de cada unidad experimental. Se efectuó el corte de las plantas con la ayuda de la hoz, luego se expuso al sol para el secado y posteriormente fue trillado y venteado, finalmente fueron almacenados en sobres de manila respectivamente etiquetadas para su identificación.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZAR AGRONOMICAMENTE LAS PROGENIES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) PROCEDENTES DE CRUZAS SIMPLES DISTANTES Y CERCANAS GENÉTICAMENTE

4.1.1. Altura de planta

En la Tabla N° 9, se muestra el análisis de varianza para altura de planta, donde se observa que, entre bloques no existe diferencia estadística significativa, debido a que el suelo presenta uniformidad en la capa arable, pendiente y humedad, sin embargo para los tratamientos en estudio, si existe diferencia estadística altamente significativa, debido a la variabilidad genética que presentan las progenies en estudio, con un coeficiente de variabilidad de 7.29 %.

Tabla N° 9: Análisis de varianza (ANVA) para altura de planta en progenies de quinua (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	561.05922	187.0197	2.12	2.81	4.25	n.s.
TRAT	15	8749.20609	583.2804	6.62	1.89	2.46	**
ERROR	45	3963.24328	88.0721				
TOTAL	63	13273.50859					

C.V. = 7.29 %

En la Tabla N°10, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para altura de planta, donde la progenie Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165) obtuvo la mayor altura de planta con 136.8 cm, seguido de las progenies Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 (SALxPAN 58) y Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) que alcanzaron alturas de 136.4 y 135.8 cm respectivamente, así mismo el testigo Altiplano (ATP) y el genitor Salcedo INIA (SAL) alcanzaron alturas de 153.7 y 153.5 cm, mientras que los genitores Negra Collana (COL), Kcancolla (KCA) y

el testigo Choclito (CHO) alcanzaron menores alturas con 117.5, 117.4 y 113.9 cm respectivamente; esta variable es una de las características agronómicas que es expresado por el fenotipo de la planta bajo diferentes condiciones climáticas; según Spehar y Santos (2005), el rendimiento de grano se relaciona positivamente con la altura de planta; así mismo es muy dependiente del ambiente y de la interacción que el genotipo alcance con el mismo (Ruiz *et al.*, 2013).

Tabla N° 10: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para altura de planta. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	Media	Duncan
1	ATP	153.7	a
2	SAL	153.5	a
3	SALxPAN 165	136.8	b
4	SALxPAN 58	136.4	b
5	HUAxKCA 53	135.8	b
6	HUAxKCA 174	130.6	b c
7	HUAxKCA 194	130.4	b c
8	SALxCOL 37	125.2	b c d
9	SALxCOL 46	125.0	b c d
10	SALxPAN 171	123.4	b c d
11	HUA	122.5	b c d
12	PAN	118.9	c d
13	SALxCOL 30	118.4	c d
14	COL	117.5	c d
15	KCA	117.4	c d
16	CHO	113.9	d

Según Mina (2014), la altura de planta es una característica muy importante al estar relacionado con el grado de tolerancia al acame y en algunos casos con los tipos tardíos y arbustivos, puesto que en la actualidad se requieren plantas de tamaño mediano ya que son más manejables en agricultura intensiva y mecanizada; en el presente estudio se presentaron alturas entre 118.4 a 136.8 cm, dado que esta altura es variable de acuerdo con las variedades y el medio ecológico donde se cultiven como lo indica (Tapia, 2007); así mismo, en el estudio realizado por Romero (2021), en condiciones de Potojani-Puno, quien evaluó el mismo material genético, registró un promedio mayor de altura con 108 cm que obtuvo con la línea Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAxKCA 174), en cambio



en el estudio realizado por Barrientos (2020), con el mismo material genético registró un promedio mayor de altura con 174.93 y 146.28 cm, que obtuvo con la progenie Salcedo INIA x Huariponcho 33 (SALxHUA 33) en condiciones de Camacani e Illpa-Puno, mientras que Flores (2017), registró un promedio mayor de altura con 93.39 cm que obtuvo con la cruce Pasancalla x Kcancolla (PASxKCA); por consiguiente, estas diferencias en altura de planta pueden deberse principalmente a causa de las características genéticas que presenta cada progenie en estudio y así mismo en respuesta a las condiciones medioambientales, fertilidad de suelo y manejo agronómico realizado en cada campaña agrícola, además la mencionada variable es una característica propia de cada progenie, sin embargo, puede verse afectado por el clima, el manejo cultural y la susceptibilidad a plagas y enfermedades. Por otro lado Coronado *et al.* (2021), en su estudio de diversidad fenotípica registran promedios entre 43.3 a 131.5 cm de altura de planta, colaborando que la altura de planta está muy influenciada por las variables ambientales; mientras que Morillo *et al.* (2020), indican que la altura de planta se asocia positivamente con la longitud de inflorescencia, es decir que las líneas con mayor altura de planta también desarrollan panículas más largas, además indican que en los estudios realizados han demostrado que las alturas de la quinua en Colombia oscilan entre 70 y 180 cm. Según Campos (2018), la ventaja de tener una accesión con menor altura permite un mejor manejo de cosecha; así mismo en el estudio realizado por Fernández *et al.* (2019), de comportamiento agronómico de ocho genotipos de quinua en condiciones de Chachapoyas-Amazonas, registró los valores de altura de planta que variaron entre 91 a 195 cm, de forma similar Costa (2014), señala que las accesiones con mayores alturas, presentan un ciclo de madurez tardío y las plantas de menor altura presentan un ciclo más corto; en el estudio realizado por Rojas (2015) en condiciones de Huancavelica encontró promedios de altura de planta con 1.34 a 1.54 m, estos con la aplicación de diferentes

abonos orgánicos, resaltando que el uso de estiércol de vacuno permite una mejor rentabilidad en relación a los otros abonos orgánicos utilizados en el experimento; concluyendo en relación a los resultados mencionados que podrían deberse a los factores ambientales y factores edáficos donde se realizan dichos estudios o investigaciones.

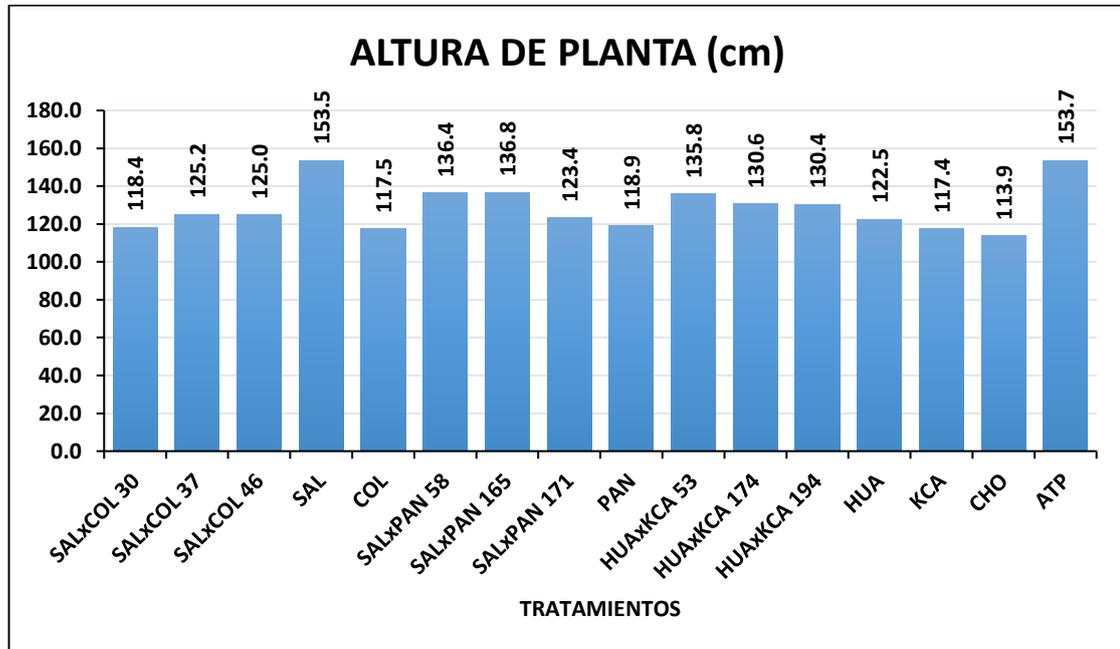


Figura N° 3: Comparación de altura de planta en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.2. Diámetro de tallo principal

En la Tabla N°11, se muestra el análisis de varianza para diámetro de tallo principal, donde se observa, que entre bloques no existe diferencia estadística significativa, así mismo se observa que entre tratamientos en estudio, no existe diferencia estadística significativa, presentando un coeficiente de variabilidad de 7.43 %.

Tabla N° 11: Análisis de varianza (ANVA) para diámetro de tallo principal. (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	5.13093	1.71031	1.59	2.81	4.25	n.s.
TRAT	15	24.67647	1.64510	1.53	1.89	2.46	n.s.
ERROR	45	48.34500	1.07433				
TOTAL	63	78.15240					

CV = 7.43 %.

En la Tabla N°12, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para diámetro de tallo principal a la madurez fisiológica, donde el mayor diámetro de tallo presentó la progenie Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) con 14.78 mm, seguido de la progenie Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 14.72 mm, así mismo el genitor Salcedo INIA (SAL) y el testigo Altiplano (ATP) registraron diámetros de 14.72 y 14.64 mm, mientras que los genitores Pandela Rosada (PAN) y Negra Collana (COL) registraron menores diámetros con 13.06 y 12.98 mm. Para esta variable Alegría y Benavides (1967), indican que se ve afectado por el distanciamiento entre surcos, es decir que a mayor distanciamiento o a una densidad baja el diámetro de tallo va a ser mayor que a una densidad alta o a un menor distanciamiento entre surcos. El mencionado cultivo tiene una excelente adaptabilidad a diversos pisos agroecológicos teniendo en cuenta su amplia variabilidad genética y esta diferencia en diámetro puede deberse principalmente a los distintos periodos vegetativos de cada una de las progenies, así como a su genotipo expresado en diferentes condiciones climáticas.

Tabla N° 12: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para diámetro de tallo principal. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamiento	Media	Duncan
1	SALxCOL 46	14.78	a
2	SALxPAN 171	14.72	a b
3	SAL	14.71	a b
4	ATP	14.64	a b
5	HUAxKCA 194	14.41	a b
6	HUAxKCA 53	14.31	a b
7	SALxCOL 37	14.30	a b
8	SALxCOL 30	14.05	a b
9	HUAxKCA 174	14.04	a b
10	SALxPAN 58	13.72	a b
11	SALxPAN 165	13.66	a b
12	HUA	13.32	a b
13	KCA	13.29	a b
14	CHO	13.15	a b
15	PAN	13.06	a b
16	COL	12.98	b



Los resultados obtenidos en este estudio son diferentes a los reportados por Romero (2021), en su investigación quien trabajó con el mismo material genético y en la misma campaña agrícola que el presente estudio, indica que la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) registró el mayor diámetro de tallo principal con 17.9 mm; así mismo Barrientos (2020), con el mismo material genético, reportó el promedio mayor de diámetro de tallo con 23.20 y 20.68 mm, que obtuvo con la progenie Salcedo INIA x Huariponcho 33 (SALxHUA 33) en condiciones de Camacani e Illpa respectivamente; mientras que Flores (2017), en su estudio quien evaluó el mismo material genético en similares condiciones medio ambientales, reportó el promedio mayor de diámetro con 14.49 mm, que obtuvo con la cruce Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA). Estas diferencias en diámetro de tallo pueden deberse principalmente a las condiciones ambientales que durante el desarrollo de este estudio oscilaron entre 2.4 y 17.7 °C, fertilidad del suelo y la capacidad de adaptación de cada progenie en estudio, del mismo modo puede deberse al manejo agronómico realizado en cada campaña agrícola; según Gómez y Aguilar (2016), el diámetro del tallo es variable con genotipos, espaciamiento de siembra, fertilización, condiciones de crecimiento, variando entre 1 a 8 cm de diámetro; por otro lado Chura *et al.* (2021), reportaron en su investigación un promedio mayor diámetro con 1,65 cm. y un de menor diámetro de tallo con 1,02 cm. En el estudio realizado por Fernández *et al.* (2019), de comportamiento agronómico de ocho genotipos de quinua en condiciones de Chachapoyas-Amazonas, registró los valores de diámetro de tallo que variaron entre 8.65 a 14.99 mm; mientras que Morillo *et al.* (2020), manifiestan que el diámetro del tallo y el peso seco por planta se correlacionan positivamente con el rendimiento de grano, así mismo mencionan que la selección de plantas de tallos gruesos, con un mayor número de inflorescencias y un alto peso seco sería beneficiosa en la producción para un alto rendimiento de grano en la quinua.

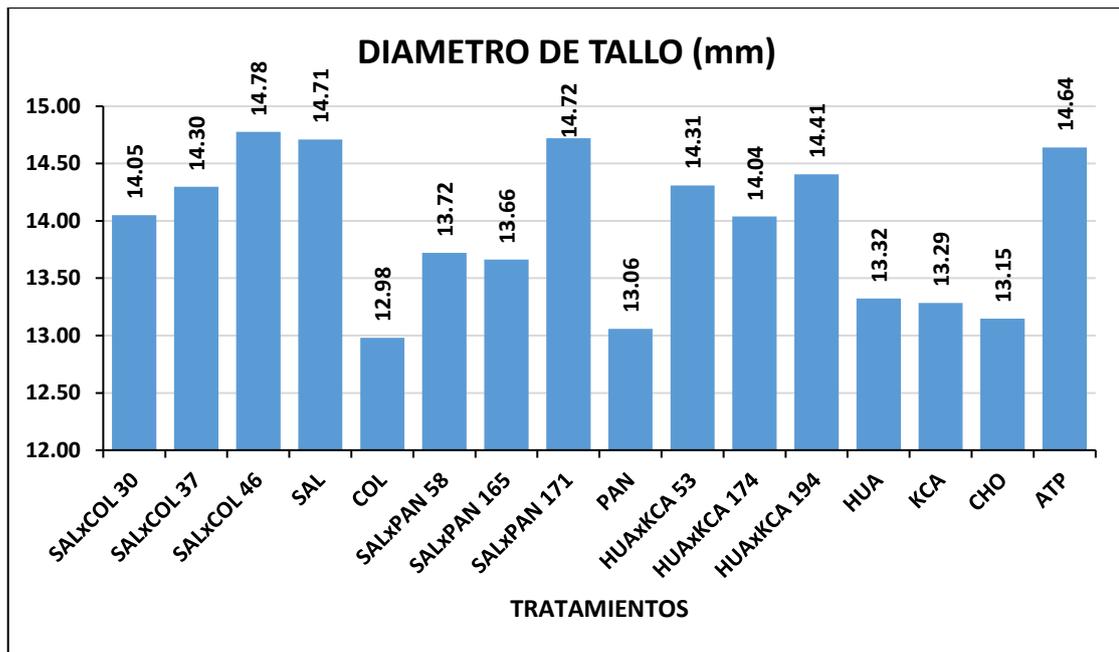


Figura N° 4: Comportamiento de diámetro de tallo principal en progenies, genitores y testigo (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.3. Longitud de panoja

En la Tabla N°13, se muestra el análisis de varianza para longitud de panoja, donde se observa que, entre bloques no existe diferencia estadística significativa, sin embargo para los tratamientos en estudio, si existe diferencia estadística altamente significativa, debido a la variabilidad genética que presentan las progenies en estudio, a su vez nos indica que por lo menos una progenie tiene longitud de panoja más grande que los demás, presentando un coeficiente de variabilidad de 4.16 %.

Tabla N° 13: Análisis de varianza (ANVA) para longitud de panoja. (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	15.68	5.23	1.27	2.81	4.25	n.s.
TRAT	15	1778.17	118.54	28.78	1.89	2.46	**
ERROR	45	185.35	4.12				
TOTAL	63	1979.20					

CV = 4.16 %.

En la Tabla N°14, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para longitud de panoja, donde la mayor longitud de panoja presentó la progenie Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAXKCA 194) con 58.17 cm, seguido de las



progenies Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAxKCA 174) y Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) con 55.42 y 55.34 cm, así mismo los genitores Huariponcho (HUA) y Negra Collana (COL) registraron longitudes de 53.84 y 51.34 cm, mientras que el genitor Pandela Rosada (PAN) y el testigo Altiplano (ATP) alcanzaron menores longitudes con 41.63 y 40.27 cm, por lo que el ambiente, el manejo cultural y el aspecto sanitario pueden tener un nivel de influencia en el tamaño final de panoja (Serrano, 2018).

Tabla N° 14: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para longitud de panoja. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	Media	Duncan
1	HUAxKCA 194	58.17	a
2	HUAxKCA 174	55.42	a b
3	HUAxKCA 53	55.34	a b
4	HUA	53.84	b c
5	SALxPAN 171	52.49	b c d
6	COL	51.34	c d
7	KCA	50.62	d
8	SALxPAN 58	50.40	d
9	SALxCOL 37	47.29	e
10	SALxPAN 165	46.78	e
11	SALxCOL 46	45.90	e
12	SALxCOL 30	44.91	e f
13	CHO	44.42	e f g
14	SAL	42.04	f g h
15	PAN	41.63	g h
16	ATP	40.27	h

Según García *et al.* (2019), la longitud de panoja depende de los procesos de crecimiento y diferenciación que ocurren en el meristemo apical; mientras que Temel y Keskin (2020), mencionan que esta variable está determinada por el genotipo, el tipo de inflorescencia y las condiciones de fertilidad del suelo, entre otros. En el estudio realizado por Romero (2021), con el mismo material genético, registró el promedio mayor de longitud de panoja con 56.1 cm, que obtuvo con la línea Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53), de manera similar Barrientos (2020), en su estudio reportó la mayor longitud de panoja con la progenie Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) con medias de 57.50 y 54.68 cm en las localidades de Camacani e Illpa respectivamente;



resultado similar se obtuvo en este estudio donde la mayor longitud de panoja presentó la progenie Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) con un promedio mayor de 58.17 cm, resultado que discrepa de los obtenidos por Flores (2017), con el mismo material genético en similares condiciones medio ambientales, registrando un promedio mayor de 28.45 cm que obtuvo con la cruce Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA); además se puede concluir que en el comportamiento de las líneas, los factores climáticos en cada campaña agrícola, influyeron directamente sobre el desarrollo del cultivo. Por otro lado Coronado *et al.* (2021) en su investigación registraron panículas entre 12 y 45,6 cm de longitud, del mismo modo manifiestan que dicha variable esta correlacionado con el diámetro de panoja y la altura de planta; mientras que Manjarres *et al.* (2021), en su estudio de caracterización de los componentes de rendimiento y selección de materiales, mencionaron que el material genético con una panícula más larga de 72.44 cm, registró un menor rendimiento medio, mientras que el material genético con una panícula más corta de 39 cm, obtuvo un mayor rendimiento medio, posiblemente esta variación de rendimiento se debe a la precocidad y densidad de panoja que presentaron los genotipos. Del mismo modo Delgado *et al.* (2009), manifiesta que existe una relación positiva entre las variables longitud de panoja y altura de planta, lo cual indica que la altura de planta contribuye al incremento de longitud de panoja. Por otro lado Guerrero *et al.* (2008), indican que la longitud de panoja es muy variable, encontrándose longitudes desde los 15 cm hasta los 70 cm, siendo la panoja de alta variabilidad según el genotipo, de manera similar Mujica *et al.* (2013), menciona que la longitud de panícula es variable, dependiendo del genotipo, tipo de panícula, lugar donde se desarrolla, distancia, densidad y condiciones de fertilidad del suelo. En el estudio realizado por Fernández *et al.* (2019), de comportamiento agronómico de ocho genotipos de quinua en condiciones de

Chachapoyas-Amazonas, registraron valores de longitud de panoja variaron entre 31.3 a 60.1 cm.

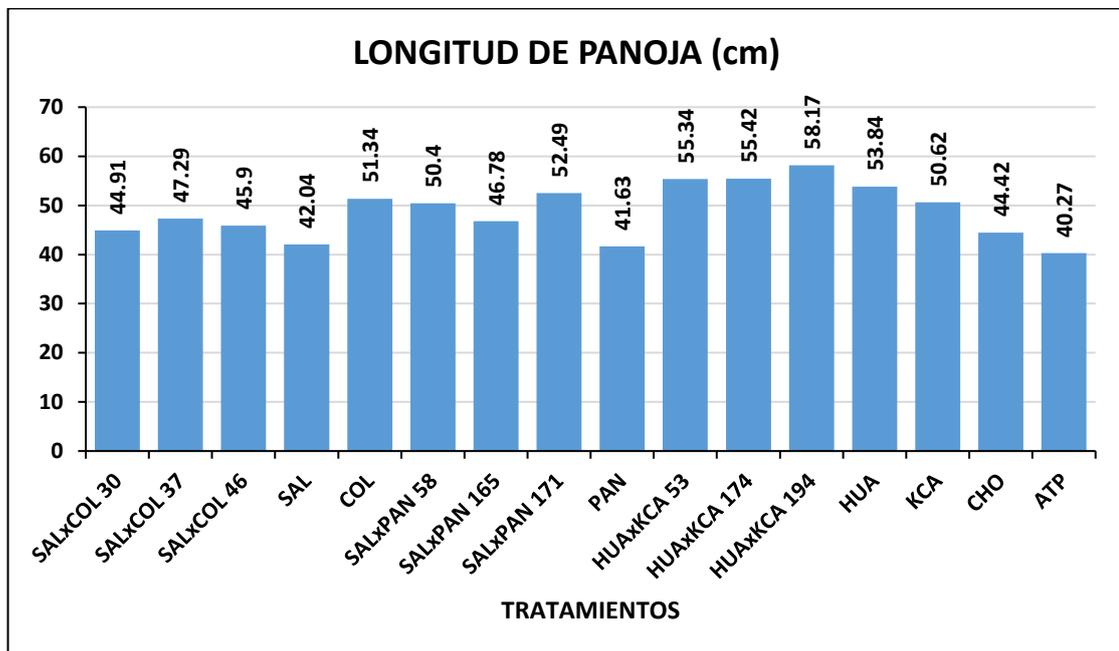


Figura N° 5: Comportamiento de longitud de panoja en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.4. Diámetro de panoja

En la Tabla N°15, se muestra el análisis de varianza para la variable diámetro de panoja, donde se observa que, entre bloques no existe diferencia estadística significativa, debido a que la densidad de plantas por parcela han sido homogéneas, sin embargo entre tratamientos en estudio, si existe una diferencia estadística altamente significativa, esto debido a las características genéticas que presenta cada progenie de quinua en estudio, con un coeficiente de variabilidad de 8.96 %.

Tabla N° 15: Análisis de varianza (ANVA) para diámetro de panoja. (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	443.08419	147.69473	2.76	2.81	4.25	n.s.
TRAT	15	5915.04053	394.33604	7.38	1.89	2.46	**
ERROR	45	2404.98904	53.44420				
TOTAL	63	8763.11376					

CV = 8.96 %.

En la Tabla N°16, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para diámetro de panoja a la madurez fisiológica, el mayor diámetro de panoja presentó la progenie Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 94.82 mm, seguido de las progenes Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46), Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37) y Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165) con 94.75, 92.99 y 91.56 mm respectivamente, así mismo el genitor Salcedo INIA (SAL) y el testigo Altiplano (ATP) registraron 93.37 y 86.74 mm, mientras que los genitores Huariponcho (HUA) y Negra Collana (COL) registraron menores diámetros con 71.37 y 66.31 mm, se colabora que los rendimientos de semilla están relacionados directamente con el diámetro y longitud de panoja, así mismo Mujica *et al.* (2013), señala que uno de los objetivos de mejoramiento genético en quinua debe ser precisamente mejorar la arquitectura de planta con una alta eficiencia productiva con panojas grandes y anchas, tallos gruesos y plantas de alturas medianos.

Tabla N° 16: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para diámetro de panoja. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	Media	Duncan
1	SALxPAN 171	94.82	a
2	SALxCOL 46	94.75	a
3	SAL	93.37	a
4	SALxCOL 37	92.99	a
5	SALxPAN 165	91.56	a
6	ATP	86.74	a b
7	SALxPAN 58	84.42	a b c
8	SALxCOL 30	83.49	a b c d
9	HUAxKCA 194	78.87	b c d e
10	HUAxKCA 174	77.53	b c d e f
11	HUAxKCA 53	75.06	b c d e f
12	PAN	72.71	c d e f
13	KCA	72.22	d e f
14	HUA	71.37	e f
15	CHO	69.22	e f
16	COL	66.31	f



Según Serrano (2018), el diámetro de panoja está en función a las condiciones ambientales y las densidades manejadas. Los resultados obtenidos en esta investigación son diferentes a los obtenidos por Romero (2021), con el mismo material genético quien registró un promedio mayor de diámetro con 67.4 mm, que obtuvo con la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165), mientras que Barrientos (2020), en su estudio de rendimiento y evaluación agromorfológica de 18 progenies, con el mismo material genético registró un promedio mayor de diámetro con 100.2 mm que obtuvo con la progenie Salcedo INIA x Huariponcho 33 (SALxHUA 33) en condiciones de Camacani-Puno, por otro lado Flores (2017), en su investigación de caracterización agronómica y variabilidad genética evaluó el mismo material genético en similares condiciones ambientales que el presente estudio, reportando un promedio mayor de diámetro de panoja con 87.3 mm que obtuvo con la cruce Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA), resultado similar fue encontrado por Apaza (2018), en su estudio de selección de líneas a partir de autofecundaciones S5, quien registró el mayor diámetro de panoja con 72 mm, que obtuvo con línea Pasankalla x Kcancolla (PASxKCA), Estas diferencias en diámetro de panoja pueden deberse principalmente a las condiciones ambientales, fertilidad del suelo y al manejo agronómico realizado en cada campaña agrícola. Por otro lado Coronado *et al.* (2021), en su estudio de diversidad fenotípica de características agromorfológicas, reportaron promedios entre 75 a 382 mm en 50 genotipos de quinua en Colombia; así mismo en el estudio realizado por Manjarres *et al.* (2021), reportaron promedios de diámetro que oscilaron entre 20 a 35.44 cm. Rojas (2018), en su estudio con 100 accesiones de quinua, en condiciones de Ayacucho (3320 msnm), reportó diámetros entre 26.5 y 122.5 mm; además, según Hussain *et al.* (2020), los estudios han demostrado una fuerte correlación entre el diámetro de panícula y el rendimiento colaboradas por Coronado *et al.* (2021), quienes evaluaron genotipos de

quinua reportando una fuerte correlación entre altura de planta, longitud y diámetro de panoja. Al respecto Tapia (2000), señala que para la clasificación del material genético de quinua, se debe considerar el tamaño de la panoja (diámetro y longitud), aunque por la existencia de muchos genotipos, puede variar y crear un sistema muy complejo de clasificación.

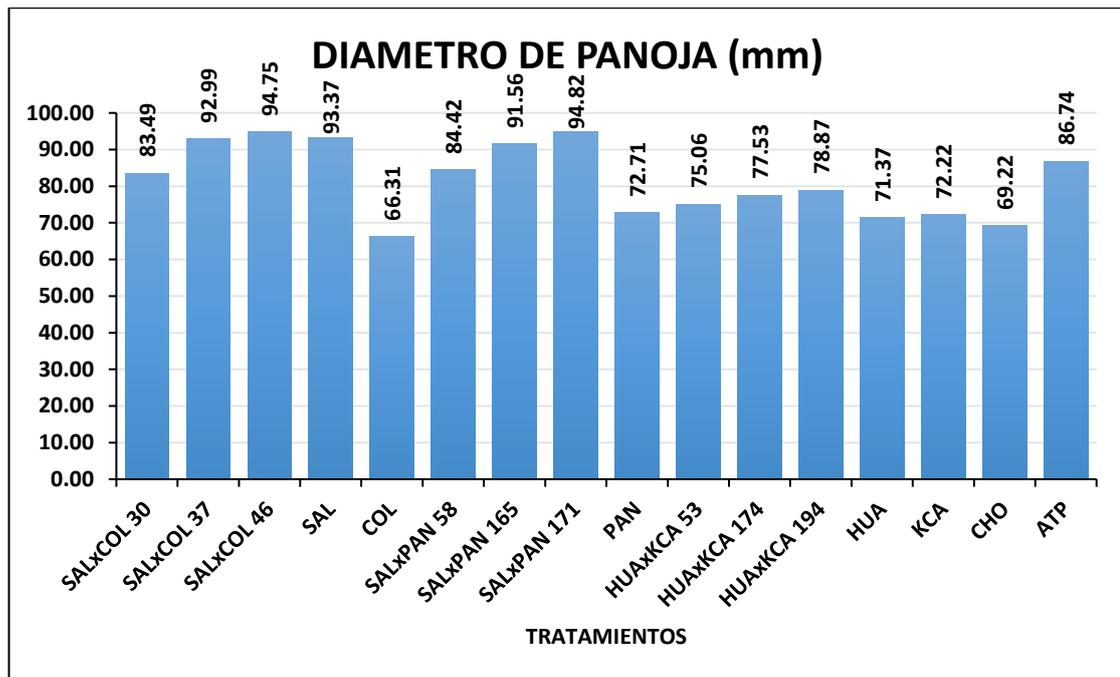


Figura N° 6: Comportamiento de diámetro de panoja en progenies, genitores y testigo (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.5. Días a la floración

En la Tabla N°17, se muestra el análisis de varianza para la variable número de días al 50% de floración, donde se observa que, entre bloques no hay diferencia estadística significativa, debido a la homogeneidad de las condiciones ambientales y suelo, sin embargo para los tratamientos en estudio, si existe diferencia estadística altamente significativa, esto debido a las características genéticas que presenta cada progenie en estudio, haciendo variar el número de días al 50% de floración entre las progenies de quinua, con un coeficiente de variabilidad de 0.84 %.

Tabla N°17: Análisis de varianza (ANVA) para el número de días hasta el 50% de floración. (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	0.875	0.29167	0.54	2.81	4.25	n.s
TRAT	15	1447	96.46667	179.94	1.89	2.46	**
ERROR	45	24.125	0.53611				
TOTAL	63	1472					

CV = 0.84 %.

En la Tabla N°18, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para la variable número de días transcurridos desde la siembra hasta la fase del 50 % de floración, donde la progenie Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) con 83.5 días alcanzó al 50 % de floración en menor número de días, seguido de las progenies Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) y Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAxKCA 174) con 84.3 y 84.8 días, así mismo los genitores Pandela Rosada (PAN) con 75.5 y Huariponcho (HUA) con 82.8 días alcanzaron al 50% de floración, mientras que el testigo Altiplano (ATP) y el genitor Salcedo INIA (SAL) tardaron 95.3 días al 50 % de floración.

Tabla N° 18: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para el número de días al 50% de floracion. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	Media	Duncan			
1	SAL	95.3	a			
2	ATP	95.3	a			
3	SALxPAN 58	91.0	b			
4	SALxPAN 165	91.0	b			
5	SALxPAN 171	90.0	b	c		
6	COL	89.5		c	d	
7	SALxCOL 37	88.8		d	e	
8	SALxCOL 46	88.3			e	
9	SALxCOL 30	88.0			e	
10	CHO	86.3			f	
11	KCA	86.0			f	
12	HUAxKCA 174	84.8				g
13	HUAxKCA 53	84.3				g h
14	HUAxKCA 194	83.5				h i
15	HUA	82.8				i
16	PAN	75.5				j



Para las evaluaciones de esta variable se esperó a que el 50 % de las flores de la inflorescencia estuvieran abiertas. En el estudio realizado por Romero (2021), con el mismo material genético, registró a la línea Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) con menor número de días a la floración con 90.5 días, así mismo Flores (2017), en su estudio en similares condiciones ambientales, reportó a la cruza Negra Collana x Kcancolla (COLxKCA) con 83.55 días, de manera similar Choquechambi (2016), en su investigación con la cruza Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA) reportó 94 días a la floración, de la misma manera Barrientos (2020), en su investigación quien evaluó el mismo material genético reportó a la progenie Negra Collana x Kcancolla 14 (COLxKCA 14) con menor número de días a la floración con 85.3 días, Por otro lado Mina (2014) en su estudio evaluó líneas F5 de quinua en la serranía de Ecuador menciona que la floración ocurre entre 61 hasta 76 días después de la siembra. Según FAO *et al.* (2012), la floración comienza entre los 60 y 120 días después de la siembra lo cual concuerda con este estudio. Además, estos resultados muestran que las condiciones ambientales son decisivas en la manifestación de la precocidad; lo cual concuerda con el estudio realizado por Manjarres *et al.* (2021), manifestando que los días de floración estuvieron entre 68 y 121 días, así mismo en el estudio realizado por Fernández *et al.* (2019), de comportamiento agronómico de ocho genotipos de quinua en condiciones de Chachapoyas-Amazonas, en cuanto al número de días transcurridos desde la siembra a la fase de floración, los valores variaron entre 57 a 79 días.

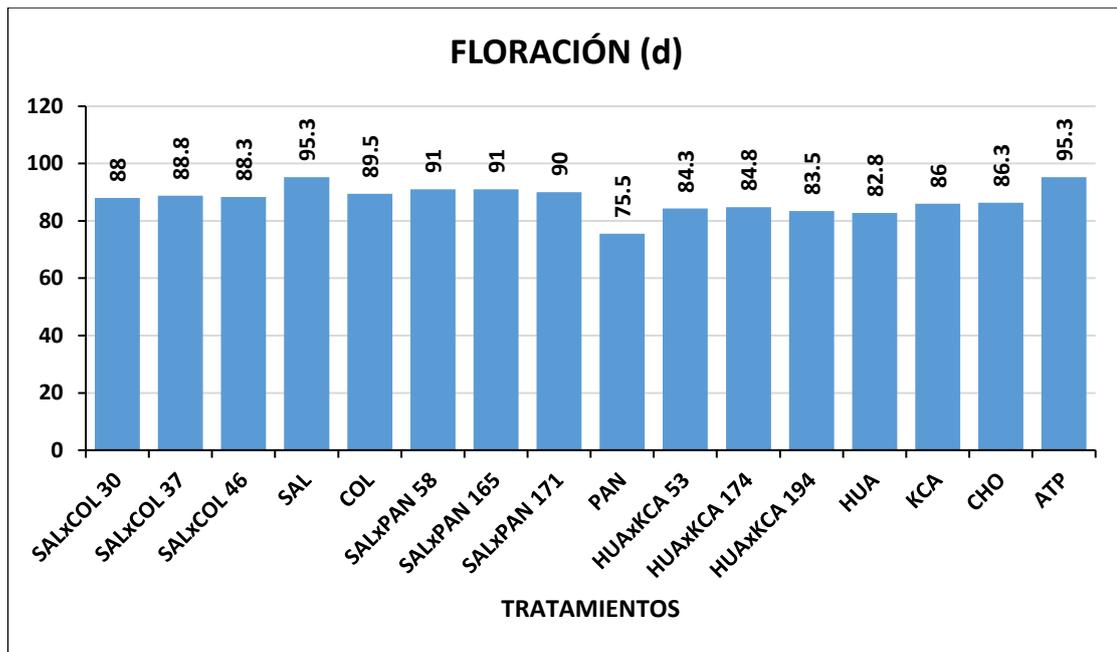


Figura N° 7: Número de días al 50% de floración en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.6. Madurez fisiológica

En la Tabla N°19, se muestra el análisis de varianza para la variable número de días a la madurez fisiológica, donde se observa que, entre bloques no existe diferencia estadística significativa, debido a la homogeneidad de las condiciones ambientales y suelo, sin embargo, para los tratamientos en estudio, si existe diferencia estadística altamente significativa, esto debido a las características genéticas que presenta cada progenie en estudio. El coeficiente de variabilidad de 0.70% es considerando según la escala de calificación como muy bajo indicando que dentro de cada tratamiento en estudio el número de días a la madurez fisiológica de las progenies de quinua es muy homogéneo.

Tabla N° 19: Análisis de varianza (ANVA) para madurez fisiológica. (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	0.6875	0.22917	0.16	2.81	4.25	n.s.
TRAT	15	6419.4375	427.96250	304.18	1.89	2.46	**
ERROR	45	63.3125	1.40694				
TOTAL	63	6483.4375					

CV = 0.70 %.

En la Tabla N°20, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para madurez fisiológica, donde los valores variaron entre 144 a 189.3 días a la madurez fisiológica, la progenies Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) y Huariponcho x Kcancolla 53 (HUAxKCA 53) registraron menor número de días a la madurez fisiológica con 161.5 y 162.8 días siendo las progenies más precoces, así mismo los genitores Pandela Rosada (PAN) y Huariponcho (HUA) alcanzaron con 144 y 159.8 días a la madurez fisiológica, mientras que el testigo Altiplano INIA (ATP) y el genitor Salcedo INIA (SAL) registraron 185.3 y 189.3 días a la madurez fisiológica siendo las más tardías en esta investigación. Las progenies fueron calificadas según los días a la cosecha, obtenidos utilizando para esto 3 rangos, donde las progenies cosechadas entre los 145 a 160 días obtienen una calificación de precoces, las progenies que están dentro del rango de 160 a 170 días se denominan semi-tardías y finalmente las progenies que tienen más de 170 días se denominan tardías, esto basado en los rangos de ciclo de cultivo propuesto por Peralta *et al.* (2009).

Tabla N° 20: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para madurez fisiológica. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	Media	Duncan
1	SAL	189.3	a
2	ATP	185.3	b
3	SALxPAN 165	173.8	c
4	COL	173.5	c
5	SALxPAN 58	172.0	c d
6	SALxPAN 171	171.5	d
7	CHO	170.3	d
8	SALxCOL 37	168.5	e
9	SALxCOL 30	168.3	e
10	SALxCOL 46	168.0	e
11	HUAxKCA 174	163.3	f
12	KCA	163.0	f
13	HUAxKCA 53	162.8	f
14	HUAxKCA 194	161.5	f
15	HUA	159.8	g
16	PAN	144.0	h



El amplio rango de variación en días a la madurez fisiológica se debe a la diversidad genética que presentan las variedades de quinua (PROINPA, 2015). El material estudiado tuvo un rango de maduración entre 144 a 189.3 días, donde la progenie Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) registró un menor número de días a la madurez fisiológica con 161.5 días, resultados que son similares a los obtenidos por Romero (2021), en su estudio con el mismo material genético y en similares condiciones medioambientales, registrando un rango de maduración entre 144.5 a 193.8 días, donde la línea con menor número de días a la madurez fisiológica fue Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAxKCA 174) con 163.2 días; sin embargo Barrientos (2020), en su estudio, la progenie Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) registró el menor número de días a la madurez fisiológica con 174.5 días en condiciones de Illpa; de manera similar Flores (2017), en su estudio registró 177.5 días a la madurez fisiológica que obtuvo con la cruce Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA). Así mismo es importante resaltar que el 66.7 % de las progenies evaluadas en el presente estudio mostraron un ciclo de cultivo intermedio donde se pueden considerar como promisorios ya que se alcanzó el objetivo de reducir el ciclo del cultivo y el 33.3 % de las progenies mostraron un ciclo de cultivo tardío, esto según los rangos de ciclo de cultivo propuesto por Peralta *et al.* (2009). A su vez Rojas y Pinto (2013), mencionan que esta característica es muy dependiente del genotipo y el amplio rango de variación del ciclo vegetativo que es alentador para la adaptación del cultivo a la variabilidad del clima y cambio climático. Según Tejada (2020), en su estudio de nueva variedad de quinua para la sierra norte del Perú, los genotipos procedentes de la sierra sur fueron más precoces, mientras que los genotipos de la sierra central tuvieron mayor periodo vegetativo siendo de ciclo medio; estos resultados son colaborados por Gabriel *et al.* (2012), quienes al evaluar 36 cultivares en Bolivia hallaron que las quinuas más precoces eran las procedentes del Altiplano del

departamento de La Paz (sobre los 3800 msnm) y las más tardías, del valle Alto de Cochabamba (2550 a 2800 msnm). Según Ramírez *et al.* (2016), en su estudio de respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua, las accesiones más precoces presentaron 180 días a la madurez, mientras que las accesiones tardías presentaron 210 días a la madures fisiológica donde las evaluaciones fueron realizadas a una altura de 2.400 msnm en Colombia. Por otra parte Apaza *et al.* (2013), indican que su periodo vegetativo del dicho cultivo varía entre 90 hasta 240 días, donde se concentra principalmente en el altiplano y los valles interandinos, con tendencia creciente del cultivo en la costa por sus características agroclimáticas favorables para la producción. Sin embargo Fernández *et al.* (2019), en cuanto al número de días transcurridos desde la siembra a la fase de madurez fisiológica, indican que los valores promedio variaron entre 108,1 hasta 149,3 días; y Manjarres *et al.* (2021) encontraron un ciclo fenológico que oscilaron entre 144 y 189 días.

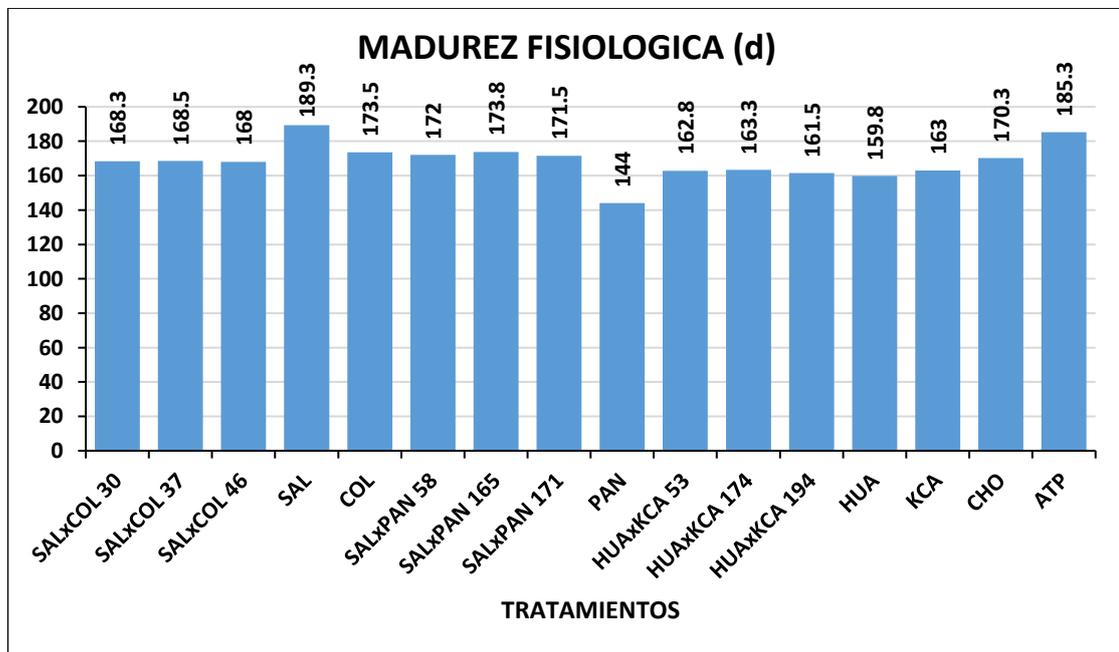


Figura N° 8: Número de días a la madurez fisiológica en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.7. Rendimiento de semilla por planta

En la Tabla N°21, se muestra el análisis de varianza para la variable rendimiento de semilla por planta, donde se observa que, entre bloques no existe diferencia estadística significativa y por lo tanto son homogéneos, sin embargo para los tratamientos en estudio, si existe diferencia estadística altamente significativa lo que nos indica que entre progenies de quinua existe diferencias en rendimiento de semilla por planta, presentando un coeficiente de variabilidad de 16.10 %, aceptable para las condiciones en campo y por lo tanto los datos son confiables.

Tabla N° 21: Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento de semilla por planta. (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	413.75797	137.91932	1.80	2.81	4.25	n.s.
TRAT	15	5536.82109	369.12141	4.82	1.89	2.46	**
ERROR	45	3448.68203	76.63738				
TOTAL	63	9399.26109					

CV = 16.10 %

En la Tabla N°22, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para rendimiento de semilla por planta, donde el mayor rendimiento de semilla por planta presentó la progenie Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 72.40 g, seguido de las progenies Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46), Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165) con 67.21 y 63.63 g, mientras que los genitores Negra Collana (COL) y Pandela Rosada (PAN) registraron menores rendimientos con 37.86 y 35.80 g. Es importante mencionar que 6 progenies obtuvieron rendimientos mayores que los genitores y testigos, con lo que nos indica que si se ha logrado mejorar el rendimiento de semilla. Cabe señalar también que el comportamiento de los factores climáticos muestra una tendencia creciente, y el efecto hacia la producción y rendimiento son negativas, Según el pronóstico de producción de quinua para los próximos 16 años, los efectos serán perjudiciales para el sector agrícola (Carrasco, 2016).

Tabla N° 22: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para rendimiento de semilla por planta. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	Media	Duncan
1	SALxPAN 171	72.40	a
2	SALxCOL 46	67.21	a b
3	SALxPAN 165	63.63	a b c
4	SALxPAN 58	62.75	a b c d
5	HUAxKCA 53	58.56	b c d
6	HUAxKCA 194	57.13	b c d
7	SAL	54.74	b c d
8	ATP	54.43	b c d
9	HUAxKCA 174	53.79	b c d
10	SALxCOL 37	53.03	b c d
11	SALxCOL 30	51.80	c d
12	HUA	49.39	c d e
13	KCA	49.21	c d e
14	CHO	48.41	d e
15	COL	37.86	e
16	PAN	35.80	e

Según Bonifacio *et al.* (2004), el rendimiento es el resultado de las componentes de tipo genético, ambiental y la interacción genético-ambiental, donde la parte genética que es heredable. En el estudio realizado por Barrientos (2020), reportó el mayor rendimiento de semilla por planta con la progenie Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 83.75 y 108.75 g en las localidades de Camacani e Illpa respectivamente, similar resultado se obtuvo en este estudio con la progenie Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con un promedio mayor de 72.40 g, resultado que discrepa de los obtenidos por Flores (2017), con el mismo material genético registró un promedio mayor de 17 g por planta con la cruza Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA), del mismo modo discrepa del resultado obtenido por Romero (2021), con el mismo material genético, en la misma campaña agrícola que el presente estudio, obtuvo un promedio mayor de 39.8 g por planta con la línea Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46); por lo que cabe señalar que la estructura y constitución de la planta son de mucha importancia, ya que son características que se traducirán directamente en un buen o mal rendimiento, dependiendo de cuál sea el caso, además de que una planta bien



constituida será menos propensa al ataque de factores bióticos y abióticos, y demás a condiciones adversas que puedan provocar un acame en las plantas (Apaza, 2018). Según Curti *et al.* (2016), los rendimientos de la producción 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, además según Hussain *et al.* (2020), existe una fuerte correlación entre el diámetro de la panícula y el rendimiento, del mismo modo menciona que la salinidad disminuye el rendimiento de semilla y afecta al índice de cosecha, así mismo manifiesta que las plántulas a lo largo del período de crecimiento y rendimiento dependen del genotipo; así mismo García *et al.* (2018), manifiesta que el rendimiento se expresa en diferentes comportamientos morfológicos, fenológicos y fisiológicos, dependiendo del clima y suelo. Por otro lado Rojas *et al.* (2020), en su estudio de evaluación del rendimiento de quinua bajo diferentes densidades, fertilización y métodos de siembra obtuvieron mejores resultados con siembra a chorrillo y alta aplicación de materia orgánica, un rendimiento de 28,6 g por planta; el rendimiento estaría entonces influenciado por la temperatura y más específicamente por la termo periodicidad. Chura *et al.* (2021), el crecimiento de las plantas es mucho mayor bajo un régimen de fluctuaciones térmicas que bajo una temperatura constante, hecho conocido como termo periodicidad. Mientras que Ramírez *et al.* (2016), registraron promedios de rendimiento por planta entre 140 a 260.7 g, por lo que manifestaron que con estos resultados es posible indicar que las accesiones evaluadas muestran su potencial para la producción extensiva. Por otro lado Manjarres *et al.* (2021), reportaron un rango entre 15,44 a 87,53 g de semilla por planta.

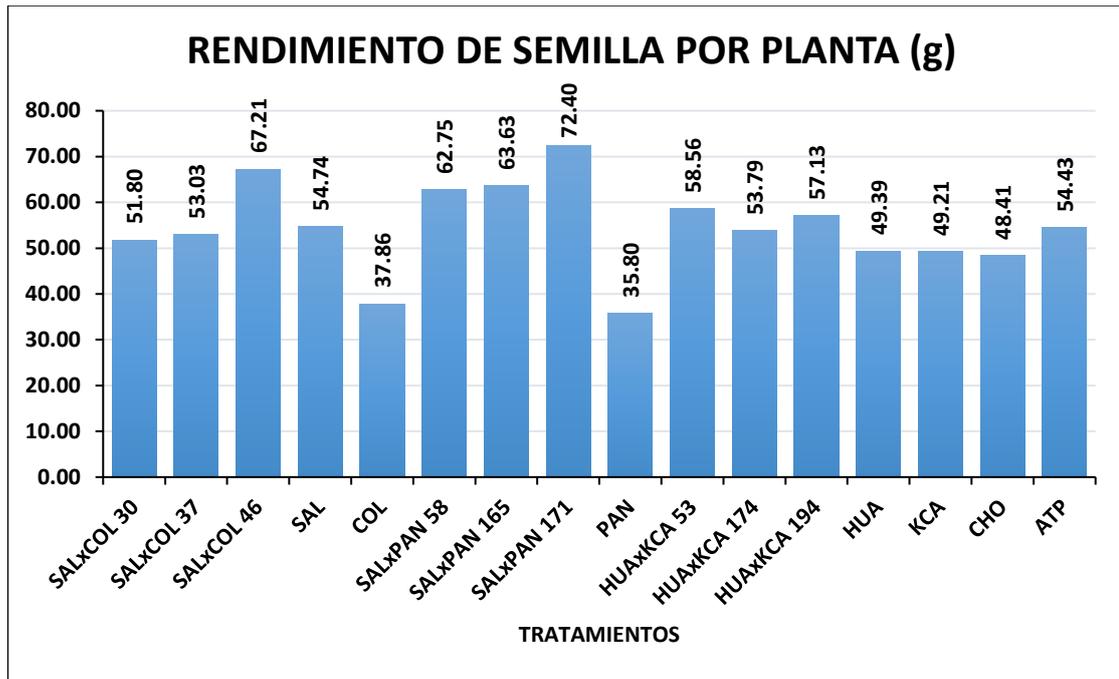


Figura N° 9: Rendimiento de semilla por planta en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.8. Rendimiento por hectárea

En la Tabla N°23, se muestra el análisis de varianza para la variable de rendimiento de semilla por hectárea, donde se observa que, entre bloques no existe diferencia estadística significativa, sin embargo para los tratamientos en estudio, si existe diferencia estadística altamente significativa debido al carácter genético que presenta cada progenie de quinua en estudio, con un coeficiente de variabilidad de 16.10 %.

Tabla N° 23: Análisis de varianza (ANVA) para rendimiento de semilla por hectárea. (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	2850378.65	950126.2	1.80	2.81	4.25	n.s.
TRAT	15	38143160.5	2542877.4	4.82	1.89	2.46	**
ERROR	45	23757970.5	527954.9				
TOTAL	63	64751509.7					

CV = 16.10 %.

En la Tabla N°24, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para rendimiento de semilla por hectárea, donde el mayor rendimiento de semilla por hectárea presentó la progenie Salcedo INIA x Pandela Rosada 171

(SALxPAN 171) con 6009.2 kg/ha, seguido de las progenies Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46), Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165) con 5578.6 y 5280.9 kg/ha, así mismo el genitor Salcedo INIA (SAL) y el testigo Altiplano (ATP) registraron 4543.2 y 4517.3 kg/ha, mientras que los genitores Negra Collana (COL) y Pandela Rosada (PAN) registraron menores rendimientos con 3142.6 y 2971.4 kg/ha. El rendimiento que se está reportando por hectárea se calculó con base en la producción por planta y se proyecta a hectárea. Según Miranda *et al.* (2012), el rendimiento de un cultivo es una función de varios factores como el clima, manejo y adecuada oferta de nutrientes, entre ellos el nitrógeno, que determina el contenido de proteína en el grano de quinua; mientras Noulas *et al.* (2013), manifiesta que la densidad óptima de siembra es igual a 25 plantas/m² o 10 kg/ha. así mismo Curti *et al.* (2016), menciona que el tiempo de floración es un rasgo importante que determina el rendimiento de grano.

Tabla N° 24: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para rendimiento de semilla por hectárea. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	Media	Duncan				
1	SALxPAN 171	6009.2	a				
2	SALxCOL 46	5578.6	a	b			
3	SALxPAN 165	5280.9	a	b	c		
4	SALxPAN 58	5208.3	a	b	c	d	
5	HUAxKCA 53	4860.7		b	c	d	
6	HUAxKCA 194	4741.4		b	c	d	
7	SAL	4543.2		b	c	d	
8	ATP	4517.3		b	c	d	
9	HUAxKCA 174	4464.4		b	c	d	
10	SALxCOL 37	4401.1		b	c	d	
11	SALxCOL 30	4299.4			c	d	
12	HUA	4099.2			c	d	e
13	KCA	4084.6			c	d	e
14	CHO	4018.2				d	e
15	COL	3142.6					e
16	PAN	2971.4					e

Según Apaza (2018), los rendimientos de grano por hectárea son muy variables y en ella se tiene que considerar el tipo de suelo, humedad, variedad estudiada, fertilización



y labores culturales imprimidas durante el periodo de crecimiento de las plantas. En el estudio realizado por Barrientos (2020), con el mismo material genético reportó el mayor rendimiento de semilla con la progenie Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 9556 y 12084 kg/ha en condiciones de Camacani e Illpa respectivamente, similar resultado se obtuvo en este estudio con la progenie Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) con un promedio mayor de 6009.2 kg/ha. Resultado que discrepa de los obtenidos por Flores (2017), en su ensayo registrando un promedio mayor de 3099.28 kg/ha con la cruza Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA); sin embargo Romero (2021), con el mismo material genético, en la misma campaña agrícola que el presente estudio, registró un promedio mayor de 7563 kg/ha con la línea Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165); estas diferencias de rendimiento pueden variar de acuerdo a las condiciones ambientales y fertilidad del suelo, así como al manejo agronómico realizado en cada campaña agrícola. Por otro lado Rojas *et al.* (2020), en su estudio de evaluación del rendimiento de quinua bajo diferentes densidades, fertilización y métodos de siembra se obtuvieron mejores resultados con trasplante de plantas provenientes de siembra en bandeja, densidad chorrillo, con fertilización testigo, alcanzando un rendimiento de 2424.5 kg/ha; mientras que Fernández *et al.* (2019), en su ensayo mostraron, que el distanciamiento entre surcos tiene un efecto significativo en el rendimiento de la quinua, registrando rendimientos mayores con un distanciamiento entre surcos de 50 cm (4193 kg/ha), que con un distanciamiento entre surcos a 70 cm (3437 kg/ha). Según Isobe *et al.* (2016), en muchos países, la quinua ha sido probada en diferentes condiciones climáticas con rendimientos variados según el tiempo de siembra, se considera que el tiempo de siembra tiene un gran efecto en el rendimiento de la quinua; mientras Bonifacio *et al.* (2013), al estudiar las características agronómicas de los genotipos del altiplano (semiprecoces) y del valle (tardías), encontraron el mayor rendimiento en los genotipos

de valle (1580,86 kg/ha) y menor rendimiento en las de altiplano (1103,46 kg/ha), y de la misma forma observaron que los genotipos de valle presentaban menores porcentaje de severidad del mildiu (63%) frente a los genotipos de altiplano (78,3%).

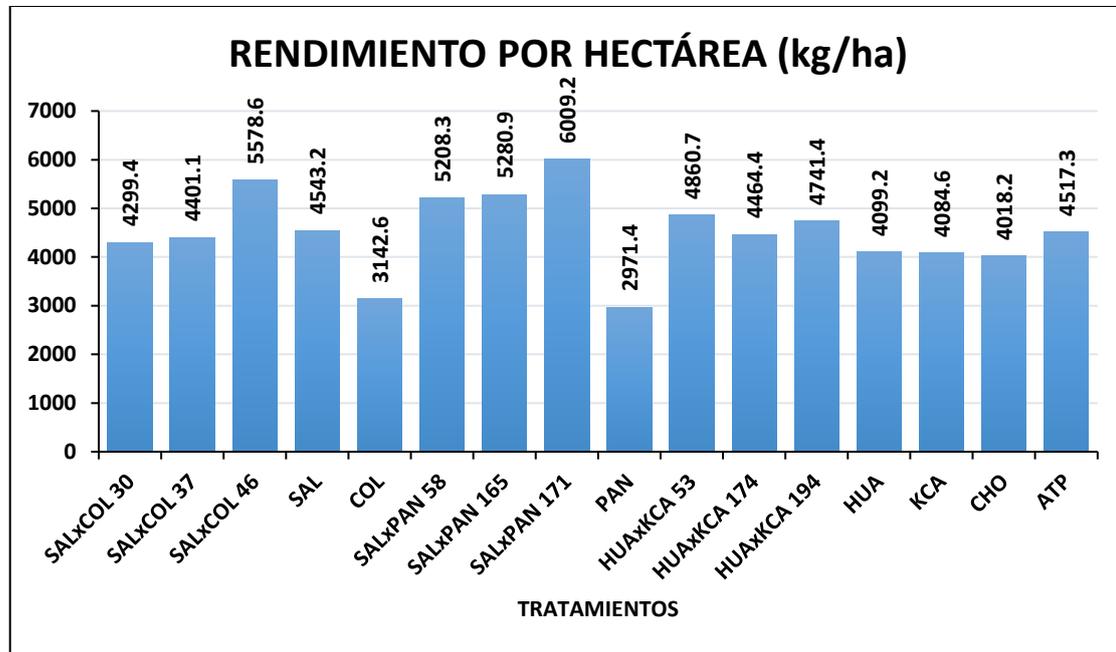


Figura N° 10: Rendimiento de semilla por hectárea en progenies genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.9. Peso de 1000 semillas

En la Tabla N°25, se muestra el análisis de varianza para la variable peso de mil semillas, donde se observa que, entre bloques no hay diferencia estadística significativa, sin embargo para los tratamientos en estudio, si existe diferencia estadística altamente significativa, debido al carácter genético que presentan las progenies en estudio, es decir que son heterogéneos para este carácter, debido a la constitución genética de cada progenie, con un coeficiente de variabilidad de 2.09 %.

Tabla N° 25: Análisis de varianza (ANVA) para peso de mil semillas. (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	0.02747812	0.0091594	1.857	2.81	4.25	n.s.
TRAT	15	20.70915	1.38061	279.88	1.89	2.46	**
ERROR	45	0.22197188	0.0049327				
TOTAL	63	20.9586					

CV = 2.09%.

En la Tabla N°26, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para peso de mil semillas, donde el mayor peso presentó la progenie Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) con 4.08 g, seguido de las progenies Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) y Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37) con 4.05 y 4.03 g, así mismo los genitores Pandela Rosada (PAN) y Salcedo INIA (SAL) registraron 4.17 y 4.00 g, mientras que los genitores Kcancolla (KCA) y Negra Collana (COL) registraron menores pesos con 2.68 y 2.57 g y estos datos nos sirve para ajustar la densidad de siembra de los cultivares de quinua.

Tabla N° 26: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para peso de mil semillas. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	Media	Duncan
1	PAN	4.17	a
2	SALxCOL 46	4.08	a b
3	SALxCOL 30	4.05	b
4	SALxCOL 37	4.03	b
5	SAL	4.00	b
6	ATP	3.80	c
7	SALxPAN 58	3.41	d
8	SALxPAN 165	3.37	d
9	SALxPAN 171	3.34	d
10	HUAxKCA 53	3.13	e
11	HUAxKCA 174	3.10	e
12	HUAxKCA 194	2.72	f
13	CHO	2.71	f
14	HUA	2.70	f
15	KCA	2.68	f
16	COL	2.57	g

Se puede apreciar las diferencias en el carácter de peso de mil semillas que estas podrían ser de origen genético, ambiental y expresión de las condiciones relacionados a la densidad de plantas; según Mujica *et al.* (2001), el peso de mil granos varía de 1,93 a 3,35 g con un promedio de 2,3 g; considerando esta información, algunas progenies de quinua del presente estudio tienen un peso de mil granos mayor al valor mencionado por Mujica *et al.* (2001). En el estudio realizado por Barrientos (2020), con el mismo material



genético y en condiciones similares medio ambientales obtuvo un peso de 4.09 g, la cual pertenece a la progenie Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30), similar resultado se obtuvo en el presente estudio donde el mayor peso de mil semillas presentó la progenie Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) con un promedio de 4.08 g, de manera similar Romero (2021), con el mismo material genético y en la misma campaña agrícola que el presente estudio, registró un promedio mayor de 5.4 g que obtuvo con la línea Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30); así mismo Flores (2017), con el mismo material genético en similares condiciones medioambientales presentó un promedio mayor de 3.80 g que obtuvo con la cruce Salcedo INIA x Negra Collana (SAL x COL); mientras que Apaza (2014), en su investigación de caracterización y variabilidad de progenies S3 en condiciones de Arequipa presentó un promedio mayor de 2.84 g que obtuvo con la progenie Salcedo INIA x Negra Collana (SALxCOL); estos resultados podrían deberse a las condiciones edafoclimáticas a las que fueron expuestas las líneas. Por otro lado en el estudio realizado por Coronado *et al.* (2021), de diversidad fenotípica de características agromorfológicas de la quinua presentaron el peso de 1000 semillas entre 1,7 a 2,6 g; mientras que Manjarres *et al.* (2021), mencionan que el peso de 1000 semillas es uno de los caracteres agronómicos más importantes que son relacionadas directamente con el rendimiento. En el ensayo realizado por Fernández *et al.* (2019), de comportamiento agronómico de ocho genotipos de quinua en condiciones de Chachapoyas, registran que a un distanciamiento entre surcos de 70 cm se obtuvo mayor peso de mil semillas que aun distanciamiento de 50 cm entre surcos; según Gambín y Borrás (2010), indican que los principales componentes del rendimiento son el peso de las semillas y el número de semillas; Además, Ramírez *et al.* (2016) en su investigación, reportó un promedio entre 2.8 a 2.9 g de peso de 1000 semillas.

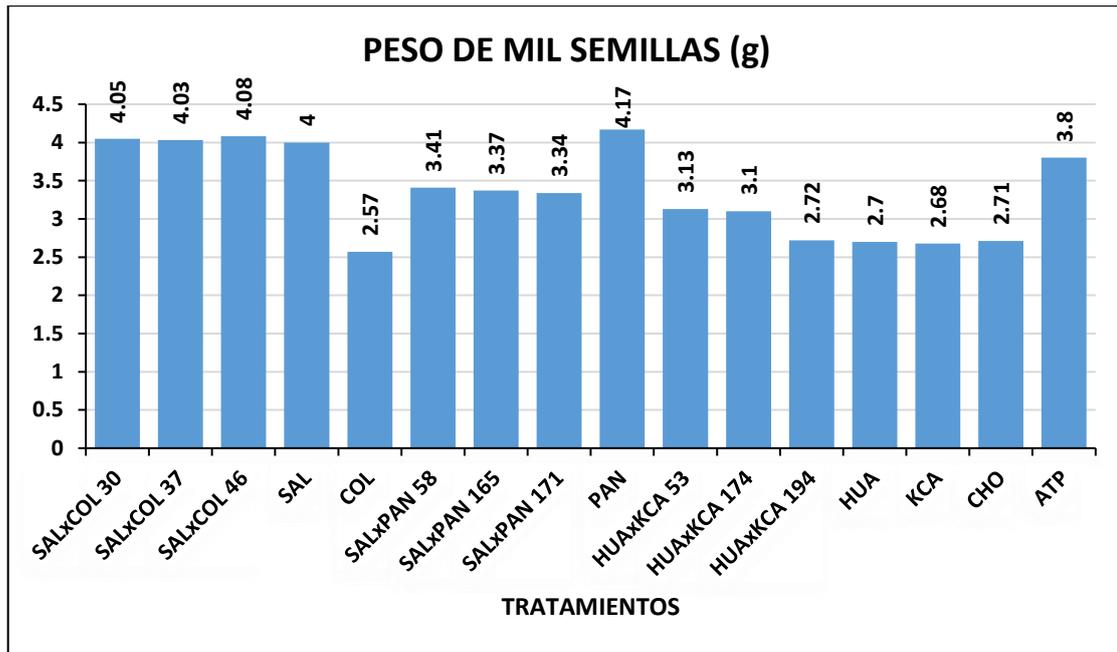


Figura N° 11: Peso de mil semillas en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-20220).

4.1.10. Índice de cosecha

En la Tabla N°27, se muestra el análisis de varianza para índice de cosecha, donde se observa que, entre bloques no existe diferencia estadística significativa, sin embargo, para los tratamientos en estudio, si existe diferencia estadística altamente significativa con un coeficiente de variabilidad de 10.43 %.

Tabla N° 27: Análisis de varianza (ANVA) para índice de cosecha. (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	117.46672	39.15557	2.071	2.81	4.25	n.s.
TRAT	15	1240.94859	82.72991	4.375	1.89	2.46	**
ERROR	45	850.97078	18.91046				
TOTAL	63	2209.38609					

CV = 10.43 %.

En la Tabla N°28, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para índice de cosecha, donde el mayor índice de cosecha presentó la progenie Huariponcho x Kancolla (HUAxKCA 194) con 49.35 %, seguido de las progenies Huariponcho x Kancolla 53 (HUAxKCA 53), Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) con 46.85, 45.10 %, así mismo los genitores Huariponcho (HUA) y

Kcancolla (KCA) registraron 44.30 y 40.65 %, mientras que la progenie Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37) y el genitor Salcedo INIA (SAL) registraron menores índices de cosecha con 36.43 y 35.20 % respectivamente; dicha variables se define usualmente como la proporción del peso seco total de la planta que se acumula en los órganos cosechados.

Tabla N° 28: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para índice de cosecha (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	Media	Duncan
1	HUAxKCA 194	49.35	a
2	HUAxKCA 53	46.85	a b
3	SALxCOL 30	45.10	a b c
4	SALxCOL 46	44.83	a b c
5	SALxPAN 58	44.45	b c
6	HUA	44.30	b c d
7	SALxPAN 171	44.15	b c d
8	HUAxKCA 174	43.73	b c d
9	KCA	40.65	b c d e
10	PAN	40.00	b c d e
11	ATP	38.73	c d e
12	CHO	37.90	c d e
13	SALxPAN 165	37.15	d e
14	COL	36.53	e
15	SALxCOL 37	36.43	e
16	SAL	35.20	e

Según Pinargote (2018), el índice de cosecha es la relación del peso total que se acumula en los órganos cosechados entre el total de biomasa producida en la parte aérea de la planta, del mismo modo menciona que dicha variable nos permite medir la eficacia que posee cada genotipo para colocar los nutrientes que asimila la planta hacia el grano. Según FAO *et al.* (2012), el desarrollo del índice de cosecha toma poco tiempo para los cultivares precoces y desde 80 a 100 días para los tardíos; Entre las progenies evaluadas en el presente estudio el mayor índice de cosecha presentó la progenie Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194) con 49.35 % de producción de biomasa aérea; resultado que discrepa de los registrados por Barrientos (2020), con progenies que alcanzaron el mayor índice de cosecha con 41.2 y 43.9 %, que obtuvo con la progenie Salcedo INIA x



Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171), en condiciones de Camacani e Illpa respectivamente, indicando que el índice de cosecha mide la producción de materia seca por la cantidad de grano producido; así mismo Romero (2021), con el mismo material genético, reportó un promedio mayor de 46.2 % de índice de cosecha que obtuvo con la línea Huariponcho x Kcancolla 194 (HUAxKCA 194); resultados que podría deberse a las condiciones edafoclimáticas a las que fueron expuestas las líneas. Por otro lado Garrido *et al.* (2013), en su estudio de evaluación de rendimiento de nueve genotipos de quinua bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo, encontró el índice de cosecha de 49.70% para ambiente y 39,80% para GxE (genotipo x especie). Además, Ramírez *et al.* (2016) en su investigación, reportó un promedio entre 34.2 a 41.5 % de índice de cosecha; mientras que Marca *et al.* (2015), mencionan que los genotipos con menores índices de cosecha son aquellos genotipos con ciclo biológico tardío. Osco (2008), menciona que aplicando al cultivo de la quinua estiércol se pudo conseguir plantas más desarrolladas en el área foliar, ramificación, crecimiento radicular y formación de granos. Por otro lado en el ensayo realizado por Hussain *et al.* (2020), el índice de cosecha varió entre 31,8 y 19,05 %, además mencionan que la salinidad puede afectar seriamente en el porcentaje de dicha variable.

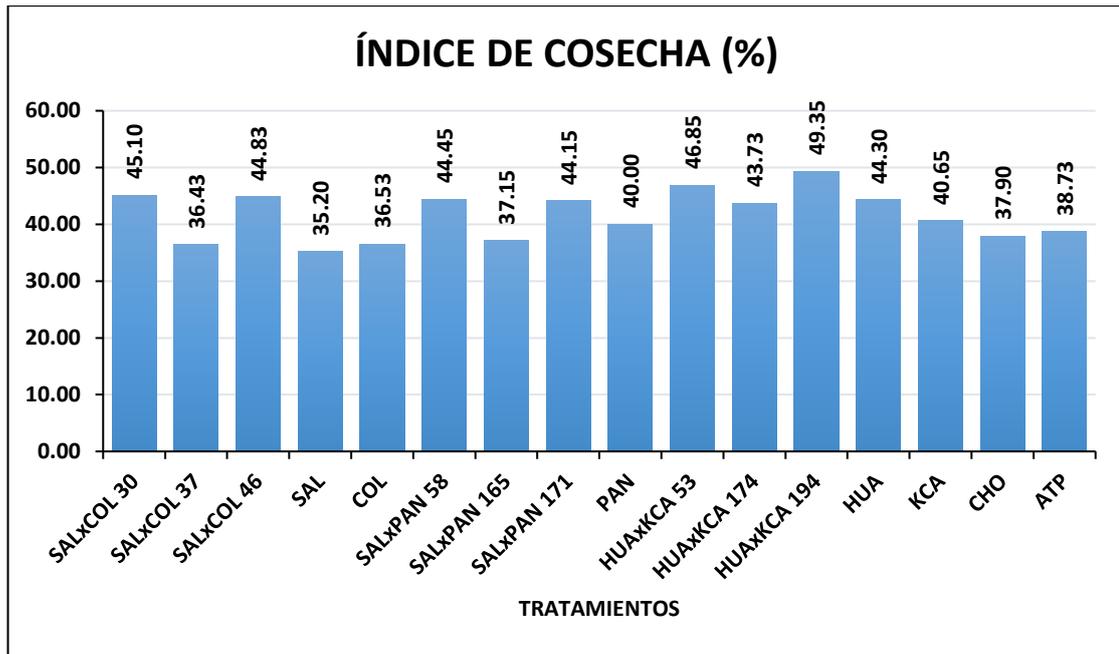


Figura N° 12: Índice de cosecha en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.11. Diámetro de grano

En la Tabla N°29, se muestra el análisis de varianza para la variable diámetro de grano, donde se observa que, entre bloques no existe diferencia estadística significativa y por lo tanto estos son homogéneos, sin embargo para los tratamientos en estudio, si existe diferencia estadística altamente significativa, debido al carácter genético que presentan las progenies en estudio, es decir que son heterogéneos para este carácter, debido a la constitución genética de cada progenie de quinua en estudio, que presenta un coeficiente de variabilidad de 2.72 %.

Tabla N° 29: Análisis de varianza (ANVA) para diámetro de grano. (Campaña agrícola 2019-2020).

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F.t.		SIG.
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	0.04168194	0.013894	2.708	2.81	4.25	n.s.
TRAT	15	1.85393611	0.1235957	33.876	1.89	2.46	**
ERROR	45	0.16417917	0.0036484				
TOTAL	63	2.05979722					

CV = 2.72 %.

En la Tabla N°30, se observa la comparación estadística mediante la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para la variable diámetro de grano, el mayor diámetro de grano presentó



la progenie Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46) con 2.43 mm, seguido de las progenies Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) y Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37) con 2.37 y 2.36 mm, así mismo los genitores Pandela Rosada (PAN) y Salcedo INIA (SAL) registraron 2.54 y 2.34 mm, mientras que los genitores Huariponcho (HUA), Kcancolla (KCA) y Negra Collana (COL) registraron menores diámetros 2.03, 1.99 y 1.91 mm. Las progenies anteriormente mencionadas que destacan por el mayor tamaño de grano son las que se busca con el Programa de Mejoramiento genético para liberar nuevas variedades. Según Gandarillas *et al.* (2013), en la fase de formación de panojas el mildiu origina que ella se atrofién y esto determina el llenado y el tamaño del grano, así mismo en la fase de grano masoso origina ennegrecimiento de los granos.

Tabla N° 30: Prueba de Duncan ($P \leq 0.05$) para diametro de grano. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	Media	Duncan
1	PAN	2.54	a
2	SALxCOL 46	2.43	b
3	SALxCOL 30	2.37	b c
4	SALxCOL 37	2.36	b c
5	SAL	2.34	b c d
6	ATP	2.32	c d
7	SALxPAN 58	2.29	c d
8	SALxPAN 165	2.26	d
9	SALxPAN 171	2.25	d
10	HUAxKCA 53	2.14	e
11	HUAxKCA 174	2.14	e
12	HUAxKCA 194	2.08	e f
13	CHO	2.07	e f
14	HUA	2.03	f
15	KCA	1.99	f g
16	COL	1.91	g

Los resultados obtenidos en este estudio son similares a los reportados por Barrientos (2020), con el mismo material genético, registró el promedio mayor de diámetro de grano con 2.50 y 2.45 mm, que obtuvo con la progenie Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SALxCOL 30) en las localidades de Camacani e Illpa respectivamente,



siendo resultado inferior a los reportados por Romero (2021), con el mismo material genético reportando un promedio mayor de 2.8 mm que obtuvo con la línea Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37); así mismo Flores (2017), en su investigación con el mismo material genético, reportó un promedio mayor de 2.20 mm que obtuvo con la cruza Salcedo INIA x Negra Collana (SALxCOL); también fue encontrado resultado similar por Choquechambi (2016), en su estudio con cruzas simples de quinua, reportando un promedio mayor de 2.38 mm que obtuvo con la cruza Salcedo INIA x Negra Collana (SALxCOL). Se puede señalar que la quinua es uno de los cultivos de mayor diversidad de ecotipos y variedades, sin embargo, Aroni (2006), manifiesta que esta diversidad se ha ido perdiendo por presión de los mercados nacionales e internacionales, el cual requiere de un producto con características de grano grande y de color blanco con preferencia. Estas características demandantes del mercado son las que obligan a establecer los lineamientos del mejoramiento genético de los cultivos, por lo que es necesario e importante mencionar que esta es una de las características que más se pretende mejorar. Por otra parte en el estudio realizado por Hernández *et al.* (2020), en la localidad de Boyacá-Colombia, manifiestan que el diámetro de las semillas evaluadas fueron menores a 2 mm, sin embargo Morillo *et al.* (2020), en su estudio de evaluación morfoagronómica de 19 materiales de quinua indican que existe una correlación más alta significativa para la asociación entre la altura de la planta, rendimiento de semilla por planta y diámetro de grano, reportando un promedio de 2.09 mm de diámetro, así mismo Chura *et al.* (2021), indican que el rendimiento de las semillas por planta están relacionadas directamente con el tamaño de las semillas de quinua.

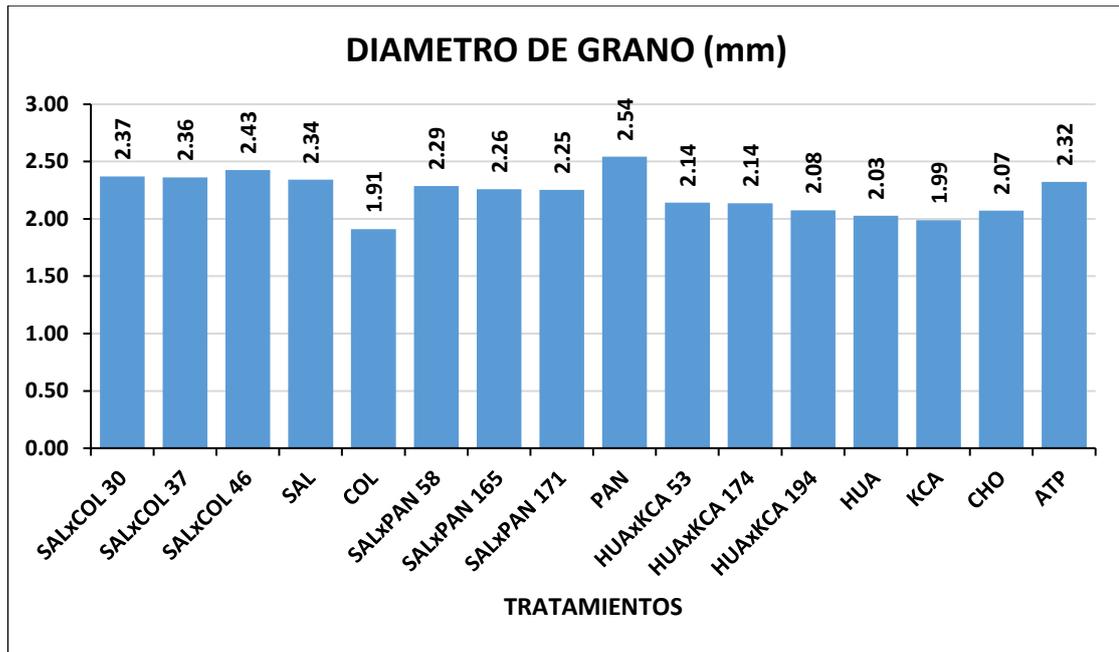


Figura N° 13: Comportamiento de diámetro de grano en progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.12. Contenido de proteína

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla N°31 y Figura N°14, el valor más alto en el reporte de análisis de laboratorio, fue de la progenie Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37) con 12.37 % de proteína, seguido de las progenies Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 (SALxPAN 58), Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 (SALxPAN 165) y Salcedo INIA x Panadela Rosada 171 (SALxPAN 171) con 12.33, 12.30 y 12.13 % de proteína respectivamente, mientras que los genitores Negra Collana (COL) y Pandela Rosada (PAN) registraron 11.13 y 10.74 % de proteína. La quinua es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que presenta un adecuado balance de proteínas necesarias para la nutrición humana. Según Rojas *et al.* (2014), el contenido de proteína está influenciada por factores como la variedad, fertilidad del suelo y medio ambiente.

Tabla N° 31: Contenido de proteína en las progenies, genitores y testigos de quinua. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	%
1	SALxCOL 37	12.37
2	SALxPAN 58	12.33
3	SALxPAN 165	12.30
4	SALxPAN 171	12.13
5	SALxCOL 46	12.12
6	SALxCOL 30	12.09
7	SAL	12.00
8	ATP	12.00
9	CHO	11.96
10	HUAxKCA 174	11.36
11	KCA	11.30
12	HUAxKCA 194	11.20
13	HUAxKCA 53	11.14
14	HUA	11.14
15	COL	11.13
16	PAN	10.74

El mayor porcentaje proteico del grano de quinua fue de 12.37 % que obtenido con la progenie Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37), donde se encuentra dentro del rango mencionado por Repo-Carrasco *et al.* (2007), quienes afirman que el contenido de proteína total de las semillas de quinua varía entre 7.47 – 22.08 % ubicándose en un lugar privilegiado en contenido de proteína respecto a otros cereales. Por otro lado en un estudio realizado por Wu *et al.* (2016), confirmando la tolerancia de la quinua al estrés salino en términos de calidad de semilla, además mencionan que en condiciones de suelo salino, la quinua no mostró ninguna disminución marcada en la calidad de la semilla como en el contenido de proteína, dureza y densidad, el contenido de proteínas incluso aumentó bajo una alta concentración de sulfato de sodio (Na₂SO₄). En otras palabras se puede decir que la quinua se puede cultivar en áreas severamente afectadas por sulfato de sodio y aún producir semillas de alto contenido proteico, que pueden ser un buen recurso proteico para vegetarianos o poblaciones desnutridas; según Jaikishun *et al.* (2019), se debe alentar a otras naciones a iniciar programas para facilitar

el crecimiento y la expansión de la quinua con su potencial para mejorar el estado socioeconómico, mejorar la salud y contribuir a un medio ambiente más seguro. Por otro lado en el estudio realizado por Ramírez *et al.* (2016), el contenido de proteína en grano indicó entre 14.5 a 16.3 %, así mismo manifiesta que en el perigonio un subproducto, se presentaron altos contenidos de proteína, superior al 10%, con lo que se reconoce el potencial y recomienda evaluar para ser incorporado en bloques nutricionales para animales.

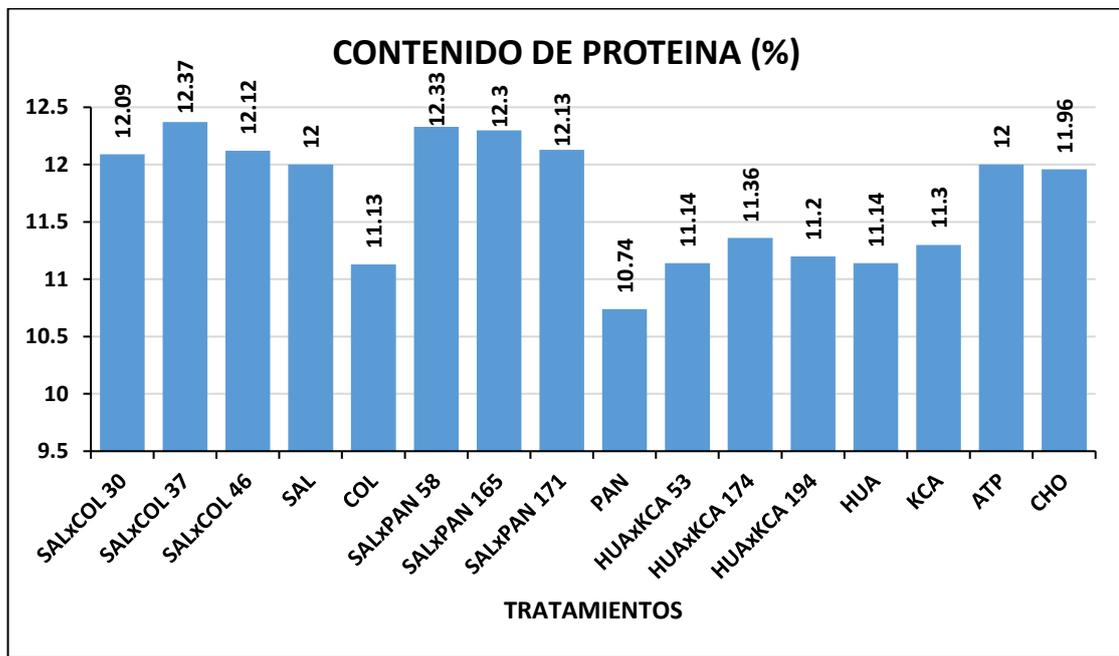


Figura N° 14: Porcentaje de proteína en las progenies, genitores y testigos. (Campaña agrícola 2019-2020).

4.1.13. Efusión de saponina

Los resultados se presentaron en la Tabla N°32 y Figura N°15, donde el reporte de análisis de laboratorio muestra una mayor efusión de saponina para las progenies Huariponcho x Kcancolla 174 (HUAXKCA 174) y Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SALxCOL 37) con 0.059 y 0.042 %, así mismo los genitores Negra Collana (COL) y Kcancolla (KCA) reportaron 0.059 y 0.048 %, resultado que estaría en relación a lo mencionado por Ahumada *et al.* (2016), quienes mencionan que el contenido de saponinas está en función a la variedad como su origen; así mismo esta variable es muy

atrayerente ya que en estos últimos años todos los trabajos de mejoramiento genético de quinua realizados han sido enfocados a la obtención de variedades con bajos contenidos de saponina, por las razones que el mercado demandante de quinua prefiere variedades dulces.

Tabla N° 32: Efusión de saponina en las progenies, genitores y testigos de quinua. (Campaña agrícola 2019-2020).

Orden de merito	Tratamientos	%
1	COL	0.059
2	HUAxKCA 174	0.059
3	KCA	0.048
4	SALxCOL 37	0.042
5	SALxCOL 46	0.041
6	HUAxKCA 194	0.041
7	CHO	0.041
8	HUAxKCA 53	0.040
9	HUA	0.037
10	SALxCOL 30	0.036
11	ATP	0.033
12	SALxPAN 58	0.024
13	SALxPAN 171	0.013
14	SAL	0.011
15	PAN	0.006
16	SALxPAN 165	0.000

Según De Santis *et al.* (2016), manifiestan que las condiciones climáticas inciden en el contenido de saponina; de manera similar García *et al.* (2018), mencionan que las características edafoclimáticas de cada lugar y las características genéticas de cada variedad son determinantes en el contenido de saponinas. En nuestro estudio se obtuvo mayor efusión de saponina en las quinuas de color considerando las responsables del sabor amargo de las semillas, por lo que se busca para la industria alimentaria variedades dulces mediante las progenies y es una de las características más importantes para su fácil consumo. Por otro lado en un estudio de compuestos fenólicos y saponinas en muestras de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivadas bajo diferentes regímenes de riego salinos y no salinos, las saponinas disminuyeron en condiciones salinas y de sequía, por

tanto, un déficit de riego es una interesante práctica para reducir los niveles de saponina en las semillas de quinua, donde este efecto puede verse como una buena forma de controlar los niveles de saponina en quinua y así, evitar la eliminación de las capas externas de las semillas donde se concentran las vitaminas y los minerales (Gómez *et al.*, 2012); Mientras Bonilla *et al.* (2019), menciona que la saponina otorga un sabor amargo que limita su comercialización; sin embargo, puede ser aprovechada en otros usos, como el agua de lavado de quinua como fuente de saponina y su empleo como insecticida; así mismo Morillo *et al.* (2020), manifiestan que los cultivares dulces, a menudo muestran una baja resistencia a las plagas, ya que las saponinas ejercen una fuerte actividad insecticida o protectora contra una amplia variedad de insectos, herbívoros e incluso infecciones microbianas.

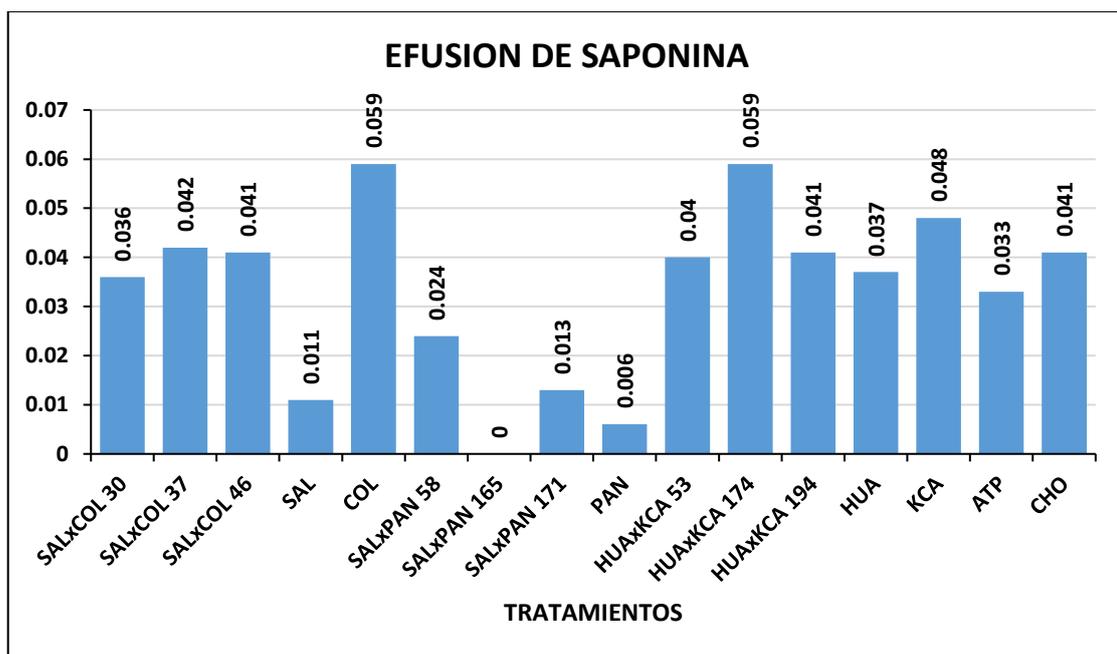


Figura N° 15: Porcentaje de efusión de saponina en las progenies, genitores y testigos (Campaña agrícola 2019-2020).



4.2. CARACTERIZAR MORFOLOGICAMENTE LAS PROGENIES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) PROCEDENTES DE CRUZAS SIMPLES DISTANTES Y CERCANAS GENÉTICAMENTE

4.2.1. Color de panoja en floración

En la Tabla N°33, se puede apreciar el color de panoja en floración, donde todas las progenies en estudio muestran características propias de uno de los dos genitores, tal es así que de las 9 progenies evaluadas; 6 progenies presentan panojas de color purpura en la floración tales como Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA 53, 174 y 194), Salcedo INIA x Pandela Rosada (SALxPAN 58, 165 y 171), mientras que 3 progenies presentaron panojas de color verde en la fase de floración tales como las progenies Salcedo INIA x Negra Collana (SALxCOL 30, 37 y 46), así mismo los genitores Huariponcho (HUA), Kcancolla (KCA) y Pandela Rosada (PAN) presentaron panojas de color purpura en floración, mientras que las progenies y los genitores Salcedo INIA (SAL), Negra Collana (COL) presentaron panojas de color verde en floración, es decir el 66.7 % de las progenies evaluadas presentan panojas de color purpura y un 33.3 % presentan panojas color purpura; En el estudio realizado por Romero (2021), con mismo material genético manifiesta que la mayoría de las progenies en estudio presentaron una coloración Purpura a excepción de tres progenies que presentaron panojas de color verde en floración. En comparación con este ensayo, en gran mayoría de las progenies se observaron un color de verde a purpura; estudios indican que en la etapa de panoja e inicio de floración es posible observar variabilidad en color de verde, purpura a rojo; sin embargo, a medida que avanza el desarrollo hacia la fase de madurez fisiología, se presenta una mayor diversidad de colores, combinando claros a oscuros, cremas, amarillos, rojos, café hasta negro (Rojas *et al.*, 2014).

4.2.2. Color de panoja en madurez fisiológica

En la Tabla N°33, se puede apreciar el color de panoja en madurez fisiológica, donde todas las progenies en estudio muestran características propias de uno de los dos genitores, tal es así que de las 9 progenies evaluadas; las progenies Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA 53, 174 y 194 y el genitor Huariponcho (HUA) presentaron panojas de color anaranjado en madurez fisiológica; las progenies Salcedo INIA x Pandela Rosada (SALxPAN 58, 165 y 171) y el genitor Pandela Rosada presentaron panojas de color rosado en la madures fisiológica; las progenies Salcedo NIA x Negra Collana (SALxCOL 30, 37 y 46) y los genitores Salcedo INIA (SAL) y Kcancolla (KCA) presentaron panojas de color blanco en la madurez fisiológica, mientras que el genitor Negra Collana presentó panojas de color gris en la madurez fisiológica;

Tabla N° 33: Color de panoja en progenies de quinua (Campaña agrícola 2019-2020).

Tratamientos	Color de panoja en floración	Color de panoja en madurez
HUAxKCA 53	Purpura	Anaranjado
HUAxKCA 174	Purpura	Anaranjado
HUAxKCA 194	Purpura	Anaranjado
SALxPAN 58	Purpura	Rosado
SALxPAN 165	Purpura	Rosado
SALxPAN 171	Purpura	Rosado
SALxCOL 30	Verde	Blanco
SALxCOL 37	Verde	Blanco
SALxCOL 46	Verde	Blanco
SAL	Verde	Blanco
HUA	Purpura	Anaranjado
COL	Verde	Gris
KCA	Purpura	Blanco
PAN	Purpura	Rosado
ATP	Verde	Blanco
CHO	Verde	Blanco

Como se puede apreciar en el presente estudio se presentó una variación en el color de panoja en la madurez fisiológica en las progenies; colaboradas por Barrientos (2020), en su estudio con el mismo material genético quien reportó similares resultados



en las progenies con panojas de color anaranjado, blanco, rosado y gris en madurez fisiológica.

4.2.3. Forma de panoja en la madurez fisiológica

En la Tabla N°34, se puede apreciar 3 formas de panoja en madurez fisiológica, donde todas las progenies en estudio muestran características propias de uno de los dos genitores, tal es así que de las 9 progenies evaluadas; las progenies Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA 53, 174 y 194) y el genitor Huariponcho (HUA) presentaron una forma de panoja intermedio, las progenies Salcedo INIA x Pandela Rosada (SALxPAN 58, 165 y 171), Salcedo NIA x Negra Collana (SALxCOL 30, 37 y 46) y los genitores Kcancolla (KCA), Pandela Rosada (PAN) y los testigos Altiplano (ATP), Choclito (CHO) presentaron la forma de panoja amarantiforme y las progenies Salcedo INIA (SAL) y Negra Collana (COL) presentaron la forma de panoja glomerulada; en el estudio realizado por Romero (2021), con el mismo material genético, reportó que todas las progenies en estudio presentaron formas de panoja intermedia, sin embargo Barrientos (2020), en su estudio con el mismo material genético, manifestaron formas de panoja entre intermedias y amarantiformes. Por otro lado Manjarres *et al.* (2021), en su estudio en condiciones de Bogotá-Colombia, reportaron formas de panoja entre glomerulada e intermedia en la gran mayoría de los genotipos estudiados, señalando que la forma glomerulada estaría relacionado con el rendimiento. Según Rojas y Pinto (2013), son amarantiforme cuando los glomérulos están insertos directamente en el eje secundario y presentan una forma alargada; son glomerulada cuando los glomérulos están insertos en los llamados ejes glomerulados y presentan una forma globosa; e intermedia es cuando las panojas que expresan ambas características tanto amarantiforme y glomerulada.

4.2.4. Densidad de panoja en madurez fisiológica

En cuanto a densidad de panoja, en la Tabla N°34, se observa que las progenies Huariponcho x Kcancolla (HUAxKCA 53, 174 y 194) y los genitores Huariponcho (HUA), Salcedo INIA (SAL), Kcancolla (KCA) y Negra Collana (COL) presentaron una densidad de panoja intermedio, mientras que las progenies Salcedo INIA x Pandela Rosada (SALxPAN 58, 165 y 171), Salcedo NIA x Negra Collana (SALxCOL 30, 37 y 46), y el genitor Pandela Rosada (PAN) y los testigos Altiplano (ATP) y Choclito (CHO) presentaron una densidad de panoja compacta. Según el estudio realizado por Barrientos (2020), con el mismo material genético, indicó que las densidades de panoja en las progenies presentaron variaciones entre compactas, intermedias y laxas. Resultado similar se presentó en este estudio entre densidades intermedias y compactas.

Tabla N° 34: Forma y densidad de panoja en progenies de quinua (Campaña agrícola 2019-2020).

Tratamientos	Forma de panoja	Densidad de panoja
HUAxKCA 53	Intermedio	Intermedio
HUAxKCA 174	Intermedio	Intermedio
HUAxKCA 194	Intermedio	Intermedio
SALxPAN 58	Amarantiforme	Compacta
SALxPAN 165	Amarantiforme	Compacta
SALxPAN 171	Amarantiforme	Compacta
SALxCOL 30	Amarantiforme	Compacta
SALxCOL 37	Amarantiforme	Compacta
SALxCOL 46	Amarantiforme	Compacta
SAL	Glomerulada	Intermedio
HUA	Intermedio	Intermedio
COL	Glomerulada	Intermedio
KCA	Amarantiforme	Intermedio
PAN	Amarantiforme	Compacta
ATP	Amarantiforme	Compacta
CHO	Amarantiforme	Compacta

La densidad de panoja está asociada al tamaño de grano y la más pequeña se forma en panojas compactas (Gómez y Aguilar, 2016). En este estudio, de las nueve progenies evaluadas el 33.3 % de las progenies presentaron plantas con panojas intermedios y el



66.7 % de las progenies presentaron plantas con panojas compactas. Así mismo el 33.3% de las progenies presentaron una forma de panoja intermedio mientras que el 66.7 % de la progenies presentaron panojas amarantiformes.



V. CONCLUSIONES

Se ha evaluado las características agronómicas de nueve progenies de quinua, de las cuales las progenies con mejores rendimientos de grano fueron (SALxPAN 171) con 6009.2 kg/ha, (SALxCOL 46) con 5578.6 kg/ha y (SALxPAN 165) con 5280.9 kg/ha, en cuanto a precocidad las progenies (HUAxKCA 194) y (HUAxKCA 53) fueron más precoces con 161.5 y 162.8 días, con respecto a la altura de planta la progenie (SALxPAN 165) presentó mayor altura con 136.8 cm, seguido de la progenie (SALxPAN 58) con 136.4 cm, las progenies (SALxPAN 171) y (SALxCOL 46) con 94.82 y 94.75 mm presentaron el mayor diámetro de panoja, así mismo la progenie (SALxCOL 46) presentó el mayor peso de mil semillas con 4.08 g y mayor diámetro de grano con 2.43 mm, mientras que la progenie (HUAxKCA 194) presentó la mayor longitud de panoja con 58.17 cm.

Al evaluar las características morfológicas se muestra que las progenies (SALxCOL 30, 37 y 46), presentaron panojas de color verde, diferente a las demás progenies que presentaron un color púrpura en floración, así mismo en la madurez fisiológica las progenies (HUAxKCA 53, 174 y 194) presentaron panojas de color anaranjado mientras que las progenies (SALxPAN 58, 165 y 171) presentaron panojas de color rosado, además las progenies (SALxCOL 30, 37 y 46) presentaron panojas de color blanco a la madurez fisiológica, con respecto a la forma y densidad de panoja, las progenies (HUAxKCA 53, 174 y 194) presentaron panojas intermedias, mientras que las progenies (SALxPAN 58, 165, 171) y (SALxCOL 30, 37, 46) presentaron panojas amarantiformes y compactas respectivamente.



VI. RECOMENDACIONES

Por las características sobresalientes mostradas en esta investigación se sugiere liberar como nuevas variedades las progenies Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SALxPAN 171) y Salcedo INIA x Negra Collana 46 (SALxCOL 46), por su alto rendimiento y características agromorfológicas sobresalientes.

Realizar ensayos de adaptación y validación económica bajo diferentes condiciones de suelo, clima y otros factores con las progenies que mostraron cualidades agronómicas sobresalientes.



VII. REFERENCIAS

- Abdelaleem, M. A., y Elbassiony, K. R. A. (2021). Evaluation of phytochemicals and antioxidant activity of gamma irradiated quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Brazilian Journal of Biology, 81(3), pp. 806-813
- Ahumada, A., Ortega, A., Chito, D., y Benítez, R. (2016). Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Un subproducto con alto potencial biológico. Revista Colombiana de ciencias químico - farmacéuticas, 45(3), pp. 438-469.
- Alban, G. P. G., Arguello, A. E. V., y Molina, N. E. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). RECIMUNDO, 4(3), pp. 163-173.
- Alegría y Benavides (1967). Fertilización nitrogenada sobre quinua dos épocas de siembra y dos distanciamientos en el altiplano central. En: Resúmenes de investigación de quinua 1962 – 1999. UNA. Puno – Perú.
- Almeida, S. G., y Sá, W. A. C. (2009). Amaranto (*Amaranthus* spp) e quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) alimentos alternativos para doentes celíacos. Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, 13(1), pp. 77-92.
- Apaza, J. (2014). Caracterización y variabilidad de progenies S3 autofecundadas, procedentes de cruza simples genéticamente distantes y cercanas, en seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú 133p.
- Apaza, J. (2018). Selección de líneas a partir de autofecundaciones s5 de cruza simple, genéticamente distantes, de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo condiciones ambientales de puno. Revista de investigaciones de la escuela de posgrado de la UNA Puno, 7(1), pp. 422-432.



- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., y Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria. 80 p.
- Aroni, G., y Aroni, J. (2006). Manejo de semilla. In Carrasco, E. Manejo agronómico de la quinua orgánica. La Paz, Bolivia. Fundación PROINPA. pp. 28-51.
- Assefa, T., Sperling, L., Dagne, B., Argaw, W., Tessema, D., y Beebe, S. (2014). Participatory plant breeding with traders and farmers for white pea bean in ethiopia. the journal of agricultural education and extensión, 20(5), pp. 497-512.
- Barrientos, E. (2020). Rendimiento y evaluación agromorfológica de 18 progenies de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruza simples distantes y cercanas en el CIP. Camacani e Illpa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 215 p.
- Basastes, M. G. (2012). Caracterización molecular de la colección nacional de camote (*Ipomoea* spp.) del banco nacional de germoplasma del INIAP mediante marcadores microsatelites. Tesis para optar el título de Ingeniero en Biotecnología. 175 p.
- Bazile, D., Jacobsen, S., y Verniau, A. (2016). The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits. *Frontiers in Plant Science*, 7, (622), pp.1-6
- Bazile, D., y Santivañez, T. (2014). Introducción al estado del arte de la quinua en el mundo (605), pp. 1-2.
- Biodiversity internacional, FAO, PROIMPA, INIAF y FIDA (2013). Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. UNA, CIRNMA, FIDA, Roma, Italia.



- Bojanic, A. (2011). La quinua cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Bonifacio, A., Alcón, M., y Vargas, A. (2013). Evaluación de la severidad del mildiu y daño del granizo en líneas de quinua. Congreso Científico de la Quinua, CIDAB-SB191. Q2-C61. pp. 227-236.
- Bonifacio, A., Mujica, A., Alvarez, A., y Roca, W. (2004). Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla. En quinua ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Santiago, Chile. pp. 125-159.
- Bonilla, H., Carbajal, Y., Gonzales, M., Vásquez, V., y López, A. (2019). Determinación de la actividad insecticida de la saponina de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en larvas de *Drosophila melanogaster*. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), pp. 39-45.
- Cabrera, F. A. V. (2016). Mejoramiento genético de plantas: Segunda Edición. Universidad Nacional de Colombia. 458 p.
- Campos, C. S. (2018). Accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo altiplano en condiciones de costa central. Tesis para optar el título de Ingeniero agrónomo. Universidad Nacional La Molina. Lima, Perú. 112 p.
- Carrasco, F. (2016). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli, periodo 1997-2014. 7(2), pp. 38-47.
- Chávez, A., Trujillo, S., y Trujillo, Y. (2017). Análisis de la cadena productiva de la quinua en San Román-Puno para usos prospectivos. Tesis para optar el título Licenciado en Gestión. Pontificia Universidad Católica del Perú. 188 p.



- Choquechambi, L. (2016). Caracterización de progenies S5 autofecundadas, procedentes de cruas simples en seis cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) genéticamente distantes y cercanas en camacani. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 180 p.
- 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*,
- Chura, E., Mujica, A., Pinto, J., León, B., y 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*, 2460-2481.
- Coronado, A. C. M., Hernández, E. H. M., y Coronado, Y. M. (2021). Phenotypic diversity of agromorphological characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm in Colombia. *Scientia Agricola*, 79 (4), pp. 1-6.
- Costa, S. M. (2014). Variabilidad genética de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el noroeste Argentino y su relación con la dispersión de la especie. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 174 p.
- Curti, R. N., de la Vega, A. J., Andrade, A. J., Bramardi, S. J. y 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.
- De Santis, G. D., Maddaluno, C., D'Ambrosio, T., Rascio, A., Rinaldi, M., y Troisi, J. (2016). Characterisation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) accessions for the saponin content in Mediterranean environment. 11(4), pp. 277-281.



- Delgado, A., Palacios, J., y Betancourt, C. (2009). Evaluation of 16 genotypes of sweet quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the municipality of Iles, Nariño-Colombia. 27(2), pp. 159-167.
- Dominguez, J. (2014). Caracterización agromorfológica de progenies autofecundadas S4, procedentes de cruzas simples, genéticamente distantes y cercanas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en condiciones de Campiña de Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 105p.
- Eguiarte, L., Aguirre-Planter, E., Scheinvar, E., González, A., y Souza, V. (2010). Flujo génico, diferenciación y estructura genética de las poblaciones, con ejemplos en especies de plantas mexicanas. Laboratorio de evolución molecular y experimental, departamento de ecología evolutiva, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 1-30.
- FAO. (2012). (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), University of cardaba and IAS - CSIC, KU Leuven University y University of California. 2012. Crop Yield Response to Water. Herbaceous crops. FAO irrigation and drainage. paper 66. pp. 230-235.
- Fernández, E., Cruz, M. y Silva, R. (2019). Comportamiento agronómico de ocho genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Distrito Molinopampa, Provincia Chachapoyas, Amazonas. Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería, 1(2), pp. 63-71.
- Field, C. B., y Barros, V. R. (2014). Climate Change 2014. Impacts, adaptation and vulnerability: Regional Aspects. Cambridge University Press. 650 p.
- Fletcher, R. J. (2016). Pseudocereals: Descripción general. Enciclopedia de cereales alimentarios. 1(2), pp. 274-279.



- 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 título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 134 p.
- Frankham, R., Ballou, J. D., Briscoe, D. A. (2002). Introduction to Conservation Genetics. Cambridge University Press. 617 p.
- Fuentes, F., Maughan, P., y Jellen, E. (2009). Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Revista geográfica de Valparaíso, 42, pp. 20-33.
- Fundación PROINPA. (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.
- Gabriel, J., Luna, N., Vargas, A., Magne, J., Angulo, A., La Torre, J. y Bonifacio, A. (2012). Quinua de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.) Fuente valiosa de resistencia genética al mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.) Journal of the Selva Andina Research Society, 3(2), pp. 27-44.
- Gambín, B. L., y Borrás, L. (2010). Resource distribution and the trade-off between seed number and seed weight: A comparison across crop species. Annals of applied biology, 156(1), pp. 91-102.
- Gandarillas, A., Saravia, R., Plata, G., Quispe, R., y Ortiz, R. (2013). Principales plagas y enfermedades de la quinua. Estado del arte de la quinua en el mundo pp. 227-256.
- García, M. A. G., Leguizamón, N. Z. P., Rodríguez, D. C. C., Torrado, S. K. F., y Parra, J. D. (2018). Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa*



- Willd.) en relación con el suelo y el clima: Una revisión. Informador técnico, 82(2), pp. 241-249.
- García-Parra, M., García-Molano, J., Deaquiz-Oyola, Y., García-Parra, M., García-Molano, J., y 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.
- Garrido, M., Damme, P., Silva, H., Muñoz, R., Baginsky, C., y Acevedo, E. (2013). Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo diferentes disponibilidades hídricas en ambiente mediterráneo. *Idesia (Arica)*, 31(2), pp. 69-76.
- Gómez, A., Iafelice, G., Verardo, V., Marconi, E. y Caboni, M. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Food Chemistry*, 157(2014), pp. 174-178.
- Gómez, A. M., Iafelice, G., Lavini, A., Pulvento, C., Caboni, M. F., y Marconi, E. (2012). Phenolic compounds and saponins in quinoa samples (*Chenopodium quinoa* Willd.) grown under different saline and nonsaline irrigation regimens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(18), pp. 4620-4627.
- Gómez, L., y Aguilar, E. (2016). Guía del cultivo de quinua. 1 ed. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 121 p.
- Gomez, L. R., Aguilar, E. y Ibañez, M. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Breeding. En J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, y D. V. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Cereals*. 5, pp. 259-316.



- González, J. A., Konishi, Y., Bruno, M., Valoy, M., y Prado, F. E. (2012). Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(6), pp. 1222-1229.
- Guerrero, J. L., Vallejo, M. T., y Betancourth, C. (2008). Evaluación de 16 selecciones de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el municipio de Guaitarilla, Nariño-Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 25(1 y 2), pp. 130-149.
- Hernández, E. H. M., Coronado, A. C. M., Ardila, W. L. R., Hernández, E. H. M., Coronado, A. C. M., y Ardila, W. L. R. (2020). Seed quality of 22 quinoa materials (*Chenopodium quinoa* Willd.) from the department of Boyacá. *Revista Ceres*, 67(4), pp. 306-314.
- Hidalgo, R. (2003). Variabilidad genética y caracterización de especies vegetales. *Boletín técnico*. 8 p.
- Hussain, M. I., Muscolo, A., Ahmed, M., Asghar, M. A. y Al-Dakheel, A. J. (2020). Agro-Morphological, Yield and Quality Traits and Interrelationship with Yield Stability in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes under Saline Marginal Environment. *Plants*, 9(12), pp. 1763.
- Isobe, K., Sugiyama, H., Okuda, D., Murase, Y., Harada, H., Miyamoto, M., Koide, S., Higo, M. y Torigoe, Y. (2016). Effects of Sowing Time on the Seed Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in South Kanto, Japan. *Agricultural Sciences*, 07(03), pp. 146.
- ITIS. (2020). Integrated Taxonomic Information System. Disponible en: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN.



- Jaikishun, S., Li, W., Yang, Z., y Song, S. (2019). Quinoa: In perspective of global challenges. *Agronomy*, 9(4), pp. 176.
- Jiménez, J. (2006). Biodiversity of traditional seed propagated crops cultivated in Peruvian highland. Tesis Ph. D. University of Silesia. Polonia.
- Kowalski, R. J., Medina-Meza, I. G., Thapa, B. B., Murphy, K. M., y Ganjyal, G. M. (2016). Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Cherry Vanilla. *Journal of Cereal Science*, 70, pp. 91-98.
- Mamani, F., y Zanabria, E. (2017). Granos andinos nutracéutica. Quinoa, cañihua y kiwicha de Perú y Bolivia.
- Manjarres, E. H., Morillo, A. C., Ojeda, Z. Z., Cárdenas, A. y Arias, D. M. (2021). Characterization of the yield components and selection of materials for breeding programs of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Euphytica*, 217(6), pp. 101.
- Marca, S., Espinoza, E., y Vidal, A. P. (2015). Multiplicación de semilla de variedades y ecotipos de quinua en valle de majes-Arequipa. *Revista Investigaciones Alto andinas*, 17(3), pp. 2.
- Martínez, M., Ríos-Labrada, H., Ortiz-Pérez, R., Miranda-Lorigados, S., Acosta-Roca, R., Moreno-Moreno, I., Ponce-Brito, M., Fé-Montenegro, C. F. D. la, y Martin, L. (2017). Metodología del fitomejoramiento participativo en Cuba. *Cultivos tropicales*, 38(4), pp. 132-138.
- Mina, F. (2014). Evaluación agronómica de líneas F5 de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en dos localidades de la serranía. Ecuador.



- Miranda, R., Carlesso, R., Huanca, M., Mamani, P., y Borda, A. (2012). Rendimiento y acumulación de nitrógeno en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) producida con estiércol y riego suplementario. *Venesuelos*, pp. 20(1).
- Morillo, A. C., Manjarres, E. H., y Morillo, Y. (2020). Morphoagronomic evaluation of 19 of (*Chenopodium quinoa* Willd.) materials in the Boyacá Department. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(1), pp. 84-96.
- Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J., y Marathe, J. (2001). Ancestral cultivo, alimento del presente y futuro. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. En: Quinoa, Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. Santiago de Chile, Chile. pp. 9-53.
- Mujica, A., Suquilanda, M., Chura, E., Ruiz, E., León, A., Cutipa, S., y Ponce, C. (2013). Producción orgánica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Primera edición. Universidad Nacional del Altiplano - FINCAGRO. 118 p.
- Mujica A. y Jacobsen S. (2006). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz- Bolivia. p. 449-457.
- Mujica, A. (2006). Descriptores para la caracterización del cultivo de quinua. Manual para caracterización in situ de cultivos nativos. INIEA Lima, Perú. p. 90-94.
- Noulas, CH., Karyotis, TH. y Iliadis, C. (2013) Ministerio helénico de desarrollo rural y alimentación, departamento agrícola helénico organización “Deméter”. Fundación Nacional de Investigaciones Agrícolas (N.AG.RE.F.), Instituto del Suelo Mapeo y Clasificación. State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013. FAO y CIRAD. Rome. pp. 492-510.



- Osco, V. (2008). Productividad de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con la aplicación de diferentes niveles de fertilización orgánica en la localidad de Tiwanacu. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz-Bolivia. 124 p.
- Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A., Villacrés, E., Rivera, M., y Subia, C. (2009). Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: Chocho, quinua y amaranto, para la Sierra ecuatoriana. Quito, EC. INIAP. Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. 151 (24) pp. 24.
- Peterson, A., Jacobsen, S., Bonifacio, A., y Murphy, K. (2015). A crossing method for quinoa. *Sustainability*, 7(3), pp. 3230-3243.
- Pinargote, J. (2018). Producción de biomasa y determinación del índice de cosecha en genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en la finca experimental la María.
- Pinto, J. (2014). Caracterización morfológica y agronómica de progenies F1 de cruces simples de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en condiciones de Invernadero. Tesis para optar el título de Ingeniero agrónomo. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa, Perú. 127 p.
- PROINPA. (2015). Informe Compendio 2011-2014. Cochabamba, Bolivia.
- Quispe, M. D. (2017). Tres sistemas de control de malezas y su impacto en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivar INIA 431- Altiplano. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa, Perú. 118 p.



- Ramírez, C. V., Guerrero, G. R., y Piedras, J. J. G. (2016). Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana norte de Bogotá. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 19(2), pp. 325-332.
- Reinoso, J., y Paredes, S. (1998). Post-producción de productos andinos en el altiplano: Inventario y demanda. CONDESAN, CIRNMA. Lima, Perú. 136 p.
- Repo-Carrasco, R., Cortez, G., Montes, R., y Villalpando, L. (2007). Cultivos andinos. De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. Primera edición. Córdoba. pp. 243-294.
- Rojas, C. M.-, Burbano-Catucho, G. A. y Muñoz-Certuche, E. F. (2020). Evaluation of the performance of quinua under different densities, fertilization and sowing methods in Cauca. 18(1), pp. 10.
- Rojas, M. (2018). Evaluación carpológica y agronómica de 100 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a 3,320 msnm Morochucos. Tesis para optar título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal. Ayacucho, Perú. 116 p.
- Rojas, R. (2015). Efecto de abonos orgánicos en el rendimiento y composición química de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) variedad hualhuas, en el Distrito de Huando. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. 69 p.
- Rojas, W., Pinto, M., Alanoca, C., Gomez Pando Pedro Leon-Lobos, L. G., Alercia, A., Diulgheroff, S., Padulosi, S., y Bazile, D. (2014). Estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de quinua, FAO. pp. 65-94.



- Rojas, W. y Pinto, M. (2013). La diversidad genética de quinua de Bolivia. Congreso Científico de la Quinoa. pp. 77-91
- Romero, E. M. A. (2021). Caracterización agromorfológica de líneas autofecundadas S10 de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruces simples cercanas y distantes genéticamente en Potojani. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno-Perú. 129 p.
- Ruiz, V. C., De La O Olán, M., Espitia, E., Sangerman, D. M., Hernández, J. M., y Schwentesius, R. (2013). Variabilidad cualitativa y cuantitativa de accesiones de amaranto determinada mediante caracterización morfológica. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(5), pp. 789-801.
- Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña, I. S., Antognoni, F., Martínez, E. A., Coulibaly, A., Canahua, A., Pinto, M., Zurita, A., Bazile, D., Jacobsen, S.-E., y Molina, M. A. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. Agronomy for Sustainable Development, 34(2), pp. 349-359.
- Serrano, C. (2018). Comportamiento agronómico de diez cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Procedentes del altiplano, en zona árida. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 116 p.
- Soto, M., Alonso, C., y Gómez, J. (2017). Estudio comparativo de 12 variedades de quinua orgánica en rendimiento y calidad en la comunidad campesina de San Antonio de Manallasacc, Chiara, Huamanga, región Ayacucho. Resúmenes de exposiciones del VI congreso mundial de la quinua y III simposio internacional de cultivo andinos, Perú. 47 p.



- Spehar, C. R., y Santos, R. L. de B. (2005). Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40(6), pp. 609-612.
- Sun, X., Yang, X., Xue, P., Zhang, Z., y Ren, G. (2019). Improved antibacterial effects of alkali-transformed saponin from quinoa husks against halitosis-related bacteria. *BMC complementary and alternative medicine*, 19(1), pp. 46.
- Tapia, M. (2000). Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. FAO. Santiago de Chile. pp. 56 - 67.
- Tapia, E. (2007). Agronomía de los cultivos andinos. En M. E. Tapia, Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago: FAO. pp. 28-77.
- Tejada, T. N. (2020). Nueva variedad de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) (Chenopodiaceae) para la sierra norte del Perú con características agronómicas y comerciales sobresalientes. *Arnaldoa*, 27(3), pp. 751-768.
- Temel, S., y Keskin, B. (2020). Effect of morphological components on the herbage yield and quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) grown at different dates. *Turkish journal of agriculture and forestry*, 44(5), pp. 533-542.
- Vallejo, F. A., y Estrada, E. I. (2002). Mejoramiento genético de plantas. Universidad Nacional de Colombia. 80 p.
- Veloza, C., Romero, G. y Gómez, J. (2016). Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la sabana Norte de Bogotá, Colombia. 19(2), pp. 332.
- Vía, R., y Fernández, R. (2015). Determinación de la diversidad genética de 172 accesiones de la colección nacional de “quinua” (*Chenopodium quinoa* Willd.)



mediante marcadores microsatélites. Tesis para optar el título de Licenciada en Biología. Universidad Ricardo Palma. Lima, Perú. 90 p.

Wu, G., Peterson, A. J., Morris, C. F., Murphy, K. M. (2016). Quinoa seed quality response to sodium chloride and sodium sulfate salinity. *Frontiers in plant science*. pp. 7, 790.

ANEXOS

Tabla N° 35: Datos de campo para altura de planta de 16 tratamientos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cm.

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
SALxCOL 30	113.90	118.07	125.23	116.30	118.38
HUAxKCA 174	128.40	126.17	140.73	127.27	130.64
COL chk	118.57	117.43	116.77	117.07	117.46
ATP chk	154.50	154.63	152.33	153.23	153.68
CHO chk	115.67	112.73	115.47	111.57	113.86
SALxCOL 37	138.03	117.47	119.13	126.10	125.18
SALxPAN 165	142.93	144.20	122.90	137.07	136.78
KCA chk	93.53	128.30	123.67	124.10	117.40
PAN chk	124.50	120.97	122.67	107.57	118.93
HUAxKCA 194	139.77	125.23	143.90	112.70	130.40
HUA chk	117.80	130.83	126.83	114.47	122.48
SALxPAN 171	120.37	110.23	142.67	120.13	123.35
SALxPAN 58	155.47	132.37	130.03	127.87	136.43
HUAxKCA 53	144.53	126.83	150.50	121.37	135.81
SALxCOL 46	129.17	125.17	122.83	122.80	124.99
SAL chk	164.67	160.60	143.43	145.20	153.48

Tabla N° 36: Datos de campo para diámetro de tallo principal de 16 tratamientos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en mm.

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
SALxCOL 30	13.11	14.10	14.85	14.14	14.05
HUAxKCA 174	14.54	13.02	14.81	13.79	14.04
COL chk	11.99	12.45	14.42	13.05	12.98
ATP chk	13.98	15.79	14.76	14.03	14.64
CHO chk	13.69	13.74	12.01	13.14	13.15
SALxCOL 37	14.70	13.83	14.15	14.50	14.30
SALxPAN 165	14.58	13.00	14.51	12.56	13.66
KCA chk	10.90	12.46	15.61	14.18	13.29
PAN chk	13.84	12.63	13.58	12.18	13.06
HUAxKCA 194	16.04	12.80	14.27	14.51	14.41
HUA chk	12.61	14.22	13.55	12.91	13.32
SALxPAN 171	16.79	12.81	14.68	14.60	14.72
SALxPAN 58	13.24	12.50	15.80	13.34	13.72
HUAxKCA 53	14.79	14.79	14.11	13.54	14.31
SALxCOL 46	14.55	14.86	14.84	14.86	14.78
SAL chk	15.72	14.74	13.55	14.85	14.71

Tabla N° 37: Datos de campo para longitud de panoja de 16 tratamientos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en mm.

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
SALxCOL 30	41.37	45.90	49.27	43.10	44.91
HUAxKCA 174	50.27	54.80	62.90	53.70	55.42
COL chk	52.97	48.73	51.67	52.00	51.34
ATP chk	38.83	40.50	40.37	41.37	40.27
CHO chk	39.30	44.30	48.10	45.97	44.42
SALxCOL 37	46.63	45.10	47.53	49.90	47.29
SALxPAN 165	50.90	46.00	46.20	44.03	46.78
KCA chk	48.27	52.13	50.27	51.80	50.62
PAN chk	40.87	40.57	43.80	41.27	41.63
HUAxKCA 194	59.00	57.43	58.40	57.83	58.17
HUA chk	45.67	54.37	60.40	54.90	53.83
SALxPAN 171	51.07	49.23	62.47	47.20	52.49
SALxPAN 58	47.67	44.07	65.47	44.37	50.39
HUAxKCA 53	57.20	56.20	54.77	53.17	55.33
SALxCOL 46	41.77	50.47	42.97	48.40	45.90
SAL chk	44.03	41.33	46.73	36.07	42.04

Tabla N° 38: Datos de campo para diámetro de panoja de 16 tratamientos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en mm.

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
SALxCOL 30	83.69	80.77	87.90	81.61	83.49
HUAxKCA 174	65.78	75.98	85.66	82.70	77.53
COL chk	71.45	56.66	66.44	70.68	66.31
ATP chk	78.69	96.20	87.94	84.13	86.74
CHO chk	81.28	52.11	78.34	65.13	69.22
SALxCOL 37	103.62	82.29	92.47	93.59	92.99
SALxPAN 165	96.87	90.69	93.39	85.27	91.56
KCA chk	62.62	74.09	79.86	72.31	72.22
PAN chk	83.45	68.52	73.75	65.14	72.71
HUAxKCA 194	88.48	72.17	77.63	77.21	78.87
HUA chk	56.27	76.90	78.21	74.10	71.37
SALxPAN 171	98.91	87.91	100.94	91.52	94.82
SALxPAN 58	93.51	70.84	80.19	93.14	84.42
HUAxKCA 53	81.70	75.66	71.90	70.97	75.06
SALxCOL 46	99.80	89.23	96.63	93.34	94.75
SAL chk	89.98	90.71	97.54	95.26	93.37

Tabla N° 39: Datos de campo para días a la madurez fisiológica de 16 tratamientos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
SALxCOL 30	167	169	169	168	168.25
HUAxKCA 174	163	163	163	164	163.25
COL chk	172	173	174	175	173.50
ATP chk	187	185	185	184	185.25
CHO chk	170	171	170	170	170.25
SALxCOL 37	169	170	168	167	168.50
SALxPAN 165	172	174	174	175	173.75
KCA chk	163	164	163	162	163.00
PAN chk	144	140	147	145	144.00
HUAxKCA 194	162	161	162	161	161.50
HUA chk	160	159	160	160	159.75
SALxPAN 171	172	173	170	171	171.50
SALxPAN 58	172	171	172	173	172.00
HUAxKCA 53	163	163	163	162	162.75
SALxCOL 46	168	168	167	169	168.00
SAL chk	189	189	190	189	189.25

Tabla N° 40: Datos de campo para índice de cosecha de 16 tratamientos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
SALxCOL 30	53.9	47.1	37.9	41.5	45.10
HUAxKCA 174	51.2	38.1	40.0	45.6	43.73
COL chk	30.7	34.7	40.6	40.1	36.53
ATP chk	35.6	40.4	40.6	38.3	38.73
CHO chk	35.4	40.4	37.9	37.9	37.90
SALxCOL 37	39.6	33.3	34.0	38.8	36.43
SALxPAN 165	40.2	30.4	39.3	38.7	37.15
KCA chk	40.7	39.6	40.8	41.5	40.65
PAN chk	38.9	43.8	36.5	40.8	40.00
HUAxKCA 194	53.6	53.4	43.5	54.9	51.35
HUA chk	42.0	43.3	43.8	48.1	44.30
SALxPAN 171	38.8	48.4	39.8	49.6	44.15
SALxPAN 58	44.8	45.2	43.4	44.4	44.45
HUAxKCA 53	39.2	47.1	51.7	49.4	46.85
SALxCOL 46	37.5	41.4	46.8	53.6	44.83
SAL chk	36.0	30.8	32.8	41.2	35.20

Tabla N° 41: Datos de campo para diámetro de grano de 16 tratamientos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
SALxCOL 30	2.36	2.38	2.38	2.36	2.37
HUAxKCA 174	2.17	2.11	2.11	2.16	2.14
COL chk	1.80	2.04	1.95	1.85	1.91
ATP chk	2.24	2.35	2.39	2.30	2.32
CHO chk	2.02	2.07	2.05	2.15	2.07
SALxCOL 37	2.42	2.38	2.34	2.31	2.36
SALxPAN 165	2.14	2.26	2.35	2.29	2.26
KCA chk	1.94	2.03	2.07	1.91	1.99
PAN chk	2.53	2.54	2.55	2.54	2.54
HUAxKCA 194	1.97	2.14	2.16	2.03	2.08
HUA chk	1.92	2.06	1.96	2.16	2.03
SALxPAN 171	2.27	2.25	2.27	2.23	2.25
SALxPAN 58	2.15	2.34	2.33	2.32	2.29
HUAxKCA 53	2.19	2.10	2.12	2.17	2.14
SALxCOL 46	2.45	2.43	2.42	2.41	2.43
SAL chk	2.26	2.38	2.34	2.39	2.34

Tabla N° 42: Datos de campo para rendimiento de semilla por hectárea de 16 tratamientos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
SALxCOL 30	4631.4	4208.1	4311.9	4046.3	4299.40
HUAxKCA 174	4872.1	3311.7	5067.2	4606.5	4464.36
COL chk	2755.6	3477.7	2950.7	3386.4	3142.59
ATP chk	4340.9	4523.5	4589.9	4614.8	4517.28
CHO chk	3054.4	4120.9	4448.8	4448.8	4018.24
SALxCOL 37	4830.6	4461.3	5341.1	2971.4	4401.08
SALxPAN 165	5287.1	6059.0	4141.7	5635.7	5280.88
KCA chk	2871.8	4448.8	4519.4	4498.6	4084.64
PAN chk	2423.6	3510.9	3527.5	2423.6	2971.40
HUAxKCA 194	4486.2	4166.6	5515.4	4797.4	4741.38
HUA chk	3095.9	4859.7	4689.5	3751.6	4099.16
SALxPAN 171	6258.2	4814.0	7988.8	4975.9	6009.20
SALxPAN 58	5888.9	4274.5	5614.9	5054.7	5208.25
HUAxKCA 53	5614.9	4950.9	4042.1	4834.8	4860.69
SALxCOL 46	4843.1	4926.1	6511.4	6034.1	5578.64
SAL chk	4589.9	4594.1	4784.9	4203.9	4543.21

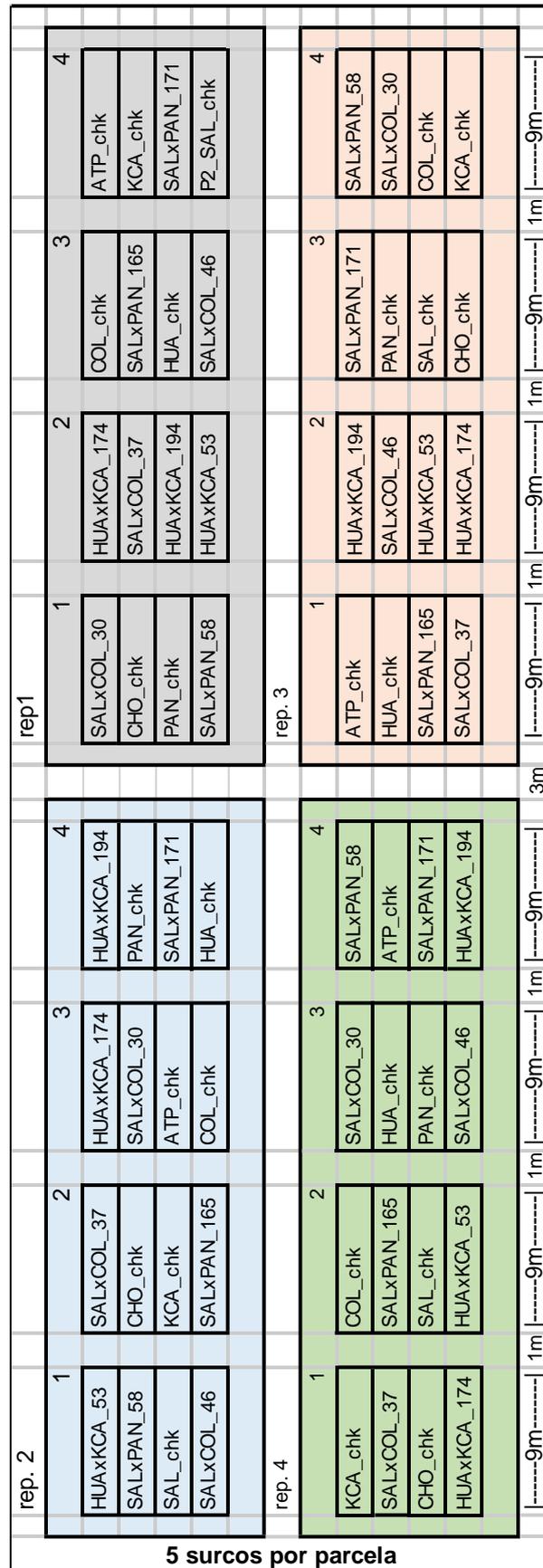


Figura N° 16: Croquis del área experimental y la distribución de las progenies (Campaña agrícola 2019-22020).



Tabla N° 43: Datos meteorológicos de Camacani. (Campaña agrícola 2019-2020).

"SENAMHI ORGANO OFICIAL Y RECTOR DEL SISTEMA HIDROMETEOROLOGICO NACIONAL AL SERVICIO DEL DESARROLLO SOCIO ECONOMICO DEL PAIS"										
ESTACION	CO. 100088	LATITUD	15°49'13.4"			DEPARTAMENTO	PUNO			
	PUNO	LONGITUD	69°58'26.9"			PROVINCIA	PUNO			
		ALTITUD	3819			DISTRITO	PUNO			
PARAMETRO: PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA MAXIMA EN °C										
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	SET	OCT	NOV	DIC	
2019						16.8	17.2	16.9	17.7	
2020	16.7	16.1	16.2	14.8	15.0					
PARAMETRO: PROMEDIO MENSUAL DE TEMPERATURA MINIMA EN °C.										
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	SET	OCT	NOV	DIC	
2019						2.4	2.8	4.9	6.0	
2020	5.1	6.0	5.8	5.6	3.6					
PARAMETRO: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL EN mm.										
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	SET	OCT	NOV	DIC	
2019						29.6	51.4	86.5	71.4	
2020	133.7	169.1	90.7	15.2	1.8					
PARAMETRO: PROMEDIO MENSUAL DE HUMEDAD RELATIVA EN %										
AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	SET	OCT	NOV	DIC	
2019						72.5	72.4	77.4	80.0	
2020	80.0	83.3	84.6	60.3	44.8					
Puno, 24 de Marzo del 2021.										

REPORTE DE ANALISIS

SOLICITANTE : Gaby Yeny Marquez Quispe.
PROCEDENCIA : Puno.
PRODUCTO : Granos de Quinua.
CANTIDAD :
MUESTREO : Interesado.
TIPO DE ANALISIS : Análisis de Saponina y Proteína.
N° DE ANALISIS : 09.
FECHA DE RECEPCIÓN : 26 de Julio del 2021.
FECHA DE CERTIFICACIÓN : 13 de Agosto del 2021.

DETERMINACIONES:

N°	Clave Usuario	Saponina %	Proteína %
01	HUAxKCA 194 C1	0.041	11.20
02	HUAxKCA 174 C1	0.059	11.36
03	SALxPAN 58 C4	0.024	12.33
04	SALxPAN 165 C4	0.000	12.30
05	ATP chk chk	0.033	12.00
06	CHO chk chk	0.041	11.96
07	HUA chk P1	0.037	11.63
08	PAN chk P4	0.006	10.74
09	COL chk P6	0.059	11.13
10	SALxCOL 37 C6	0.042	12.37
11	SALxPAN 171 C4	0.013	12.13
12	HUA x KCA 53 C1	0.040	11.14
13	KCA chk P5	0.048	11.30
14	SALchk P2	0.011	12.00
15	SALxCOL 46 C6	0.041	12.12
16	SALxCOL 30 C6	0.036	12.09

Referencias:

- Metodologías analíticas en Quinua. 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 Quinua 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 N° 17: Reporte análisis de proteína y saponina (INIA).



ANÁLISIS DE FERTILIDAD

Nombre: Universidad Nacional del Altiplano Puno.
Fecha de Recepción: 28 de Octubre del 2019.
Localidad/Sector: Camatcami.

Fecha de Certificación: 31 de Octubre del 2019.

Cod. Lab.	COD. USUARIO	ANÁLISIS MECÁNICO			N %	P (ppm)	K (ppm)	Suelo: Agua 1:2.5		M.O. %	Al (meq/100 gr)	CO ₂ Ca %
		Arena %	Arcilla %	Limo %				Textura	pH			
314B2	M-1	41.44	11.28	47.28	F	103.60	6.34	0.421	1.63	0.00	0.00	

Referencias:
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.
Observaciones: (El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo).

I N I A
ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILIPA - PUNO

Ing. JORGE CAMILIA ROJAS
Jefe Laboratorio Análisis
S A I C E D O



Los resultados son aplicables a estas muestras.

Av. La Molina 1981, La Molina
T: (051) 240 2100 anexo 214
www.inia.gob.pe
www.minagri.gob.pe

Figura N° 18: Análisis de fertilidad de suelo experimental. (INIA) (Campaña agrícola 2019-2020).



PANEL FOTOGRAFICO









