



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



**CARACTERIZACIÓN AGROMORFORLÓGICA DE UN HÍBRIDO  
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) PROCEDENTE DE  
GENITORES GENÉTICAMENTE CERCANAS DE LA CRUZA  
(SAL X PAN 171) EN PUNO, PERÚ.**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. VALERIO HALANOCA CARI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## DEDICATORIA

A DIOS, por la vida, la salud, la fuerza y por dirigir siempre mí camino.

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

A mi amada y fiel compañera Mareli y a mi querido hijo Jeremy por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, por acompañarme en todo momento durante el proyecto de investigación, por ser mi inspiración de superación personalmente y profesionalmente.

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

***Valerio Halanoca Cari***



## AGRADECIMIENTO

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

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, docentes y personal administrativo por haberme formado académicamente con conocimientos que contribuyeron y contribuirán en mi formación profesional.

Al Proyecto “Mejoramiento Genético de Granos Andinos” en convenio con la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, junto a la Universidad de Hohenheim – Alemania y la organización KWS – Alemania. Por haberme dado la oportunidad de formar parte como tesista y brindándome el apoyo durante la ejecución del presente trabajo de investigación.

A los miembros del Jurado calificador de tesis, por tomarse su compromiso en la revisión y mejora de este trabajo de investigación, al D.Sc. Silverio Apaza Apaza como presidente, al M.Sc. Saturnino Marca Vilca como primer miembro, D.Sc. Juan Carlos Luna Quecaño como segundo miembro.

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

A mis amigos, Elí, Javier, Erika, Alex y Luis Ángel.

*Valerio Halanoca Cari*



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**INDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN** ..... 15

**ABSTRACT**..... 16

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVO GENERAL** ..... 19

**1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS** ..... 19

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS** ..... **20**

2.1.1. Cultivo de quinua ..... 20

2.1.2. Domesticación..... 20

2.1.3. Importancia del cultivo de la quinua ..... 21

2.1.4. Descripción botánica ..... 21

2.1.4.1. Planta ..... 22

2.1.4.2. Raíz ..... 22

2.1.4.3. Tallo ..... 22

2.1.4.4. Hojas ..... 22



2.1.4.5. Inflorescencia.....	23
2.1.4.6. Flores .....	23
2.1.4.7. Fruto.....	23
2.1.4.8. Semilla.....	24
2.1.5. Fenología de la quinua .....	24
2.1.5.1. Germinación .....	25
2.1.5.2. Dos hojas verdaderas .....	25
2.1.5.3. Cuatro hojas verdaderas.....	25
2.1.5.4. Seis hojas verdaderas.....	26
2.1.5.5. Ramificación.....	26
2.1.5.6. Inicio de panojamiento .....	26
2.1.5.7. Panojamiento .....	27
2.1.5.8. Inicio de floración.....	27
2.1.5.9. Floración.....	27
2.1.5.10. Grano acuoso .....	27
2.1.5.11. Grano lechoso .....	27
2.1.5.12. Grano pastoso .....	28
2.1.5.13. Madurez fisiológica .....	28
2.1.5.14. Madurez de cosecha.....	28
2.1.6. Requerimiento del cultivo.....	28
2.1.6.1. Suelo .....	28
2.1.6.2. pH .....	29
2.1.6.3. Clima .....	29
2.1.6.4. Precipitación .....	29
2.1.6.5. Temperatura.....	30



2.1.6.6. Radiación .....	30
2.1.6.7. Fotoperiodo.....	30
2.1.6.8. Valor nutritivo .....	31
2.1.6.9. Saponina .....	31
2.1.7. Variedad de quinua .....	32
2.1.7.1. Salcedo INIA .....	32
2.1.7.2. Pandela rosada 171 .....	32
2.1.8. Caracterización agromorfológica.....	33
2.1.8.1. Caracterización agronómica .....	33
2.1.8.2. Caracterización morfológica.....	33
2.1.9. Genética y herencia .....	34
2.1.10. El mejoramiento genético de la quinua .....	34
2.1.11. Estadística descriptiva.....	36
2.1.12. La media.....	36
2.1.13. Coeficiente de variación.....	36
2.1.14. Desviación estándar .....	36
2.1.15. Análisis de varianza .....	36
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>37</b>
2.2.1. Progenitor.....	37
2.2.2. Híbrido .....	37
2.2.3. Cruzamiento .....	37
2.2.4. Rendimiento .....	37
2.2.5. Proteína .....	37
2.2.6. Perigonio .....	38
2.2.7. Gen.....	38



2.2.8. Precocidad.....	38
2.2.9. Aminoácidos .....	38
2.2.10. Vernier .....	38
2.2.11 Cotiledón.....	39
<b>2.3. ANTECEDENTES .....</b>	<b>39</b>

### **CAPITULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN .....</b>	<b>42</b>
3.1.1. Ámbito de estudio .....	42
3.1.2. Localización del proyecto .....	43
<b>3.2. HISTORIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS.....</b>	<b>43</b>
<b>3.5. CONTENIDO DE SAPONINA Y PROTEÍNA.....</b>	<b>44</b>
<b>3.6. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS.....</b>	<b>45</b>
<b>3.7. MATERIAL EXPERIMENTAL .....</b>	<b>45</b>
3.7.1. Material biológico .....	45
<b>3.8. MATERIAL DE CAMPO .....</b>	<b>46</b>
3.8.1. Insumos .....	46
3.8.2. Herramientas y materiales.....	46
3.8.3. Equipos de campo .....	46
3.8.4. Equipos y materiales de laboratorio.....	47
<b>3.9. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>47</b>
<b>3.10. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>47</b>
<b>3.11. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>48</b>



<b>3.12. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO .....</b>	<b>48</b>
3.12.1. Preparación del terreno .....	48
3.12.2. Siembra .....	48
3.12.3. Fertilización .....	48
3.12.4. Control de malezas.....	48
3.12.5. Desahije.....	49
3.12.6. Rouging.....	49
3.12.7. Aporque.....	50
3.12.8. Cosecha .....	50
3.12.9. Emparvado .....	50
3.12.10. Trillado.....	50
3.12.11. Venteado .....	50
3.12.12. Almacenamiento .....	50
<b>3.13. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS     AGROMORFÓLOGICAS .....</b>	<b>51</b>
<b>3.14. MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA CARACTERÍSTICAS     AGRONÓMICAS.....</b>	<b>52</b>
3.14.1. Altura de planta.....	52
3.14.2. Diámetro de tallo.....	52
3.14.3. Longitud de panoja.....	52
3.14.4. Diámetro de panoja .....	52
3.14.5. Número de días a floración .....	52
3.14.6. Número de días a madurez fisiológica.....	53
3.14.7. Peso de 1000 granos.....	53
3.14.8. Diámetro de grano.....	53





3.14.9. Rendimiento de grano por planta .....	53
3.14.10. Rendimiento de grano por hectárea .....	53
3.15.11. Índice de cosecha .....	54
3.15.12. Comportamiento al Mildiu.....	54
3.15.13. Daño por aves.....	54
<b>3.15. MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS .....</b>	<b>54</b>
3.15.1. Color de panoja en floración.....	54
3.15.2. Color de panoja en madurez fisiológica.....	55
3.15.3. Forma de la panoja.....	55
3.15.4. Densidad de la panoja .....	55
<b>3.16. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>56</b>
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. EVALUACIÓN BIOMÉTRICA DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS .....</b>	<b>57</b>
4.1.1. Altura de planta.....	57
4.1.2. Diámetro de tallo.....	58
4.1.3. Diámetro de la panoja .....	60
4.1.4. Longitud de la panoja.....	62
4.1.5. Número de días a Floración .....	64
4.1.6. Número de días a madurez fisiológica.....	66
4.1.7. Rendimiento de semilla por planta.....	68
4.1.8. Rendimiento de semilla por hectárea .....	69
4.1.9. Peso de 1000 granos de quinua .....	70



4.1.10. Diámetro de grano.....	72
4.1.11. Índice de cosecha .....	73
4.1.12. Contenido de saponina y proteína.....	75
4.1.13. Comportamiento al Mildiu.....	75
4.1.14. Daños por aves .....	75
<b>4.2. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS .....</b>	<b>76</b>
4.2.1. Color de panoja en floración.....	76
4.2.2. Color de panoja a maduración fisiológica.....	77
4.2.3. Forma de la panoja.....	77
4.2.4. Densidad de panoja .....	78
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>79</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>88</b>

**ÁREA:** Ciencias agrícolas

**TEMA:** Manejo Agronómico de Cultivos

**FECHA DE SUSTENTACION:** 13 de enero del 2023



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Análisis de caracterización del suelo. ....	44
<b>Tabla 2.</b>	Datos meteorológicos durante la campaña (2021 - 2022), según "SENAMHI" de la estación Rincón de la Cruz de Acora.....	45
<b>Tabla 3.</b>	Híbrido de quinua de la cruz (SAL X PAN 171 .....	46
<b>Tabla 4.</b>	Medidas del campo experimental, campaña agrícola 2021-2022.....	47
<b>Tabla 5.</b>	Población de malezas presentes en el experimento. ....	49
<b>Tabla 6.</b>	Variables de estudio evaluadas durante la investigación. ....	51
<b>Tabla 7.</b>	Altura de planta, del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).....	57
<b>Tabla 8.</b>	Diámetro de tallo del híbrido de quinua (SAL X PAN 171). ....	59
<b>Tabla 9.</b>	Diámetro de la panoja de un híbrido de quinua (SAL X PAN 171). ....	61
<b>Tabla 10.</b>	Longitud de la panoja del híbrido de quinua (SAL X PAN 171). ....	63
<b>Tabla 11.</b>	Número de días a floración del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).....	65
<b>Tabla 12.</b>	Número de días a madurez fisiológica del híbrido (SAL X PAN 171). ....	67
<b>Tabla 13.</b>	Rendimiento de semilla por planta del híbrido de quinua (SAL X PAN 171). .....	69
<b>Tabla 14.</b>	Rendimiento de semilla por hectárea del híbrido de quinua .....	70
<b>Tabla 15.</b>	Peso de 1000 granos del híbrido de quinua (SAL X PAN 171). ....	71
<b>Tabla 16.</b>	Diámetro de grano de la quinua híbrida (SAL X PAN 171).....	73
<b>Tabla 17.</b>	Índice de cosecha del híbrido de quinua (SAL X PAN 171). ....	74
<b>Tabla 18.</b>	Contenido de Saponina y Proteína del híbrido (SAL X PAN 171). ....	75
<b>Tabla 19.</b>	Color de panoja a floración, color de panoja a madurez fisiológica, forma de panoja, densidad de panoja, del híbrido de quinua (SAL X PAN 171). ....	76



**Tabla 20.** Color de panoja a floración, color de panoja a madurez fisiológica, forma de panoja, densidad de panoja, del híbrido de quinua (SAL X PAN 171). ..... 78



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Localización del campo experimental en el (CE.) Camacani.....	43
<b>Figura 2.</b>	Forma de panoja de la quinua ( <i>Chenopodium quinoa Willd.</i> ).....	55
<b>Figura 3.</b>	Evaluación de la altura de planta, de un híbrido de quinua (SAL X PAN 171).....	58
<b>Figura 4.</b>	Evaluación del diámetro de tallo del híbrido de quinua (SAL X PAN 171). .....	60
<b>Figura 5.</b>	Evaluación del diámetro de panoja del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).....	62
<b>Figura 6.</b>	Evaluación de longitud de panoja del híbrido de quinua (SAL X PAN 171). .....	64
<b>Figura 7.</b>	Evaluación de número de días a floración del. híbrido (SAL X PAN 171). .....	66
<b>Figura 8.</b>	Número de días a maduración fisiológica del híbrido (SAL X PAN 171).	68
<b>Figura 9.</b>	Peso de 1000 granos, del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).....	72
<b>Figura 10.</b>	Color de panoja a floración, del híbrido (SAL X PAN 171) campaña agrícola 2021 – 2022. ....	77



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

CE	: Centro Experimental
CIP	: Centro de Investigación y Producción.
CV	: Coeficiente de variación.
DRAP	: Dirección Regional Agraria Puno.
DE	: Desviación Estándar
FAO	: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
IC	: Índice de cosecha
INIA	: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
ISTA	: International Seed Testing Association.
M	: Media.
PAN	: Pandela Rosada.
PROINPA	: Promoción e Investigación de Productos Andinos.
SAL	: Salcedo INIA.
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.



## RESUMEN

Actualmente la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es un grano andino de mucha importancia en todo el mundo por su alto contenido de proteínas y aminoácidos esenciales; por otro lado, la falta de cultivares con mayores rendimientos y precoces, son de importancia para el agricultor, poniendo en peligro la seguridad alimentaria, sobre todo en el altiplano de Puno. Por lo tanto es necesario obtener variedades con altos rendimientos bajo condiciones del altiplano peruano, razón por la cual se realizó la investigación en el Centro Experimental de Camacani, ubicado en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería, Puno, Perú, durante la campaña agrícola 2021-2022. El objetivo general fue; Caracterizar agromorfológicamente un híbrido de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), procedente de genitores genéticamente cercanas de la cruce (SAL X PAN 171), en Puno, Perú. Las cuales fueron sometidas a un Diseño No Experimental Mixto del tipo transversal descriptivo. Para la evaluación y caracterización de la quinua se utilizó la metodología propuesta por Bioversity International (2013). Los resultados fueron: en la caracterización agronómica, la planta presentó 155.5 cm de altura, diámetro de tallo 17.6 mm, longitud de la panoja 45.1 cm, diámetro de panoja 80.6 mm, peso de 1000 granos de 3.8 g, diámetro de grano 2.2 mm, con respecto al número de días a floración fue de 88 días, la madurez fisiológica a los 176.5 días, el contenido de saponina fue de 0.001 % y de proteína 10.76%. El color de la panoja en floración y en maduración fue púrpura. La forma de la panoja y la densidad de la panoja estuvieron en la escala intermedia, en cuanto al comportamiento frente al Mildiu, estuvo en la escala intermedia y frente al comportamiento de aves fue muy bajo. Finalmente, este híbrido (SAL X PAN 171), tuvo un rendimiento de 48 g de semilla/planta y 7640 kg/ha y con 177 días a la maduración.

**Palabras clave:** Caracterización agromorfológica, genitores cercanos, híbrido, quinua.



## ABSTRACT

Currently quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), is an Andean grain of great importance throughout the world for its high content of proteins and essential amino acids; on the other hand, the lack of cultivars with higher yields and precoces, are of importance for the farmer, endangering food security, especially in the highlands of Puno, It is therefore necessary to obtain varieties with high yields under conditions of the Peruvian highlands, which is why the research was carried out at the Experimental Center of Camacani, located in the town of Camacani, district of Platería, Puno, Peru, during the 2021-2022 agricultural campaign. The overall objective was; To characterize agromorphologically a hybrid of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), from genetically close to the cross (SALT X PAN 171), in Puno, Peru. Which were submitted to a Mixed Non-Experimental Design of the cross-sectional, descriptive type. For the evaluation and characterization of quinoa, the methodology proposed by Bioversity International (2013) was used. The results were: in the agronomic characterization, the plant presented 155.5 cm in height, stem diameter 17.6 mm, panicle length 45.1 cm, panicle diameter 80.6 mm, weight of 1000 grains of 3.8 g, grain diameter 2.2 mm, with respect to the number of days at flowering was 88 days, physiological maturity at 176.5 days, The content of saponin was 0.001 % and protein 10.76%. The color of the flowering and ripening panicle was purple. The shape of the panicle and the density of the panicle were on the intermediate scale, in terms of behavior against Mildew, it was on the intermediate scale and compared to bird behavior it was very low. Finally, this hybrid (SALT X BREAD 171), had a yield of 48 g of seed / plant and 7640 kg / ha and with 177 days to maturation.

**Key words:** Agromorphological characterization, close parents, hybrid, quinoa.





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es uno de los cultivos que ha tomado mucha importancia en el siglo XXI, por presentar características nutricionales y esenciales para el cuerpo humano, este cultivo es una especie de los Andes, y ha sido cultivado desde tiempos preincaicos, últimamente adquirió atención de muchos países por su habilidad de adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas. En estos últimos tiempos, la pandemia mundial nos ha demostrado que la necesidad de alimentos se duplicará en los próximos 30 años, el mundo enfrentará problemas de escasez de alimento; este crecimiento demográfico exige un incremento de producción de alimentos para poder satisfacer las necesidades mínimas de nutrición. El interés de este cultivo ha recorrido el mundo entero, cada día exige una mayor producción de quinua, las condiciones medioambientales de las zonas agroecológicas del altiplano se caracterizan por su gran variabilidad climática espacial y temporal, la presencia de precipitaciones, variación de temperaturas, los niveles de producción y productividad de la quinua son variables entre las campañas agrícolas (Mujica et al., 2013).

La quinua generalmente es para el autoconsumo, actualmente las variedades de quinua que se utilizan no son puras, la población local es de bajo rendimiento y las pequeñas parcelas de los agricultores es principalmente para su autoconsumo. Por eso, la producción no es óptima por la falta de semillas comerciales de calidad, y también está en declive por la incorporación de alimentos alternativos de fácil consumo (Curty, 2016).

En este contexto, la quinua híbrida (SAL X PAN 171), se presenta como una alternativa, debido a sus múltiples pisos agroecológicos, su desarrollo en diversos



climas bajo condiciones extremas de sequía, salinidad y diferentes tipos de suelo ya que sus progenitores tienen esa cualidad.

Por otro lado, los expertos en la mejora genética, tienen el deber de seleccionar e identificar los genotipos de quinua con un buen ideotipo para la región, siendo un ideotipo un conjunto de características asociadas con el rendimiento y la adaptabilidad a diferentes condiciones edafoclimáticas, esta selección se realiza por medio de la caracterización agromorfológica (Chopra, 2014).

Así mismo es importante tener en cuenta las características morfológicas de la quinua como: diámetro, longitud y densidad de panoja, tamaño de grano, precocidad, y el contenido de proteínas; con la finalidad de tener genotipos de quinua con características agronómicas y morfológicas deseadas por los agricultores (Barahona, 2022). También es fundamental incrementar el rendimiento y calidad de la quinua mediante mejoramiento genético enfocado en la generación de nuevas variedades más eficientes que minimicen el efecto de factores limitantes de producción, actualmente los marcadores moleculares y distancias genéticas son herramientas importantes para facilitar el mejoramiento (Bazile et al., 2016).

En este contexto la investigación: Caracterización agromorfológica de un híbrido de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedente de genitores genéticamente cercanas de la cruce (SAL X PAN 171), en condiciones de Camacani, Puno, Perú. Tuvo por objetivo evaluar las características agromorfológicas de un híbrido de quinua, para que se pueda liberar una nueva variedad con mayores rendimientos, mejores características agronómicas, morfológicas, con resistencia a factores abióticos y bióticos adversos.



### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Caracterizar agromorfológicamente un híbrido de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), procedente de genitores genéticamente cercanas de la cruza (SAL X PAN 171), en Puno, Perú.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar las características agronómicas mediante descriptores, de un híbrido de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), procedente de genitores genéticamente cercanas de la cruza (SAL X PAN 171), en Puno, Perú.
- Determinar las características morfológicas de un híbrido de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), procedente de genitores genéticamente cercanas de la cruza (SAL X PAN 171), en Puno, Perú.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. REFERENCIAS TEÓRICAS

##### 2.1.1. Cultivo de quinua

Según Romero, (2021) la quinua pertenece a la familia Amarantaceae, llegó a tener mucha fama mundial e importancia por su alto valor nutricional, su centro de origen aún está en discusión ya que muchos autores indican que este cultivo se originó en los andes de Perú y Bolivia, ya que son los lugares donde más evidencias genéticas se encuentran. Esta planta es rústica lo cual permite combatir condiciones ambientales extremas, que hace que se puede cultivar en zonas con humedades relativas desde 40% hasta 88% y soportar temperaturas desde  $-4^{\circ}\text{C}$  hasta  $38^{\circ}\text{C}$ . Así mismo, es eficiente en el uso del agua permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm (PROINPA, 2015).

En estos últimos años su importancia de estudio es imprescindible a nivel mundial, por sus inherentes cualidades nutricionales y se muestra como un cultivo alternativo al constante cambio climático (Dominguez et al., 2014).

##### 2.1.2. Domesticación

Según Bazile, (2016) esta planta se domesticó hace más de 7000 AC. En el altiplano peruano. Por otro lado, Alandia, (2019) menciona que este grano fue producido y conservado en el sur de los andes, y pasado el tiempo tomó la importancia por los consumidores por su alto valor nutricional que presenta. Del mismo modo Mujica, (2015) indica que esta planta posiblemente se originó en las orillas del Lago Titicaca y que se extendió por todo el altiplano y los valles interandinos donde fue domesticada por los habitantes de esa cultura y que posteriormente fue extendiéndose y



adaptándose a diferentes condiciones agroclimáticas, generando que el cultivo tenga importancia en las necesidades alimentarias de las personas.

### **2.1.3. Importancia del cultivo de la quinua**

La quinua es importante por varias razones, por ejemplo; como por su fácil adaptación ecológica a las condiciones ambientales y por sus propiedades agronómicas, es una especie con un alto valor nutricional que puede combatir y promover la seguridad alimentaria de una población que padece de alimentos sin proteína, donde las condiciones de producción están limitadas por factores como baja humedad o poca disponibilidad de insumos de producción, este cultivo también contiene todos los aminoácidos necesarios para el cuerpo humano, como leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina (Chávez et al., 2017). Su contenido de proteína típicamente varía entre 12-17% y está influenciado por el cultivo, la fertilidad del suelo y el ambiente (Rojas, 2018). Por otro lado, Zurita, (2014) indica que es libre de gluten y, por lo tanto, puede ser consumido de manera segura por personas con alergia al gluten o enfermedad celíaca.

### **2.1.4. Descripción botánica**

El cultivo de quinua es una planta anual, rústica y erecta, dicotiledónea de amplia dispersión geográfica, con características particulares en su morfología y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva, su raíz naturalmente mide de 20 a 30 cm de longitud, el fruto es seco y alcanza a medir 2 mm aproximadamente y la semilla tiene una multitud de colores como: blanco, rosado, naranja, rojo, marrón y negro (Apaza et al., 2013).



#### **2.1.4.1. Planta**

Esta planta suele alcanzar una altura de 1.20 a 1.50 metros (Portilla, 1955). Por otro lado, Mujica, (2000) menciona que la altura de la quinua varía mucho, desde los 0.3 a 3 metros, dependiendo del genotipo, condiciones ambientales y fertilidad del suelo. También menciona que la quinua se clasifica como una planta C3.

#### **2.1.4.2. Raíz**

La raíz de la quinua es del tipo pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, se desarrolla bien en suelos franco arenosos, la raíz principal es muy notable que las secundarias, que confiere una apariencia de una gran cabellera variando con el tipo de suelo donde crece (Aguilar, 2019). Sin embargo, Gandarillas, (1979) menciona que la profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de planta.

#### **2.1.4.3. Tallo**

El tallo de la planta de la quinua es cilíndrico y a medida que se aparta del suelo se vuelve anguloso, la corteza es firme y densa formada por tejidos fuertes y lignificados, puede tener o no ramas dependerá de la variedad y la densidad de siembra, en los tallos jóvenes la médula es suave y cuando madura la médula es esponjosa y seca (Gómez, 2014).

#### **2.1.4.4. Hojas**

La hoja de la planta está constituida por peciolo y lámina, son alternas, los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta. Se menciona que la hoja de la planta tiene una forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosa y tierna, cubierta por cristales de oxalato de calcio, su coloración es muy variable va del verde al



rojo con diferentes tonalidades, también tiene importancia gastronómica y en muchos lugares lo usan como medicina natural (Apaza et al., 2013).

#### **2.1.4.5. Inflorescencia**

La quinua tiene una inflorescencia del tipo racimosa, la longitud de la panoja varía de 15 a 70 cm, naturalmente se encuentra en el ápice de la planta y en el ápice de las ramas. Está constituida por un eje principal, ejes secundarios y ejes terciarios. Considerando la forma y posición de los glomérulos se pueden clasificar en amarantiformes, glomeruladas e intermedias. La longitud del eje secundario y terciario determina si la inflorescencia es laxa, mediana o compacta; la última característica está relacionada con el tamaño de los granos, siendo los más pequeños, los formados en panojas compactas (Aguilar, 2019).

#### **2.1.4.6. Flores**

Las flores de esta planta son pequeñas, sésiles 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. Además, es una planta ginomonoica porque presenta dos tipos de flores en la misma planta; hermafroditas y pistiladas. Sus 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 (Aguilar, 2019). Cuando está en el proceso de polinización las flores se abren durante un periodo de 5 a 7 días (Hernández, 2010).

#### **2.1.4.7. Fruto**

El fruto es un aquenio de forma lenticular, elipsoidal, cónica, cubierto por el perigonio sepaloide, y se desprenden con facilidad a la madurez; sin embargo, en



algunas ocasiones puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la cosecha y el procesamiento industrial de los granos (Gómez, 2014). Por otro lado, Portilla, (1993) describe al fruto de una manera más sencilla, como un fruto en forma de nuez de diversos colores y con un diámetro estándar de 1 a 2 mm, el fruto está constituido del pericarpio y la semilla. El pericarpio está adherido a la capa de las semillas y el nivel de adherencia es variable, tiene alveolos en su superficie y la saponina que le da el sabor amargo al grano. El fruto puede alcanzar un diámetro de 1.5 a 3 mm, y para el autoconsumo la gente de los Andes separa el pericarpio tostado primeramente el grano y frotándolo después con los pies durante un buen tiempo en una batea de piedra, puesto que la saponina le da un sabor amargo. Según FAO, (2010) la quinua se puede clasificar en tres tamaños de semilla: grande de 2,2 a 2,6 mm, mediano de 1,8 a 2,1 mm y pequeños menores a 1,8 mm, pero se debe reconocer que en una misma panoja pueden existir granos de diferentes tamaños.

#### **2.1.4.8. Semilla**

Según Apaza, (2013) la semilla es el fruto maduro desprovisto de perigonio, tiene forma lenticular, elipsoidal, esferoidal, cuenta con tres secciones, la primera el epispermo, en ello se encuentra la saponina quien es el responsable de darle un sabor amargo; seguido por el embrión, éste está formado por dos cotiledones y la radícula que constituyen el 30% del volumen total de la semilla y envuelve a la epispermo como un anillo y finalmente el perisperma siendo el principal tejido de almacenamiento, está constituido principalmente por almidón ocupando un 60 % del volumen de la semilla.

#### **2.1.5. Fenología de la quinua**

La fenología es el cambios externo durante el proceso y desarrollo de la planta y está estrictamente ligada a las condiciones medio ambientales existentes durante el desarrollo del cultivo, además la quinua presenta fases fenológicas bien determinadas y





diferenciadas, las cuales permiten identificar cambios que ocurren durante el desarrollo de las plantas y proporcionan el tiempo adecuado para realizar propagaciones, labores culturales, riego, control de plagas y enfermedades, así mismo identificar épocas críticas del cultivo (Marca, 2022). Se han determinado 12 fases fenológicas (Chura et al., 2019).

#### **2.1.5.1. Germinación**

Mujica et al., (2013) indican que las semillas de quinua pueden germinar muy rápidamente en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura, siendo la primera estructura en aparecer la radícula que se extienden hacia el suelo, luego de la formación del sistema radicular sale, el hipocótilo que crece ascendentemente atravesando el suelo, trayendo los cotiledones a la superficie para comenzar el proceso de fotosíntesis.

#### **2.1.5.2. Dos hojas verdaderas**

En esta etapa fenológica, la planta presenta dos hojas romboidales alargadas, proceso que ocurre entre los 15 a 20 días después de la siembra y se ven claramente las nervaduras, en esta fase fenológica la plántula puede ser atacado por gusanos cortadores como: (*Copitarsia turbata* H.S.) y (*Feltia experta* Walker) “Ticuchis” (Mujica et al., 2013).

#### **2.1.5.3. Cuatro hojas verdaderas**

Esta fase se caracteriza por la presencia de cuatro hojas verdaderas alargadas, aún se puede observar el cotiledón color verdoso, este proceso ocurre entre los 25 a 30 días después de la siembra. Sin embargo, es muy susceptible a insectos masticadores de hojas como (*Epitrix subcrinita* y *Diabrotica de color*), esto dicho por (Mujica et al., 2013).



#### **2.1.5.4. Seis hojas verdaderas**

Esta fase fenológica se da a partir de los 35 a 45 días después de la siembra, se aprecia el crecimiento de 3 pares de hojas verdaderas, los cotiledones se tornan amarillos y ligeramente sueltos, las hojas axilares ya son visibles, en esta etapa se observa la protección del ápice vegetativo por las hojas adultas, esto en respuesta a la presencia de bajas temperaturas durante la noche, la falta de agua o el estrés hídrico (Romero et al., 2021).

#### **2.1.5.5. Ramificación**

Generalmente esto ocurre a partir de los 45 a 50 días después de la siembra. En esta fase se observa ocho hojas verdaderas extendidas, con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se observa la presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinuas de valle (Barahona, 2022). Sin embargo, el área foliar se incrementa considerablemente y se puede tener problemas con insectos cortadores de hojas y enfermedades como el mildiu (Aguilar, 2016). Además, en esta etapa fenológica se inicia con la cosecha de las hojas para el consumo como verdura, ya que se aprecia numerosas hojas tiernas (Mujica et al., 2013).

#### **2.1.5.6. Inicio de panojamiento**

Generalmente esto ocurre a los 55 a 60 días después de la siembra. En esta fase fenológica se observa amarillamiento en el primer par de hojas verdaderas y finalmente se produce una fuerte elongación y engrosamiento del tallo, se aprecia la inflorescencia que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededores aglomeraciones de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes también



hay presencia de ataque de *Eurissacca quinoae* Povolny “Kcona-Kcona” (Mujica et al., 2013).

#### **2.1.5.7. Panojamiento**

En esta fase, la inflorescencia es claramente visible por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la forman, y también se pueden observar botones florales individualizados en los glomérulos de la base, naturalmente ocurre a partir de 65 a 70 días después de la siembra (Barahona, 2022).

#### **2.1.5.8. Inicio de floración**

Esta etapa inicia cuando las flores hermafroditas apicales se abren, a simple vista se puede ver las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón, esto ocurre aproximadamente a partir de los 75 a 80 días (Mujica et al., 2003).

#### **2.1.5.9. Floración**

Esta etapa es posterior al inicio de la floración, se puede observar mejor alrededor del mediodía, después se cierran, esta etapa es bastante sensible a las heladas, no resiste menos de 2°C, esto ocurre a partir de los 90 a 100 días (Mujica et al., 2013).

#### **2.1.5.10. Grano acuoso**

Denominado como fase acuosa, da inicio a la formación de la semilla después de la fecundación, en la planta se puede observar la defoliación de hojas en la base de la planta y cambia la intensidad de color de las inflorescencias. La duración de este periodo varía dependiendo de la variedad y el medio ambiente (Gómez y Aguilar 2019).

#### **2.1.5.11. Grano lechoso**

En esta etapa de grano lechoso, es cuando los frutos se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ejercer presión con las uñas de los dedos a los frutos explotan o expulsan un líquido lechoso, lo que caracteriza a esta fase fenológica,



generalmente es observable a partir de los 100 a 130 días después de la siembra, también requieren de cantidades adecuadas de agua, para prevenir el déficit hídrico, porque podría afectar drásticamente su desarrollo vegetativo (Mujica et al., 2013).

#### **2.1.5.12. Grano pastoso**

En esta fase ocurre el proceso de la pérdida de humedad de los granos y la planta, hasta alcanzar la madurez fisiológica. En esta etapa pueden ser atacados por la “Qhona qhona” (*Eurissacca quinoae*) causa daños considerables al cultivo y se da entre los 130 a 160 días después de la siembra (Mujica et al., 2013).

#### **2.1.5.13. Madurez fisiológica**

Esta es la fase donde la planta culmina su madurez, el grano presenta resistencia a la presión de las uñas, generalmente ocurre a partir de los 160 a 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el periodo comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el período de llenado del grano, así mismo en esta fase fenológica ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación (Barahona, 2022).

#### **2.1.5.14. Madurez de cosecha**

Esto ocurre a partir de los 160 días después de la siembra, en esta fase fenológica la planta ya no absorbe nada del suelo, los granos muestran madurez total y resistencia, y pueden desgranarse fácilmente, en esta fase se empieza hacer la cosecha, trillado y emparvado de la quinua (Diaz et al., 2016).

### **2.1.6. Requerimiento del cultivo**

#### **2.1.6.1. Suelo**

El cultivo de la quinua requiere buen drenaje, un suelo franco, pendientes moderadas y contenido materia orgánica, puesto que es exigente en nitrógeno y calcio,



moderadamente en fósforo y poco potasio (Mujica, 2000). El exceso de humedad por un periodo de 4 a 7 días afectará el desarrollo de la planta, y en algunas ocasiones le produce hasta la muerte del cultivo, se menciona que la quinua es un cultivo rustico y que puede adaptarse a todo tipo de suelos, pero con rendimientos bajos (Tapia, 2014).

#### **2.1.6.2. pH**

El pH debe ser neutro o ligeramente alcalino, sin embargo, algunas variedades procedentes de los salares en Bolivia, sorprendentemente pueden soportar hasta pH de 8, demostrando su carácter halófito; asimismo se ha encontrado quinua de suelos ácidos (pH 4,5) en las regiones de Cajamarca, Perú (Mujica et al., 2013).

#### **2.1.6.3. Clima**

Sorprendentemente la quinua abarca todo tipos de climas, desde el caluroso desértico y seco de la costa, hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, recorriendo por los valles interandinos templados y lluviosos, incluso llegando hasta la ceja de selva con mayor humedad relativa y también la resistencia ontogénica a la sequía y al frío es muy variable pudiendo encontrar ecotipos que resisten a -8 °C y sobrevivir a 20 días desde el punto de marchitez permanente. La quinua muestra adaptación a varios fotoperiodos desde requerimientos de días cortos para su florecimiento cerca del Ecuador hasta su insensibilidad a las condiciones de luz para su desarrollo en Chile (Guerrero et al., 2008).

#### **2.1.6.4. Precipitación**

Según Gómez, (2014) indica que la lluvia en el altiplano va desde setiembre - octubre a mayo - junio. La precipitación anual total varía del siguiente modo: de 500 - 800 mm en los Andes Ecuatorianos, de 400 - 500 mm en el sur de 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. El cultivo de la quinua se cultiva dentro de un rango de precipitación de 300 mm a 1000 mm generalmente, se podría considerar que la precipitación óptima para la planta de quinua es de 500 a 800 mm.

#### **2.1.6.5. Temperatura**

Para determinar las temperaturas óptimas que requiere el cultivo, dependerá de las variedades a sembrarse, están en el rango de 15 a 25°C. Increíblemente pueden soportar 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, con una temperatura de 10°C puede desarrollarse perfectamente. Las temperaturas altas y bajas originan esterilidad de polen y afectan el desarrollo y crecimiento de la planta (Aguilar, 2019).

#### **2.1.6.6. Radiación**

Una de las cualidades más admirables del cultivo de la quinua es que puede soportar radiaciones extremas de las zonas alto andinas de las regiones altiplánicas; sin embargo, estas altas radiaciones permiten compensar las horas sol necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. La radiación es importante, ya que regula la distribución de los cultivos sobre la superficie terrestre e influye en las posibilidades agrícolas de cada región (Carrasco, 2016).

#### **2.1.6.7. Fotoperiodo**

Por la gran variabilidad genética que tiene la quinua, muestra genotipos de días cortos y de días largos y también genotipos indiferentes al fotoperiodo; en lugares donde se cultiva mayor producción, el promedio de horas luz diarias requeridas es de 12.19 necesariamente, con un total anual de 146.3 horas al año (Roqueiro et al., 2020). Sin embargo, Gómez y Aguilar, (2019) mencionan que hay variedades de Perú y



Bolivia, tienen menor sensibilidad al fotoperiodo y son las que tienen menor longitud del ciclo.

#### **2.1.6.8. Valor nutritivo**

La importancia mundial que tiene el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es gracias a las propiedades nutricionales que posee, como el contenido de proteínas que varía desde el 13,81 y 21,9 %, esto dependiendo a la variedad. Su diversidad conforma un acervo genético extraordinariamente valioso y se expresa en la variabilidad de colores de la planta, inflorescencia y semilla, formas de planta, valor nutritivo, performance productivo y ciclo de cultivo (Rojas, 2016). Este cereal con altos valores nutricionales y biológicos, ha sido definida como “el cultivo del siglo XXI”, por su alto contenido de proteína, lípidos, fibra, vitaminas, minerales y un excelente balance de aminoácidos esenciales, además que se encontraron numerosos fitoquímicos, fitoesteroles, fitoecdisteroides, fenólicos y péptidos bioactivos, estos compuestos pueden intervenir efectos beneficiosos sobre la salud metabólica, cardiovascular y gastrointestinal, siendo materia de estudio en la medicina humana (Choquechambi, 2016).

Según FAO, (2010) nombra a la quinua como una planta milagrosa del reino vegetal, por poseer todos los aminoácidos esenciales que necesita el cuerpo humano y por esa razón tomo una fama mundial.

#### **2.1.6.9. Saponina**

La saponina es una de las características común que posee la quinua ya sea en mayor o menor cantidad, son consideradas como un factor anti nutricional. Generalmente están presentes 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., 2016).

### **2.1.7. Variedad de quinua**

#### **2.1.7.1. Salcedo INIA**

Atraves del mejoramiento genético se obtuvo esta variedad Salcedo-INIA, la cual presenta un color verde, inflorescencia glomerulada, altura de planta 180 cm, grano grande diámetro de 1,8 a 2 mm, color blanco, tiene una mínima cantidad de saponina, panoja glomerulada, es precoz por presentar un periodo vegetativo de 160 días su rendimiento es de 3 500 kg/ha, resistente a heladas hasta  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tolerante al Mildiu. La variedad fue lograda mediante la selección masal del cruce dialélico de siete x siete de las variedades Real Boliviana x Sajama, en la Estación Experimental de Salcedo-INIA (Programa de Investigación de Cultivos Andinos - PICA). Esta variedad abarco muchas zonas de la región de Puno como: Lampa, Acora, Yunguyo, Cabanillas, Pomata, Ilave y otros lugares del Altiplano, llegando a la costa y los valles interandinos (Mujica et al., 2013).

#### **2.1.7.2. Pandela rosada 171**

Esta variedad es proveniente de los Salares del sur de Bolivia, una de sus características más rescatables es su precocidad, con un ciclo vegetativo de 140, tiene un diámetro de grano grande y sabor amargo. Una de sus desventajas es su alta susceptibilidad al mildiu, la cual genera pérdidas en el rendimiento, asimismo es tolerante a las sequias, color de grano es parecido al marfil y con un potencial de rendimiento de 2500 Kg/ha (Mujica et al., 2000).





## **2.1.8. Caracterización agromorfológica**

### **2.1.8.1. Caracterización agronómica**

La característica agronómica es de mucha importancia para los bancos de germoplasma, como también para los programas de mejoramiento genético. Se deben realizar de una manera disciplinada ya que se encarga de revelar la variación genética, hay algunas características agronómicas que están bien relacionadas con el medio ambiente, este es el caso de la quinua. Las características agronómicas más importantes que se hacen en este cereal son: la longitud de panoja, diámetro de panoja, rendimiento de grano por planta, peso de 1000 semillas, diámetro de grano, forma de la densidad de panoja y rendimiento de grano por planta (Romero, 2021). Adicionalmente, Jarvis et al., (2017) indican la importancia de la mejora de características agronómicas en el cultivo de quinua, para poder expandir su producción en todas partes del mundo.

### **2.1.8.2. Caracterización morfológica**

La caracterización morfológica es uno de los determinantes más fuertes del valor agronómico y la clasificación taxonómica, ampliamente usado en la actualidad ya que las evaluaciones son directas, de bajo costo, fáciles y no requieren costosas tecnologías (Romero, 2021).

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

Para una buena caracterización, es importante realizar los procedimientos indicados, que nos permite cuantificar y conocer la variabilidad genética del genoma de



una determinada población, mediante su manifestación fenotípica, diferenciándolos taxonómicamente a las plantas y seleccionando los descriptores morfológicos más adecuados, que puedan discriminar de manera correcta al grupo de cultivos que se pretende caracterizar, posteriormente evaluarlas y coleccionar su información (Romero, 2021).

### **2.1.9. Genética y herencia**

Hablar de genética en estos últimos tiempos se ha vuelto muy complejo ya que cada descubrimiento que hacen los investigadores revela la infinita complejidad del universo. Sin embargo, la Biblia en el libro del Génesis ya revelaba la ley de la genética y herencia Génesis 1:11-12. (Valera, 1960). La diversidad genética de las plantas está sujeta al proceso de selección y adaptación constante a las condiciones ambientales cambiantes, es un amortiguador contra los cambios ambientales nocivos y es una materia prima esencial para muchas investigaciones científicas e industriales y su conservación es vista como una cuestión de seguridad de inversión y como un principio moral. Es nuestro recurso natural básico, limitado y perecedero que proporciona materias primas o genes que los investigadores usan o combinan apropiadamente para que podamos producir nuevas y mejores variedades de plantas. Son fuente insustituible de características tales como adaptación, resistencia a enfermedades, plagas y productividad (Vallejo y Estrada, 2002).

### **2.1.10. El mejoramiento genético de la quinua**

El mejoramiento genético de la quinua, es el arte y la ciencia de alterar o modificar la herencia de las plantas para obtener variedades mejoradas genéticamente, adaptados a condiciones específicas, de mayores rendimientos económicos y de mejor calidad que las variedades nativas o criollas. Hoy en día la base de la alimentación mundial se sostiene por plantas cultivadas que otorgan la mayoría de los requerimientos



de energía y proteína en un ser humano. Además, el mejoramiento tiene como objetivo, obtener un aumento de los rendimientos; y tolerancia a estreses abióticos y bióticos, con una reducción en la utilización de insumos. Así mismo, el fitomejoramiento trata de crear plantas cuyo patrimonio corresponda a las condiciones, necesidades y recursos de los productores, industriales y consumidores rurales, es decir, todos aquellos que producen, transforman y consumen productos vegetales (Vallejo y Road, 2002).

El cultivo de la quinua está ganando importancia mundial debido a su notable calidad de proteínas y tolerancia al estrés abiótico. En los últimos años, han visto un gran progreso en la expansión de la producción y la experimentación con cultivos de quinua. La diversidad de la quinua asegura su versatilidad agronómica y adaptabilidad a diferentes tipos de suelo, especialmente suelos salinos y ambientes con condiciones extremadamente variables, en términos de humedad, altitud y temperatura (Murphy et al., 2016).

Por otro lado, Curty et al., (2010) señalan que el objetivo del mejoramiento genético de la quinua debe ser mejorar la estructura de la planta con alta eficiencia productiva, con panojas grandes y anchas, tallos gruesos y plantas de alturas medianas. Así mismo, Zurita et al., (2014) manifiestan que, en este caso la resistencia fitogenética es la mejor solución para aumentar los rendimientos, proporcionar alimento a la población, generar ingresos económicos y mejorar el nivel de vida de los productores de quinua.

Además, Morillo et al., (2020) hacen mención que el proceso de hibridación es el punto de partida para producir variedades de quinua genéticamente mejoradas con las características agronómicas que desean los productores. Mediante el uso de



procedimientos de cruza simple y cruza doble, se pueden obtener excelentes granos de quinua y se pueda seleccionar la mejor.

#### **2.1.11. Estadística descriptiva**

Permiten estimar y describir el comportamiento de las diferentes accesiones en relación con cada carácter. Los más comunes son el promedio, la media aritmética, el rango de variación, la desviación estándar (DE) y el coeficiente de variación (CV), que se utilizan en el análisis de datos cuantitativos (Hidalgo, 2003).

#### **2.1.12. La media**

Es una medida de tendencia central. Resulta de realizar una cierta secuencia de operaciones en un conjunto de números y, bajo ciertas condiciones, puede representar el conjunto completo como tal (Hernández, 2010).

#### **2.1.13. Coeficiente de variación**

El coeficiente de variación es una medida de varianza, que se puede utilizar para analizar las desviaciones de los datos medios y, al mismo tiempo, las varianzas que los datos tienen separadas entre sí (Orellana, 2001).

#### **2.1.14. Desviación estándar**

La desviación estándar mide la dispersión de una distribución de datos. Entre más dispersa está una distribución de datos, más grande es su desviación estándar (Albarracín, 2019).

#### **2.1.15. Análisis de varianza**

La varianza es una medida de dispersión que representa la variación de un conjunto de datos en relación con su media. Formalmente, se calcula como la suma de los residuos al cuadrado dividida por el número total de observaciones (Hernández, 2010).



## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. Progenitor**

Se denomina progenitor a los progenitores de una progenie, esto es, al individuo o a los individuos cuya reproducción, ya sea sexual o asexual, provoca la transmisión de una herencia genética (Pinto, 2006).

### **2.2.2. Híbrido**

Resultado de las plantas o animales de un cruce entre progenitores genéticamente distintos; con frecuencia se restringe el término a la descendencia de dos especies o variedades bien diferenciadas dentro de la especie. Los híbridos pueden ser fecundos (capaces de dejar descendencia) o estériles; la esterilidad obedece a fallas en el apareamiento de los cromosomas en la meiosis (Bustincio, 2013).

### **2.2.3. Cruzamiento**

Es un método alternativo para mejorar genéticamente una raza. Implica la unión de dos individuos de distinto sexo, con fines reproductivos (Vilca, 2015).

### **2.2.4. Rendimiento**

También es conocido como "productividad agrícola" o "producción agrícola". Es la cantidad de un cultivo o producto producido por terreno. La proporción de semillas es otra forma de calcular la productividad agrícola.

### **2.2.5. Proteína**

Son macromoléculas formadas por cientos de unidades más pequeñas llamadas aminoácidos, unidos entre sí por enlaces conocidos como enlaces peptídicos (Barioglio, 2006).



### **2.2.6. Perigonio**

Denominación que recibe el conjunto de envolturas florales en que no hay diferencia entre sépalos y pétalos; perianto homoclamídeo (Barioglio, 2006).

### **2.2.7. Gen**

Molécula que tiene la forma de cinta, generalmente conocido como el ADN (Ácido Desoxirribonucleico). El ADN es una unidad fundamental de la herencia que pasa de padres a hijos, dicta las propiedades inherentes a cada especie. Contienen información para fabricar ciertas proteínas que conducen a la expresión de una determinada característica o rasgo físico, como el color de piel o de los ojos, o que tienen una función específica en la célula. (Zalazar, 2006).

### **2.2.8. Precocidad**

Es un concepto que significa anticipación o carácter prematuro de una etapa o edad. La precocidad es afectada por el manejo de cultivos, la mano de obra, el uso de la tierra y por otros factores (Camarena, 2014).

### **2.2.9. Aminoácidos**

Los aminoácidos son moléculas que están relacionados entre sí para formar proteínas. Los aminoácidos y las proteínas son la base y la fundamentación para la vida. Cuando las proteínas se digieren o se descomponen, los aminoácidos se terminan (Madrid, 2018).

### **2.2.10. Vernier**

Es un instrumento de alta precisión, que se utilizan cuando se necesita hacer mediciones en diferentes superficies su fácil manejo permite que sea utilizado en campo (Barioglio, 2006).



### 2.2.11 Cotiledón

Son estructuras muy importantes en las plantas, ya que proporcionan los nutrientes adecuados y que son necesarios para que las semillas consigan germinar (Barioglio, 2006).

### 2.3. ANTECEDENTES

Marca, (2022) Caracterizó agromorfológicamente 18 líneas de quinua procedentes de cruzas dobles cercanas y distantes genéticamente bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con 25 tratamientos y 3 repeticiones, y concluye que: en características agronómicas, precocidad destacó la línea (SAL x HUA) x (PAS x KCA) con 142 días ; longitud y diámetro de panoja sobresalieron las líneas (SAL x HUA) x (PAS x KCA) con 54.80cm y (SAL x COL) x (SAL x PAN) con 72.17mm; en altura de planta la línea (HUA x KCA) x (PAS x KCA) con 125.3 cm, aunque fue superado por el testigo ATP con 1389 cm; y en diámetro del tallo la línea (HUA x KCA) x (PAS x KCA) registró 14.50 mm. Las líneas con mayor rendimiento de grano por hectárea fueron (SAL x HUA) x (PAS x KCA) con 6583.67 Kg/ha y (HUA x KCA) x (SAL x HUA) con 5344.33 Kg/ha; en rendimiento de biomasa, resaltó la línea (SAL x HUA) x (PAS x KCA) con 92.50 g; en índice de cosecha, línea (HUA x KCA) x (SAL x HUA) alcanzó 47%, seguido de la cruza (HUA x KCA) x (PAS x KCA) con 46%. Ambos con alto potencial de rendimiento de grano.

Veloza et al., (2016) evaluaron las características morfológicas de desarrollo fenológico de tres accesiones de quinua Piartal, Nariño y de Bolivia. Su estudio se realizó en el norte de Bogotá de Colombia, sus resultados indicaron diferencia en rendimiento por planta, contenido de proteína, coloración del tallo, forma de panoja, y madurez fisiológica. El 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.

Barrientos, (2020) Evaluó el rendimiento y caracterizó agromorfológicamente 18 progenies de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Centro Experimental de Camacani. los resultados fueron: la progenie Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SAL x PAN 171), obtuvo el mejor rendimiento con un promedio de 10694.5 kg/ha, seguido de las progenies Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SAL x COL 30) y Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SAL x COL 37) con promedios de 7888.9 y 7861 kg/ha. En cuanto a la fenología las progenies Negra Collana x Kcancolla 29 (COL x KCA 29), Huariponcho x Kcancolla 53 (HUA x KCA 53) y Huariponcho x Kcancolla 194 (HUA x KCA 194) presentaron un ciclo biológico menor a los 172 días, así mismo, las progenies Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 (SAL x PAN 171), Salcedo INIA x Negra Collana 37 (SAL x COL 37), Salcedo INIA x Negra Collana 30 (SAL x COL 30), Salcedo INIA Negra Collana 46 (SAL x COL 46) y Huariponcho x Kcancolla 53 (HUA x KCA 53, fueron las más promisorias agromorfológicamente que presentaron las características deseadas por los productores.

Barahona, (2022) caracterizó agromorfológica y químicamente progenies de cruza simples genéticamente distantes y cercanas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la campaña agrícola 2020-2021, en Puno, Perú. encontró que las progenies resaltantes fueron: SAL x PAN 171 con 38.36g rendimiento de semilla/planta; 179.5 días de 50% de la madurez fisiológica; IC de 31.30%, diámetro de panoja 24.75 cm, peso de 1000 semillas 3.31g y resistente al Mildiu; SAL x COL 37 CON 180 50% de la madurez fisiológica, IC 31.57%, rendimiento de semilla por planta 33.29 g, diámetro de panoja 27 cm, peso de 1000 semillas 3.49g, diámetro del grano 2.28 mm; b) En la longitud de peciolo, la progenie SAL x COL 30 con 5.89 cm; todas las progenies





presentan axilas pigmentadas “ausentes”; color de estrías “verde” excepto SAL x COL 37 “amarillo.

Romero, (2021) evaluó y caracterizó líneas autofecundas de quinua (*chenopodium quinoa* willd.), procedentes de cruzas simples cercanas y distantes genéticamente y obtuvo que las líneas con mayor rendimiento por hectárea fueron Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, con 7563 Kg/ha seguido de Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 con 7416 kg/ha, Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 con 6769 kg/ha y Huariponcho x Kcancolla 174 con 6503 Kg/ha; en cuanto a precocidad las líneas que presentaron menor periodo vegetativo fueron Huariponcho x Kcancolla 174 con 163.2 días, y Salcedo INIA x Pandela Rosada 165 con 173.2 días. Finalmente, las líneas con un mejor ideotipo de planta son: Salcedo INIA x Pandela Rosada 165, Salcedo INIA x Pandela Rosada 171, Salcedo INIA x Pandela Rosada 58 y Huariponcho x Kcancolla 174.



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en el centro experimental de Camacani, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, en la campaña agrícola 2021 – 2022, ubicado a 25 Km sobre la carretera panamericana sur Puno a Desaguadero, con las siguientes características:

##### **Ubicación política**

Región: Puno

Provincia: Puno

Distrito: Platería

##### **Ubicación geográfica**

Coordenadas UTM Este X (m): 413241

Coordenadas UTM Norte Y (m): 8231940

Altitud: 3865 m.s.n.m

##### **3.1.1. Ámbito de estudio**

El experimento se instaló en el Centro Poblado de Camacani del Distrito de Platería, Provincia de Puno, Departamento de Puno.

### 3.1.2. Localización del proyecto



**Figura 1.** Localización del campo experimental en el (CE.) Camacani.

### 3.2. HISTORIAL DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El historial del campo experimental en la campaña 2019 – 2020 fue la siembra de avena, posteriormente en la campaña 2020 – 2021 fue la siembra de quinua, y en la campaña 2021- 2022 se instaló el cultivo de quinua, a la cual pertenece éste presente trabajo de investigación.

### 3.3. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

La investigación se llevó a cabo en la campaña agrícola 2021 – 2022, la siembra fue el 21 de octubre del 2022, la cosecha el 20 de mayo del 2022.

### 3.4. CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS

Para determinar las propiedades físico-químico del suelo, se realizó 4 hoyos de 30 centímetros de profundidad en cuatro partes del terreno, se realizó muestreos en zigzag y se mezcló homogéneamente hasta obtener una muestra representativa de un



kilogramo (muestra cernida). 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-PUNO).

**Tabla 1.** Análisis de caracterización del suelo.

<b>COMPONENTE</b>	<b>CANTIDAD</b>
Arena (%)	31.76
Limo (%)	58.56
Arcilla (%)	9.68
M.O. (%)	1.64
P(fosforo)ppm	8.31
K(potasio)ppm	78.19
pH	8.106
C.E. mmhos/cm	9.82
Clase textual	Fr.lim
Ca <sup>+2</sup> meq/100g	20.00
Mg <sup>+2</sup> meq/100g	5.00
K <sup>+</sup> meq/100g	0.00
Na <sup>+</sup> meq/100g	0.17

### 3.5. CONTENIDO DE SAPONINA Y PROTEÍNA

La determinación del contenido de saponina y proteína, se realizó en el laboratorio de análisis químico del Institución Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Puno – Perú. El análisis de saponina se efectuó por el método espectrofotométrico

UV-VIS y para determinar el contenido de proteína se utilizó método de Microkjeldahl 984.13 (AOAC, 2005).

### 3.6. CARACTERÍSTICAS METEOROLÓGICAS

Las características meteorológicas de la campaña agrícola de 2021 -2022. Se obtuvo de la gerente general de SENAMHI, y los datos se muestran en la **tabla 2**.

**Tabla 2.** Datos meteorológicos durante la campaña (2021 - 2022), según "SENAMHI" de la estación Rincón de la Cruz de Acora.

Año	Mes	Temperatura °C			Humedad	Preci
		Máxima	Media	Mínima	Relativa (%)	pitación (mm)
2021	Octubre	20.2	9.7	-0.2	14	4.2
2021	Noviembre	18.8	10.4	1.4	87	4.8
2021	Diciembre	20	11.1	2.6	88	17
2022	Enero	16.2	10.6	1.4	91	15.4
2022	Febrero	16.2	10.7	0.1	93	6
2022	Marzo	17.8	10.45	1.4	40	7.5
2022	Abril	17.4	9.45	-3	17	1.5
2022	Mayo	18	8	-3.6	66	0

### 3.7. MATERIAL EXPERIMENTAL

#### 3.7.1. Material biológico

Para el trabajo de investigación se utilizaron semillas de quinua híbrida, resultado de la cruce (SAL X PAN 171) de genitores genéticamente cercanas procedentes del programa mejoramiento genético.



**Tabla 3.** Híbrido de quinua de la cruz (SAL X PAN 171)

---

Híbrido de quinua
Salcedo INIA X Pandela Rosada 171

---

### **3.8. MATERIAL DE CAMPO**

#### **3.8.1. Insumos**

- Urea
- Fosfato di amónico
- Ridomíl

#### **3.8.2. Herramientas y materiales**

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

#### **3.8.3. Equipos de campo**

- Balanza analítica
- Cámara fotográfica



- Tablet

#### 3.8.4. Equipos y materiales de laboratorio

- Tubos de ensayo
- Vaso precipitado
- Pipeta

### 3.9. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Las dimensiones y las características del campo se aprecian en la **tabla 4**.

**Tabla 4.** Medidas del campo experimental, campaña agrícola 2021-2022.

Medidas del campo experimental	
Descripción	Superficie
Número de repeticiones	4
Longitud del área	30 m
Ancho del	36 m
Área total del experimento	1080 m <sup>2</sup>

### 3.10. POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO

La población constituyó una parcela experimental con cuatro repeticiones, donde se consideró como muestra 10 plantas por cada repetición, mediante el método de descriptores de caracterización y evaluación de quinua, híbrido (SAL X PAN 171), validado por Bioversity International, (2013).



### **3.11. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de investigación reúne las condiciones de un Diseño No Experimental Mixto, del tipo transversal descriptivo.

### **3.12. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO**

#### **3.12.1. Preparación del terreno**

La preparación del terreno se llevó en el mes de septiembre, primeramente, se roturo la superficie experimental, la misma que consistió en el roturado seguido por una pasada de rastra, con el objetivo de mullir el suelo, para luego seguir con el surcado.

#### **3.12.2. Siembra**

La siembra se realizó de forma manual en surcos, el 21 de octubre, con una densidad de 10 Kg/ha, se utilizó 250 gramos por cada repetición, haciendo 1000 gramos por toda la unidad experimental, se sembró a chorro continuo, además se incorporó el estiércol antes de la siembra, como en otros experimentos. El tapado se realizó a 2 cm de profundidad con ayuda de ramas de eucalipto.

#### **3.12.3. Fertilización**

Se fertilizó con: 80N-40P-00K, niveles recomendados para la zona andina. Las fuentes usadas fueron urea y fosfato di amónico. En el primer deshierbo se aplicó el fosfato di amónico, en cuanto a la urea, se fraccionó a 50% que se aplicó en el primer deshierbo y el otro 50% al momento del aporque.

#### **3.12.4. Control de malezas**

Es una de las labores más importantes y exigentes 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 (Quispe, 2017). Las malezas son perjudiciales produciendo una reducción significativa de rendimiento y calidad de grano, su presencia



puede variar según las condiciones ambientales. Se realizó dos deshierbos, en las cuales se encontró las siguientes malezas:

**Tabla 5.** Población de malezas presentes en el experimento.

Nombre común	Nombre científico
Amor seco	<i>Bidens pilosa</i>
Nabo	<i>Brassica campestris</i>
Trebol Carretilla	<i>Medicago hispida</i>
Cebadilla	<i>Bromus unioloides</i>
Bolsa del pastor	<i>Capsella bursapastoris</i>
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>
Aguja Aguja	<i>Erodium cicutarium</i>

### 3.12.5. Desahije

El desahije consistió en eliminar las plantas pequeñas y débiles de cada surco. Se realizaron dos desahíjes, la primera se realizó en la fase de floración, dejando 5 cm de distancia entre plantas y el segundo se hizo en la etapa de inicio de panojamiento dejando 15 cm entre planta. Esta labor es fundamental, porque evita la competencia por nutrientes y también permite el control de plagas y enfermedades garantizando una producción aceptable.

### 3.12.6. Rouging

Esta labor consiste en eliminar plantas con apariencia similar a la quinua (ayaras), plantas que no son de compatibilidad con la variedad o plantas de otras progenies que fueron trasladadas por el viento, lluvia u otras actividades. Esta labor se realizó permanentemente con la finalidad de obtener una variedad pura.



### **3.12.7. Aporque**

Esta labor es indispensable, consiste en remover la tierra para una buena estabilidad de la planta y evitar el tumbado, además mejora la aeración e infiltración del agua. Se realizó de forma tradicional utilizando el pico. Esta labor se realizó después de terminar el deshierbo y el desahije en forma manual utilizando el pico.

### **3.12.8. Cosecha**

La cosecha se realizó en forma manual con la ayuda de una hoz, en la fase de madurez fisiológica. previamente se tomaron 10 plantas al azar por cada repetición para realizar las evaluaciones correspondientes.

### **3.12.9. Emparvado**

Terminado la cosecha se realizó el emparvado, que consiste en colocar las quinuas en forma de parva, para que la planta pueda secar, por 10 días aproximadamente, se realizó dos parvas.

### **3.12.10. Trillado**

El trillado se realizó en forma manual después del secado de la quinua (10 días después), para esto se utilizó la huactana y se golpeó hasta desgranar todo el grano de la panoja.

### **3.12.11. Venteado**

Esta labor se hizo después de concluir la trilla, se utilizó mantas y con la ayuda de la velocidad del viento se separó el grano de la broza.

### **3.12.12. Almacenamiento**

Fue la última labor y se hizo después del haber realizado el venteado. Las semillas fueron acondicionados en un ambiente frío y seco y para el buen almacenamiento tuvimos que preparar el almacén adecuadamente.

### 3.13. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS

#### AGROMORFÓLOGICAS

La evaluación de características agronómicas y morfológicas se realizó de acuerdo con la metodología de descriptores de caracterización y evaluación validados por el Bioversity International (2013). Se extrajo 10 plantas al azar por cada repetición, en el surco central, evitando los surcos externos, se evaluaron las variables más importantes, tanto agronómicas y morfológicas, mediante el cual se seleccionó las plantas con un mejor ideotipo; Sin embargo, Padulosi (2013), indica que la caracterización nos permite diferenciar fácil y rápidamente entre fenotipos que muestran caracteres resaltantes y detectables.

**Tabla 6.** Variables de estudio evaluadas durante la investigación.

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>VARIABLES DEPENDIENTES</b>	
<b>Híbrido de quinua (SAL X PAN 171)</b>	<b>Parámetros agronómicas</b>	<b>Parametros morfológicas</b>
	Número de días a madurez fisiológica(d)	Color de panoja a floración (escala)
	Número de días a floración (d)	Color de panoja a madurez fisiológica (escala)
	Altura de planta (cm)	Forma de panoja (escala)
	Diámetro de tallo (mm)	Densidad de panoja (escala)
	Longitud de panoja (cm)	
	Diámetro de panoja (mm)	
	Peso de 1000 granos (g)	
	Diámetro de grano (mm)	
	Rendimiento por planta (g)	
	Rendimiento por hectárea (kg/ha)	
	Índice de cosecha (%)	
	Contenido de proteína (%)	
	Contenido de saponina (%)	
	Comportamiento al mildiu(escala)	
	Daño por aves (escala)	



### **3.14. MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS.**

#### **3.14.1. Altura de planta**

La altura de planta fue evaluada en la fase de madurez fisiológica, para lo cual se ha seleccionado 10 plantas al azar por repetición. La medición fue hecha desde la base del tallo hasta el ápice de la panoja central en cm, (Bioversity International, 2013).

#### **3.14.2. Diámetro de tallo**

Para la determinación de esta variable, se midió de la parte media del tallo principal en mm, con la ayuda del vernier, y se evaluó 10 plantas por cada repetición y se hizo completamente al azar (Bioversity International, 2013).

#### **3.14.3. Longitud de panoja**

Para evaluar esta variable se utilizó una cinta métrica, midiendo desde la base hasta el ápice de la panoja en cm, para ello se tomó 10 muestras de planta al azar, esta variable fue representada en cm, (Bioversity International, 2013).

#### **3.14.4. Diámetro de panoja**

Para la determinación del diámetro de la panoja se tomó 10 muestras de planta por cada repetición completamente al azar, se midió exactamente desde la parte media de la panoja utilizando una regla de vernier, esta variable se representó en mm, (Bioversity International, 2013).

#### **3.14.5. Número de días a floración**

Para determinar esta variable se cuantifico los días, a partir de la siembra hasta alcanzar la floración, mediante la observación de cada parcela (Bioversity International, 2013).



#### **3.14.6. Número de días a madurez fisiológica**

Para determinar el número de días a madures fisiológica, se registró contando los días desde la siembra hasta que las plantas alcancen la madurez fisiológica, esta fase se puede comprobar ejerciendo presión de los granos (Bioversity International, 2013).

#### **3.14.7. Peso de 1000 granos**

Esta variable fue realizada una vez cosechada el cultivo, para realizar la evaluación se tomó 1000 granos de quinua, 10 muestras por cada repetición, seguidamente se hizo el pesaje correspondiente sin el perigonio en una balanza de precisión, esta evaluación se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

#### **3.14.8. Diámetro de grano**

Después de culminar con el pesaje de granos se procedió a medir el diámetro de grano tomando 40 muestras completamente al azar, (Bioversity International, 2013).

#### **3.14.9. Rendimiento de grano por planta**

Para determinar esta variable, primero se trilló la panoja manualmente luego y seguidamente se limpió las semillas para eliminar impurezas, posteriormente se utilizó una balanza analítica para pesar el grano por planta, para esto se tomaron 10 plantas por cada repetición al azar (Bioversity International, 2013).

#### **3.14.10. Rendimiento de grano por hectárea**

Para evaluar el rendimiento de grano por hectárea, se tomó en cuenta el peso de grano por planta, y se realizó la respectiva conversión, usando una regla de tres simple (Bioversity International, 2013).



### **3.15.11. Índice de cosecha**

Para determinar el índice de cosecha, se utilizó el peso de grano por planta y peso de biomasa por planta en gramos, y se usó la fórmula propuesta por (Bioversity International, 2013).

$$IC = (PG/PB + PG * 100)$$

PG: Peso de grano

PB: Peso de broza

### **3.15.12. Comportamiento al Mildiu**

Para la determinación del comportamiento al Mildiu, se utilizó la escala propuesta por (Bioversity International, 2013), lo cual indica que hay una escala de: muy bajo, bajo, intermedia, alta, y muy alta.

### **3.15.13. Daño por aves**

El daño ocasionado por aves se determinó utilizando la visualización en cada repetición, dependiendo del daño ocasionado se tomó una escala desde muy bajo, bajo, alta y muy alto (Palao et al., 2021).

## **3.15. MÉTODOS DE EVALUACIÓN PARA CARACTERÍSTICAS**

### **MORFOLÓGICAS**

#### **3.15.1. Color de panoja en floración**

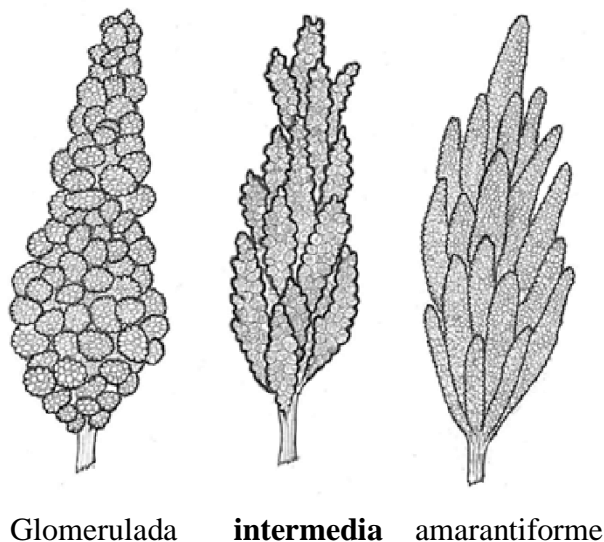
Para determinar esta variable se evaluó en la fase de floración, de esta manera se determinó el color mediante las escalas propuesto por (Bioversity International, 2013).

### 3.15.2. Color de panoja en madurez fisiológica

Esta variable se determinó mediante las escalas de 14 colores más comunes que se ha propuesto. Para esto se consideró que las plantas lleguen a maduración fisiológica (Bioversity International, 2013).

### 3.15.3. Forma de la panoja

Para determinar esta variable se utilizó la escala con los tres tipos de forma de panoja: glomerulada, intermedia y amarantiforme, propuesto por (Bioversity International, 2013).



**Figura 2.** Forma de panoja de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

### 3.15.4. Densidad de la panoja

Para la evaluación de esta variable se utilizó la escala, de 3 tipos de densidad de la panoja estas son: laxa, intermedia y compacta esto propuesto por (Bioversity International, 2013).



### **3.16. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Por ser una investigación no experimental, se utilizó el diseño estadístico descriptivo utilizando una parcela con 4 repeticiones, donde se efectuó el promedio, la media, mediana, moda, coeficiente de variación, la varianza, desviación estándar, el máximo y el mínimo.





## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. EVALUACIÓN BIOMÉTRICA DE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

##### 4.1.1. Altura de planta

En la Tabla 7, se muestra la altura de planta de un híbrido de quinua (SAL X PAN 171), que varió de 149 a 161 cm, con un promedio de 155.5 cm, y una variación de 10.5, este resultado nos indica que son plantas de tamaño mediano, el cual es uno de los objetivos para el híbrido seleccionado que permitirá una cosecha adecuada, además tiene un coeficiente de variación de 0.02%.

**Tabla 7.** Altura de planta, del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

Altura de planta (cm)	
Media	155.5
Mediana	155
Moda	154
Coefficiente de variación	0.02
Desviación estándar	3.2
Varianza	10.5
Mínimo	149
Máximo	161
Suma	6220
Número de muestras	40

Según Romero, (2021) con el mismo material genético en Potojani-Puno, Perú, la altura de planta tuvo como promedio 95.9 cm, siendo diferente a la información obtenida a este ensayo, debido a las condiciones edafoclimáticas diferentes, caracterizándose por la escasez de precipitaciones pluviales; sin embargo Barahona, (2022) encontró una altura de planta para la misma cruza de 112.25 cm, posiblemente la diferencia sea debido a las condiciones edáficas y climáticas, las cuales influyeron en el tamaño de planta, siendo esta información más cercana a lo obtenido en la presente investigación.



**Figura 3.** Evaluación de la altura de planta, de un híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

#### **4.1.2. Diámetro de tallo**

En la Tabla 8, se muestra el diámetro del tallo del híbrido de quinua (SAL X PAN 171), que varió de 12.6 a 22.4 mm, con un promedio de 17.6 mm, además la mitad de las plantas tuvieron un diámetro de tallo menores a 17.5, este resultado indica que son plantas de tamaño mediano, el cual es uno de los objetivos para el híbrido

seleccionado que permitirá una cosecha adecuada, con una desviación estándar de 2.4 y su coeficiente de variación de 0.13%.

**Tabla 8.** Diámetro de tallo del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

Diámetro de tallo (mm)	
Media	17.6
Mediana	17.5
Moda	18.8
Coeficiente de variación	0.13
Desviación estándar	2.4
Varianza de la muestra	5.6
Mínimo	12.6
Máximo	22.4
Suma	705.6
Número de muestras	40

Romero, (2021) evaluando el mismo material genético en Potojani, Puno, Perú, tiene como promedio 17.9 mm, siendo similar a la información obtenida en el presente ensayo; sin embargo, Barrientos, (2020) muestra resultado diferente de 17.82mm, este resultado posiblemente se dio por las condiciones edáficas y climáticas en cada campaña, las cuales influyeron en el tamaño de planta, siendo esta información más cercana a lo obtenido por la presente investigación.



**Figura 4.** Evaluación del diámetro de tallo del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

#### **4.1.3. Diámetro de la panoja**

En la Tabla 9, se muestra el diámetro de la panoja del híbrido (SAL X PAN 171), que varió de 62.4 a 96.8 mm, con un promedio de 80.6 mm, además la mitad de las plantas tuvieron un diámetro de panoja menor a 79.5, el resultado indica que son plantas de tamaño mediano, el cual es uno de los propósitos para el híbrido seleccionado.

**Tabla 9.** Diámetro de la panoja de un híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

Diámetro de la panoja (mm)	
Media	80.6
Mediana	79.5
Moda	79.3
Coefficiente de variación	0.09
Desviación estándar	8.03
Varianza de la muestra	64.53
Mínimo	62.4
Máximo	96.8
Suma	3224
Número de muestra	40

Según Romero, (2021) evaluando el mismo material genético en Potojani, Puno, Perú, el diámetro de la panoja tuvo como promedio 55.7 mm, siendo diferente a la información obtenida en este ensayo, la diferencia de estos resultados varían por las condiciones edafoclimáticas y el manejo agronomico; Al respecto Márquez, (2022) reportó un resultado de 94.82 mm, estas diferencias generalmente son por el comportamiento de las condiciones agroclimáticas de cada campaña.



**Figura 5.** Evaluación del diámetro de panoja del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

#### **4.1.4. Longitud de la panoja**

En la Tabla 10, se muestra el resultado de la longitud de panoja del híbrido de quinua (SAL X PAN 171), que vario de 38.50 a 51.80 cm, con un promedio de 45.1 cm, además la mitad de las plantas tuvieron una longitud de panoja menor a 45.3, la variación de la muestra fue de 12.8 y con un coeficiente de variación de 0.07%, estos resultados nos indica que tiene un buen potencial de rendimiento, lo cual es uno de los propósitos de la presente investigación.



**Tabla 10.** Longitud de la panoja del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

Longitud de la panoja (cm)	
Media	45.1
Mediana	45.3
Moda	49.1
Coefficiente de variación	0.07
Desviación estándar	3.59
Varianza de la muestra	12.8
Mínimo	38.50
Máximo	51.80
Suma	1805
Número de muestras	40

Barahona, (2022) evaluando el mismo material genético en Camacani, Puno, Perú, obtuvo como promedio 40.00 cm, siendo diferente a los resultados obtenidos en este ensayo, estos resultados pueden haberse dado por las condiciones edafoclimáticas diferentes a la nuestra. Por otra parte, Barrientos, (2020) muestra otro resultado de 48.38 cm, lo cual puede atribuirse al manejo agronómico del cultivo, conducción del suelo y condiciones del clima.



**Figura 6.** Evaluación de longitud de panoja del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

#### **4.1.5. Número de días a Floración**

En la Tabla 11, se observa el número de días a floración del híbrido de quinua (SAL X PAN 171), que vario entre 79 y 90 días, con un promedio de 88 días, lo que indica que el híbrido tiene buena precocidad, el cual es un atributo importante para zonas agroecológicas de alto riesgo (sequía y helada), estos resultados pueden deberse a las características genéticas del híbrido, además tiene un coeficiente de variación de 0.03%.



**Tabla 11.** Número de días a floración del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

Número de días a floración (d)	
Media	88
Mediana	85
Moda	85
Coefficiente de variación	0.03
Desviación estándar	3.01
Varianza de la muestra	9.07
Mínimo	79
Máximo	90
Suma	3378
Número de muestras	40

Según Barrientos, (2020) evaluando el mismo material genético en Illpa, Puno, Perú, el número de días a floración tuvo como promedio 94 días, siendo diferente a la información obtenida a este ensayo, sin embargo, Márquez, (2022) en Camacani, Puno, Perú, con el mismo material genético obtuvo 90 días, siendo este resultado más cerna a nuestra presente investigación, generalmente la diferencia de estos resultados se dan por el comportamiento edafoclimaticas de cada campaña agrícola.



**Figura 7.** Evaluación de número de días a floración del. híbrido (SAL X PAN 171).

#### **4.1.6. Número de días a madurez fisiológica**

En la Tabla 12, se observa el número de días a madurez fisiológica de la quinua híbrida (SAL X PAN 171), que varió entre 173 a 186 días, con un promedio de 176.5 días, lo cual indica que es una buena característica. Este resultado puede atribuirse a la interacción genotípica del ambiente y al manejo agronómico del experimento, además tuvo un coeficiente de variación de 0.01%.

**Tabla 12.** Número de días a madurez fisiológica del híbrido (SAL X PAN 171).

Número de días a maduración fisiológica (d)	
Media	176.5
Mediana	175.5
Moda	175
Coefficiente de variación	0.01
Desviación estándar	2,93
Varianza de la muestra	8.60
Mínimo	173
Máximo	186
Suma	7064
Número de muestras	40

Según Barrientos, (2020) con el mismo material genético en Illpa, Puno, Perú, el número de días a madurez fisiológica tuvo como promedio 189 días, siendo diferente a la información obtenida a este ensayo, estos datos pueden haber variado por diferentes factores medioambientales, el manejo agronómico del cultivo, como también las características genéticas y edafoclimáticas; Por otro lado Márquez, (2022) en Camacani, Puno, Perú, obtuvo 171 días, lo cual indica que es más precoz, sus resultados pueden atribuirse a factores como el manejo agronómico o por las condiciones edafoclimáticas que se dan en campaña agrícola.



**Figura 8.** Número de días a maduración fisiológica del híbrido (SAL X PAN 171).

#### **4.1.7. Rendimiento de semilla por planta**

En la Tabla 13, se muestra el rendimiento de semilla por planta del híbrido (SAL X PAN 171), que varió entre 43 a 54 g, con un promedio de 47 g, lo que indica que este híbrido presenta granos medianos y con una buena cantidad, este resultado es algo propio de este genotipo, además tiene un coeficiente de variación de 0.03% que es bastante aceptable.

**Tabla 13.** Rendimiento de semilla por planta del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

Rendimiento de semilla por planta (g)	
Media	47.7
Mediana	47.5
Moda	49
Coefficiente de variación	0.03
Desviación estándar	2.17
Varianza de la muestra	4.74
Mínimo	43
Máximo	54
Suma	1911
Número de muestras	40

Según los datos reportados por Romero, (2021) para el mismo material genético en Potojani, Puno, Perú, el rendimiento de semilla por planta tuvo como promedio 38.2 g, siendo inferior a lo obtenido en el presente trabajo de investigación; sin embargo, Márquez, (2022) obtuvo 62.40 de semilla por planta, lo cual indica que este dato es más aceptable y estos resultados puede atribuirse por las condiciones edafoclimaticas y el manejo agronómico.

#### **4.1.8. Rendimiento de semilla por hectárea**

En la Tabla 14, se observa el rendimiento de semilla por hectárea del híbrido (SAL X PAN 171), que varió entre 7260 a 8210 Kg/ha, con un promedio de 7640 Kg/ha, lo que indica que este híbrido presenta un buen potencial en cuanto a rendimiento. Además, presento un coeficiente de variación de 0.03%.

**Tabla 14.** Rendimiento de semilla por hectárea del híbrido de quinua  
(SAL X PAN 171).

Rendimiento de semilla por hectárea (kg/ha)	
Media	7640
Mediana	7670
Moda	7640
Coefficiente de variación	0.03
Desviación estándar	225.38
Varianza de la muestra	50796.85
Mínimo	7260
Máximo	8210
Suma	309170
Número de muestras	40

Según Barahona, (2022) evaluando el mismo material genético en Camacani, Puno, Perú, reportó el rendimiento por hectárea de 7369 Kg/ha. Así mismo Romero, (2021) evaluando el mismo material genético en Potojani, Puno, Perú, obtuvo como promedio 7416 Kg/ha, siendo este resultado más cercano a lo obtenido por la presente investigación, la mínima diferencia puede atribuirse a las condiciones del suelo, clima, manejo agronómico, presencia de plagas y enfermedades en el campo.

#### **4.1.9. Peso de 1000 granos de quinua**

En la Tabla 15, se muestra el peso de 1000 granos de quinua del híbrido (SAL X PAN 171), que varió de 3.700 a 3.900 gramos, con un promedio de 3.810 gramos, lo que indica que tiene granos medianos y de buena calidad, lo cual es uno de los

propósitos para el híbrido seleccionado que permitirá una buena producción agronómica, además se tiene un coeficiente de variación de 1.36%.

**Tabla 15.** Peso de 1000 granos del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

Peso de 1000 granos (g)	
Media	3.810
Mediana	3.790
Moda	3.790
Coeficiente de variación	1.36
Desviación estándar	5,2
Varianza de la muestra	0.27
Mínimo	3.700
Máximo	3.900
Suma	151
Número de muestras	40

Barahona, (2022) al evaluar el mismo material genético en Camacani, Puno, Perú, obtuvo como promedio 3.31 gramos, no habiendo tanta diferencia a la información obtenida a este ensayo, puede ser por la genética propia de este genotipo; Así mismo, Romero, (2021) con el mismo material genético en Potojani, Puno, Perú, registro un promedio de 3.6 gramos, estos resultados pueden atribuirse a su constitución genética o como también a las condiciones climáticas.



**Figura 9.** Peso de 1000 granos, del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

#### **4.1.10. Diámetro de grano**

En la Tabla 16, se muestra el diámetro de grano de quinua del híbrido (SAL X PAN 171), que varió de 2.1 a 2.3 mm, con un promedio de 2.2 mm, lo que indica que este híbrido presenta granos medianos, lo cual es uno de los objetivos para el híbrido seleccionado que permitirá una buena producción agronómica, además se tiene un coeficiente de variación de 0.04%.



**Tabla 16.** Diámetro de grano de la quinua híbrida (SAL X PAN 171).

Diámetro de grano (mm)	
Media	2.2
Mediana	2.2
Moda	2.2
Coefficiente de variación	0.04
Desviación estándar	0.10
Varianza de la muestra	0.01
Mínimo	2.1
Máximo	2.3
Suma	84,4
Número de muestras	40

Según los datos tomados por Romero, (2021) del mismo material genético en Potojani, Puno, Perú, tiene como promedio 2.2 mm, lo cual indica que no hay diferencia. Sin embargo, Barahona, (2022) evaluando el mismo material genético en Camacani, Puno, Perú, tiene como promedio 1.98 mm, siendo mínima la diferente a la información obtenida a esta presente investigación, este resultado puede darse por la genética propia de este híbrido, por las condiciones edafoclimáticas que se presentaron durante la conducción del presente experimento.

#### **4.1.11. Índice de cosecha**

En la Tabla 17, se observa el índice de cosecha del híbrido de quinua (SAL X PAN 171), que varió entre 47 a 69 %, con un promedio de 61 %, lo que indica que este híbrido presenta un alto potencial de rendimiento de grano, lo cual es uno de los

propósitos del presente trabajo de investigación, además se tiene un coeficiente de variación de 0.13%.

**Tabla 17.** Índice de cosecha del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

Índice de cosecha (%)	
Media	61.37
Mediana	65
Moda	65
Coeficiente de variación	0.12
Desviación estándar	7.94
Varianza de la muestra	63.58
Mínimo	47
Máximo	69
Suma	2425
Número de determinaciones	40

Según Romero, (2021) evaluando el mismo material genético en Potojani, Puno, Perú, tiene como promedio 45.8%, lo cual indica que hay diferencia. Sin embargo, Barrientos, (2020) evaluando el mismo material genético en Illpa, Puno, Perú, tiene como promedio 43 %, siendo más diferente a la información obtenida a este ensayo, estos resultados pueden haberse dado por el comportamiento climática que se presenta en cada campaña agrícola.

#### 4.1.12. Contenido de saponina y proteína

En la Tabla 18, se muestra el contenido de saponina y proteína la cual tiene un promedio de 0.0010 % de saponina. Con respecto a la proteína contiene un 10.76 %.

**Tabla 18.** Contenido de Saponina y Proteína del híbrido (SAL X PAN 171).

Contenido de saponina y proteína (%)				
Muestras	M-1	M-2	M-3	Promedio
Saponina	0.0008	0.0010	0.0013	0.0010
Proteína	10.80	10.76	10.72	10.76

Para la determinación del contenido de saponina del híbrido se utilizó el método de espectrofotométrico UV-VIS efectuado en el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). Mientras que para la determinación de proteína se efectuó por el método 984.13 (AOAC, 1990) Microkjeldahl en el INIA.

#### 4.1.13. Comportamiento al Mildiu

Como se observa en la Tabla 19, con respecto al comportamiento al Mildiu se utilizó una categoría propuesta por Bioversity International, (2013). En donde el híbrido (SAL X PAN 171) presentó un comportamiento intermedio. Por otro lado (Barahona et al., 2022), utilizando el mismo material genético presento un comportamiento al Mildiu alta, lo que indica que hay gran diferencia, este resultado pudo haber variado por el manejo agronómico que se le atributa al cultivo.

#### 4.1.14. Daños por aves

Como se observa en la Tabla 19, con respecto al daño por aves, se utilizó una categoría propuesta por (Bioversity International, 2013). En donde el híbrido de quinua (SAL X PAN 171) presento un ataque por aves muy bajo, lo cual indica que este híbrido

tiene muy buenas características para combatirlo a los daños que causan las aves. Por otro lado Barrientos, (2020) utilizando el mismo material genético obtuvo un daño por aves que está en la escala intermedia, lo que indicaría que la diferencia sería por el manejo agronómico del cultivo o por las condiciones agroclimáticas, Según Barahona, (2022) indica que el daño de aves afecta directamente el rendimiento de la quinua, además recomienda realizar un control ornitológico tradicional, esto para economizar y es muy fácil de hacer, por otro lado, da a conocer que el daño por aves dependerá del medio ambiente, sistema de cultivo, manejo agronómico y contenido de saponina del híbrido.

**Tabla 19.** Color de panoja a floración, color de panoja a madurez fisiológica, forma de panoja, densidad de panoja, del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

<b>Caracterización agronómica por Escala</b>	
<b>Variables morfológicas</b>	<b>Escala</b>
Comportamiento al mildiu (escala)	Intermedia
Daño por aves (escala)	Muy bajo

## **4.2. EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS**

### **4.2.1. Color de panoja en floración**

Como se observa en la Tabla 20, con respecto al color de panoja en floración se utilizó una categoría propuesta por Bioversity International, (2013). En donde el híbrido (SAL X PAN 171) presentó un color púrpura que está determinado en su genotipo. De igual manera Barrientos et al., (2020) utilizaron el mismo material genético y reportaron que la coloración de la panoja a floración es púrpura, lo cual indica que este carácter es propio de la genética del híbrido.



**Figura 10.** Color de panoja a floración, del híbrido (SAL X PAN 171) campaña agrícola 2021 – 2022.

#### **4.2.2. Color de panoja a maduración fisiológica**

Como se observa en la Tabla 20, con respecto al color de panoja a maduración fisiológica se utilizó una categoría propuesta por Bioversity International, (2013). En donde el híbrido (SAL X PAN 171) presentó un color de panoja púrpura que está determinado por su propio genotipo. De igual manera, Barahona et al., (2022) utilizando el mismo material genético y reportaron que la coloración de la panoja a madurez fisiológica fue purpura, lo cual indica que la genética de este híbrido es propia.

#### **4.2.3. Forma de la panoja**

Como se observa en la Tabla 20, con respecto a la forma de la panoja se utilizó una categoría propuesta por Bioversity International, (2013). En donde el híbrido (SAL X PAN 171) presentó una categoría intermedia. De igual manera, Barrientos et al., (2020) utilizando el mismo material genético reportaron que la forma de la panoja es intermedia, lo cual indica que es propia de la genética de este híbrido.

#### 4.2.4. Densidad de panoja

Como se observa en la Tabla 20, con respecto a la densidad de panoja, se utilizó una categoría propuesta por Bioersivity International, (2013). En donde el híbrido (SAL X PAN 171) presentó una densidad de la panoja intermedia. Lo cual indica que es propio de este genotipo. Según Barrientos., (2020), quienes utilizaron el mismo material genético, también reportaron que la densidad de este híbrido pertenece a la categoría intermedia.

**Tabla 20.** Color de panoja a floración, color de panoja a madurez fisiológica, forma de panoja, densidad de panoja, del híbrido de quinua (SAL X PAN 171).

<b>Caracterización de variables morfológicas</b>	
<b>Variables morfológicas</b>	<b>Escala</b>
Color de panoja en floración (color)	Púrpura
Color de panoja en maduración fisiológica (color)	Púrpura
Forma de la panoja (escala)	glomerulada
Densidad de la panoja (escala)	Intermedia



## V. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos, se llegó a las siguientes conclusiones:

Referente a características agronómicas, el híbrido presenta una altura de planta de 155.5 cm, diámetro de tallo de 17.6 mm, longitud de la panoja de 80.6 cm, diámetro de grano de 2.2 mm, el número de días a floración fue de 88 días, y la maduración fisiológica de 176.5 días. El peso de 1000 granos con 3.8 gramos, índice de cosecha de 61.37%, el comportamiento frente al Mildiu estuvo en la escala intermedia y al ataque de aves estuvo en la escala muy bajo, y con un contenido de proteína de 10.76% y 0.001 de saponina. Presenta un rendimiento de semilla por hectárea de 7640 kg/ha, así mismo un periodo vegetativo de 176.5 días, lo cual indica que tiene buenas características.

En cuanto a características morfológicas, el color de la panoja en floración y maduración fisiológica presentó púrpura, La forma y la densidad de la panoja fueron intermedias.



## VI. RECOMENDACIONES

Es necesario seguir elaborando trabajos de investigación con este híbrido Salcedo INIA x Pandela Rosada 171, por presentar buenas características agromorfológicas, con niveles de fertilización, resistencia a plagas y enfermedades con el sentido de aumentar la producción y así beneficiar a los a los agricultores de nuestra región.

Se sugiere liberar este híbrido Salcedo INIA x Pandela Rosada 171 por presentar buenas características agromorfológicas, como nueva variedad de quinua, para la región de Puno y a nivel nacional.





## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alandia, G., Rodriguez, J. P., Jacobsen, S.-E., Bazile, D., y Condori, B. (2019). Un nuevo escenario para la producción de quinua: Desafíos para la región Andina. VII Congreso Mundial de la Quinua y otros Granos Andinos, 1, 8 p.
- Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., y Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria. 76 p.
- Barahona. E. (2022). Caracterización agromorfológica y química e progenies de cruza simples genéticamente distantes y cercanas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) campaña agrícola 2020-2021. En el C.E. Camacani, Puno, Perú. Tesis para optar el título e Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 180 p.
- Barioglio, C. 2006. Diccionario de las ciencias agropecuarias – 1ra ed.- Córdoba: Encuentro grupo editor. Córdoba, Argentina. 496 Pág.
- 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 Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 214 p.
- Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi, M. S., Ba, D., Breidy, J., Hassan, L., Mohammed, M. I., Mambetov, O., Otambekova, M., Sepahvand, N. A., Shams, A., Souici, D., Miri, K., y Padulosi, S. (2016). Worldwide Evaluations of Quinoa: Preliminary Results from Post International Year of Quinoa FAO Projects in Nine Countries. *Frontiers in Plant Science*, 7, 850 p.



- Bhandari, H., Nishant, A., Srivastava, K., Singh, M., y Hemantaranjan, A. (2017). Assessment of genetic diversity in crop plants—An overview. *Advances in Plants y Agriculture Research*, Volume 7 (Issue 3), 8p.
- Bioersivity International, FAO, PROIMPA, INIAF y FIDA. (2013). *Descriptores para quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y sus parientes silvestres*. 64 P.
- Burin Díaz, Y. (2016). Rendimiento de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo tres láminas de riego por goteo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 120p.
- Bustincio, R. (2013). Obtención de progenie de cruzas simples en ocho variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), mediante la estimación de distancias genéticas asistida por marcadores moleculares. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Perú. 110 p.
- Carrasco, F. (2016). Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de la quinua en el distrito de Juli. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano 90 p.
- 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.
- Chopra, S. (2014). Techniques and Tools of Modern Plant Breeding: Field Crops. En A. Ricroch, S. Chopra, y S. J. Fleischer (Eds.), *Plant Biotechnology: Experience and Future Prospects* pp.25-33.
- Choquechambi, L. (2016). Caracterización de progenies S5 autofecundadas, procedentes de cruzas 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., Hausmann, B., Smith, K., Flores, S., y Flores, A. L. (2019). Agronomic characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) progeny from close and distant self-fertilized s5 simple crosses. *Cien. Inv. Agr.* pp. 154-165.
- Domínguez, J. (2014). Caracterización agromorfológica de progenies autofecundadas S4, procedentes de cruza simples, genéticamente distantes y cercanas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en condiciones de Campiña de Arequipa. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. 105 p.
- FAO. (2010). The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture. Food y Agriculture Org. 25p.
- 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 Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 104 p.
- Gandarillas, H. (1979). Mejoramiento genético en quinua y cañihua. en: Cultivos Andinos. Serie de libros y materiales educativos N° 49. CIID-IICA. Bogotá, Colombia. pp.65-82.
- Gómez, L, Aguilar, E., & Ibañez-Tremolada, M. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Breeding. En J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, y D. V. Johnson (Eds.), Springer International Publishing. *Advances in Plant Breeding Strategies:*



Cereals: Volume 5, pp. 259-316.

- Gómez-Caravaca, A. M., Iafelice, G., Verardo, V., Marconi, E., y Caboni, M. F. (2014). Influence of pearling process on phenolic and saponin content in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Chemistry, pp. 174-178.
- 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. Revista de Ciencias Agrícolas, 25(1 y 2), pp. 130-149.
- Hernández, S., López, R., Porras, F., Parra, S., Villarreal, M. y Osuna, T. (2010). Variación en la germinación entre poblaciones y plantas de Chile silvestre. Agrociencia, pp. 667–677.
- Hinojosa, L., Matanguihan, J. B., y Murphy, K. M. (2019). Effect of high temperature on pollen morphology, plant growth and seed yield in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Journal of Agronomy and Crop Science, 205(1), pp. 33–45.
- Iturregui, L., Canaza, A. y Barriga, P. (2019). Producción agroecológica de ecotipos de quinua de colores (*Chenopodium quinoa* Willd.) con microorganismos eficaces. Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research, pp. 173-181.
- Madrid, D., Salgado, E., Verdugo, G., Olguín, P., Bilalis, D., y Fuentes, F. (2018). Morphological Traits Defining Breeding Criteria for Coastal Quinoa in Chile. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 46(1), pp. 190–196.
- Manjarres-Hernández, E. H., Arias-Moreno, D. M., Morillo-Coronado, A. C., Ojeda-Pérez, Z. Z., & Cárdenas-Chaparro, A. (2021). Phenotypic Characterization of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for the Selection of Promising Materials for Breeding Programs. Plants. 16p.



- Marca, Y, (2022) Caracterización agromorfológica y rendimiento de 18 Líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes de cruzas dobles distantes y cercanas genéticamente en el CIP Camacani, Puno, Perú. Tesis para optar el Título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 129p.
- Márquez, G, (2022) Selección por rendimiento de progenies de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), procedentes de cruzas simples distantes y cercanas genéticamente en el CIP, Camacani, Puno, Perú. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 131p.
- Morillo, C., Manjarres, H., Lorena, R., y Morillo, C. (2020). Intrapopulation phenotypic variation in Piartal (*Chenopodium quinoa* Willd.) from the Department of Boyacá, Colombia. African Journal of Agricultural Research. pp. 1195-1203.
- Mujica, A. (2006). Descriptores para la caracterización del cultivo de quinua. En: Manual para caracterización in situ de cultivos nativos. INIEA Lima, Perú. pp. 90-94.
- Mujica, A., Izquierdo, J., Pierre, J., y Jacobsen, S.-E. (2000). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. 261p.
- Murphy, K. M., Bazile, D., Kellogg, J., y Rahmanian, M. (2016). Development of a Worldwide Consortium on Evolutionary Participatory Breeding in Quinoa. *Frontiers in Plant Science*, 7, 608 p.
- Palao-Iturregui, L., Pauro-Flores, L., y Delgado-Mamani, P. (2021). Mecanismos de protección para el control de aves plaga en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) En salcedo – Puno. *Revista de Ciencias Agrarias*. pp. 32-39.



- Pinto, J. (2013). Caracterización morfológica y agronómica de progenies F1 de cruzas simples de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en condiciones de invernadero. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional San Agustín. Arequipa, Perú. 127 p.
- Portilla, A. (1955). La quinua. Revista de la Facultad de Medicina. pp. 178-189.
- Präger, A., Munz, S., Nkebiwe, P. M., Mast, B., y Graeff-Hönninger, S. (2018). Yield and Quality Characteristics of Different Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars Grown under Field Conditions in Southwestern Germany. *Agronomy*, 19p.
- 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.
- Rojas, M. (2018). Evaluación carpológica y agronómica de 100 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), a 3,320 msnm Morochucos. Tesis para optar el Título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho, Perú 116 p.
- Romero, M, (2021). Caracterización agromorfológica de líneas autofecundadas S10 de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), procedentes de cruzas simples cercanas y distantes genéticamente en Potojani, Puno, Perú. Tesis Para Optar el título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 129p.
- Romero, M., Mujica, A., Pineda, E., Ccamapaza, y Zaballa, N, (2019). Genetic



- identity based on simple sequence repeat (SSR) markers for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), Cien. Inv. Agr. 46(2): pp. 166-178.
- Roqueiro, G., Guillen, L. F., Barcena, N., Tornello, S., Ruiz Cortez, L. A., y Notario, L. (2020). Promoción del cultivo de quinua en los Valles Andinos y Centrales de San Juan como alternativa productiva y contribución a la seguridad alimentaria. EEASan Juan, INTA. 10p.
- Sampaio, S. L., Fernandes, Â., Pereira, C., Calhelha, R. C., Sokovic, M., Santos-Buelga, C., Barros, L., y Ferreira, I. C. F. R. (2020). Nutritional value, physicochemical characterization and bioactive properties of the Brazilian quinoa BRS Piabiru. Food & Function, 11(4), pp. 2969-2977.
- Tapia, M., Cahuana, A., e Ignacio, S. (2014). Razas de quinua del Perú de los Andes al mundo. Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 173p.
- 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. pp. 332.
- Vilca, S. M., Espinoza, E., y Vidal, A. P. (2015). Multiplicación de semilla de variedades y ecotipos de quinua en valle de Majes-Arequipa. Revista Investigaciones Altoandinas, 2p.
- Zurita-Silva, A., Fuentes, F., Zamora, P., Jacobsen, S.-E., & Schwember, A. R. (2014). Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Potential and perspectives. Molecular Breeding, pp. 13-30.



## ANEXOS

### DATOS DE LAS EVALUACIONES REALIZADAS

**Tabla A.1.** Promedios por repeticiones de días a floración (días) del híbrido (SAL X PAN 171) campaña agrícola 2021 – 2022.

Híbrido	I	II	III	IV
	88	82	88	85
	85	81	89	86
	88	83	88	87
	90	83	89	85
SAL x PAN 171	84	82	89	84
	86	85	85	83
	89	79	88	85
	88	82	90	88
	89	87	85	83
	89	80	86	88
<b>Promedio</b>	<b>88</b>	<b>82</b>	<b>88</b>	<b>85</b>

**Tabla B.2.** Promedios por repeticiones de altura de planta (cm) (SAL X PAN 171) (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2021 – 2022.

Híbrido	I	II	III	IV
(SAL X PAN 171)	159	161	156	150
	154	154	156	150
	156	153	158	157
	158	152	152	155
	159	158	154	155
	160	154	154	156
	160	158	160	153





	153	151	154	159
	155	149	154	161
	156	155	151	160
<b>PROMEDIO</b>	<b>156</b>	<b>157</b>	<b>154</b>	<b>156</b>

**Tabla C3.** Promedios por repeticiones del diámetro de tallo principal (mm) (SAL X PAN 171) (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2021 – 2022.

Híbrido	I	II	III	IV
(SAL X PAN 171)	16.8	22.4	17.5	13.7
	21.3	15.9	14.3	16.7
	18,6	21.3	15.3	19.3
	14.3	17.1	20.7	16.5
	17.4	17.5	13.1	18.7
	18.8	15.9	17.9	12.6
	19.9	18.8	19.8	17.9
	22.2	17.2	20.3	19.8
	17.2	16.2	18.3	18.8
	16.1	16.1	15.9	17.5
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.3</b>	<b>16.9</b>	<b>18.3</b>	<b>16.8</b>



**.4. Promedio por repeticiones de la longitud de panoja (cm) (SAL X PAN 171)**  
(*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2021 – 2022.

Híbrido	L	II	II	III
(SAL X PAN				
171)	39.3	38.9	47.5	43.7
	4.2	47.2	4.3	49.3
	48.5	44.9	39.9	48.5
	38.8	41.8	38.5	45.3
	39.9	42.2	47.3	44.1
	39.2	45.3	49.1	49.3
	43.5	49.2	44.3	47.1
	45.9	51.8	43.3	46.2
	49.1	43.6	49.1	45.3
	50.1	43.9	41.1	45.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>45.5</b>	<b>45.6</b>	<b>46.1</b>	<b>45.3</b>

**Tabla E.5. Promedios por repeticiones del diámetro de panoja (mm) (SAL X PAN 171)**  
(*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2021 – 2022.

Híbrido	I	II	II	III
(SAL X PAN				
171)	70.1	74.3	75.2	78.3
	73.4	88.4	79.7	77.9
	79.3	77.2	88.5	88.4
	80.2	77.6	86.3	78.4
	79.3	62.4	93.1	69.3



	75.8	85.9	86.8	96.8
	89.3	77.2	69.6	65.1
	88.7	89.1	80.3	86.9
	77.3	66.3	89.1	85.7
	85.2	86.2	77.3	88.1
<b>Promedio</b>	<b>85.7</b>	<b>86.9</b>	<b>87.9</b>	<b>86.2</b>

**Tabla F.6** Promedios de número de días a madurez fisiológica (días)(SAL X PAN 171) (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2021– 2022.

Híbrido	I	II	III	IV
	180	176	175	175
	178	176	176	175
	179	175	173	175
	175	175	174	177
SAL x PAN 171	180	182	175	177
	186	173	175	176
	181	179	175	173
	179	175	177	174
	181	176	177	175
	182	174	173	175
<b>Promedio</b>	<b>180</b>	<b>176</b>	<b>175</b>	<b>175</b>

**Tabla G.7.** Promedios por repeticiones de rendimiento por hectárea (kg/ha) (SAL X PAN 171) (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2021 – 2022.

Híbrido	I	II	III	IV
	7680	8000	7520	7640
	7680	8100	7260	7640



	7660	8150	7540	7690
	7640	8100	7690	7690
SAL x PAN 171	7690	8200	7440	7590
	7640	8120	7570	7650
	7680	7820	7640	7590
	7650	7900	7440	7720
	7690	8210	7580	7640
	7720	8110	7620	7580
<b>Promedio</b>	<b>7680</b>	<b>8000</b>	<b>7520</b>	<b>7640</b>

**Tabla H.8.** Promedios de índices de cosecha (%) (SAL X PAN 171) (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2021– 2022.

Híbrido	I	II	III	IV
<b>SALxPAN</b>	<b>49.3%</b>	<b>65.0%</b>	<b>62.2%</b>	<b>69%</b>

**Tabla I.9.** Promedios de diámetro de grano (mm) (SAL X PAN 171) (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2021– 2022.

Híbrido	I	II	III	IV
	2.1	2.2	2.3	2.1
	2.2	2.3	2.3	2.3
	2.1	2.3	2.1	2.3
	2.3	2.2	2.1	2.3
SAL x PAN 171	2.2	2.1	2.3	2.2
	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>



	2.1	2.2	2.3	2.1
	2.2	2.3	2.3	2.3
	2.1	2.3	2.1	2.3
	2.3	2.2	2.1	2.3
<b>Promedio</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>	<b>2.2</b>

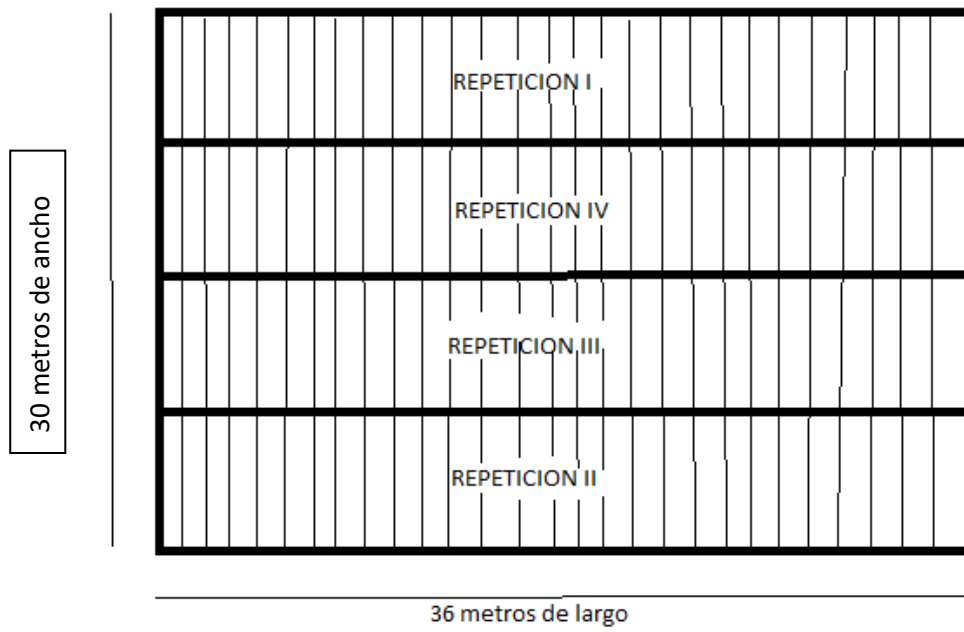
**Tabla J.10.** Promedios por repeticiones de peso de 1000 semillas (g) (SAL X PAN 171) (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2021– 2022.

Híbrido	I	II	III	IV
	3.870	3.780	3.790	3.800
	3.770	3.760	3.860	3.810
	3.790	3.770	3.790	3.900
	3.810	3.700	3.750	3.750
SAL x PAN 171	3.700	3.790	3.830	3.790
	3.750	3.770	3.700	3.910
	3.790	3.850	3.750	3.700
	3.810	3.720	3.790	3.750
	3.800	3.730	3.810	3.790
	3.900	3.780	3.800	3.810
<b>Promedio</b>	<b>3.800</b>	<b>3.770</b>	<b>3.790</b>	<b>3.800</b>



**Tabla K.11.** Promedios por repeticiones en rendimiento de semilla por planta (g) (SAL X PAN 171) (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña agrícola 2021 – 2022.

Híbrido	I	II	III	IV
	49	54	47	47
	47	49	48	44
	49	51	46	49
	48	48	47	48
SAL x PAN 171	46	48	49	44
	49	49	47	45
	49	49	47	48
	48	48	48	46
	48	53	45	47
	45	50	49	43
<b>Promedio</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	<b>47</b>	<b>46</b>



**Figura A.1.** Croquis del área experimental en el centro de investigación Camacani, Platería, Puno.



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD DE LA TESIS  
Yo, el/la Sr./Srta. \_\_\_\_\_, titular de la tesis titulada \_\_\_\_\_, declaro que el/la autor/a de la misma es/son \_\_\_\_\_, y que el/los contenido/s de la misma es/son de su(s) autor/a(s) y no de carácter plagio, y que el/los datos de contacto de la tesis son los siguientes: \_\_\_\_\_.

TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335
336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355
356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375
376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395
396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415
416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435
436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455
456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475
476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495
496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515
516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535
536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555
556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575
576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595
596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615
616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635
636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655
656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675
676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695
696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715
716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735
736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755
756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775
776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795
796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815

TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA		TEMPERATURA	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335
336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355
356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375
376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395
396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415
416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435
436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455
456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475
476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495
496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515
516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535
536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555
556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575
576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595
596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615
616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635
636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655
656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675
676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695
696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715
716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735
736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755
756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775
776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795
796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815



DÍAS	R.D.E LA C.A.CORRA				R.D.E LA C.A.CORRA				R.D.E LA C.A.CORRA				R.D.E LA C.A.CORRA				R.D.E LA C.A.CORRA				R.D.E LA C.A.CORRA							
	MAX	MIN	PP	EVP	MAX	MIN	PP	EVP	MAX	MIN	PP	EVP	MAX	MIN	PP	EVP	MAX	MIN	PP	EVP	MAX	MIN	PP	EVP	MAX	MIN	PP	EVP
1	17.6	1.4	0.0	4.2	17.0	2.6	0.0	4.7	20.0	3.4	0.0	4.2	17.0	2.6	0.0	4.2	17.0	2.6	0.0	4.2	17.0	2.6	0.0	4.2	17.0	2.6	0.0	4.2
2	17.4	2.8	0.0	4.2	17.6	0.0	4.4	4.7	17.0	3.8	0.0	3.0	17.0	3.8	0.0	3.0	17.0	3.8	0.0	3.0	17.0	3.8	0.0	3.0	17.0	3.8	0.0	3.0
3	17.6	5.2	0.0	3.8	17.8	5.4	0.0	3.8	16.4	5.4	12.8	3.8	16.4	5.4	12.8	3.8	16.4	5.4	12.8	3.8	16.4	5.4	12.8	3.8	16.4	5.4	12.8	3.8
4	17.8	4.2	11.5	3.4	18.4	1.4	0.0	5.8	16.2	5.4	0.0	3.7	16.2	5.4	0.0	3.7	16.2	5.4	0.0	3.7	16.2	5.4	0.0	3.7	16.2	5.4	0.0	3.7
5	14.2	3.2	19.8	3.2	18.8	3.8	0.0	4.4	14.2	5.4	2.4	3.4	14.2	5.4	2.4	3.4	14.2	5.4	2.4	3.4	14.2	5.4	2.4	3.4	14.2	5.4	2.4	3.4
6	13.6	1.6	8.7	3.2	18.0	2.8	0.0	4.2	16.2	5.0	7.0	3.8	16.2	5.0	7.0	3.8	16.2	5.0	7.0	3.8	16.2	5.0	7.0	3.8	16.2	5.0	7.0	3.8
7	11.0	0.0	9.8	4.8	18.8	4.2	0.0	4.4	16.2	5.0	31.0	3.7	16.2	5.0	31.0	3.7	16.2	5.0	31.0	3.7	16.2	5.0	31.0	3.7	16.2	5.0	31.0	3.7
8	17.4	6.2	0.0	4.8	19.0	4.2	0.0	5.2	16.2	5.0	3.8	3.2	16.2	5.0	3.8	3.2	16.2	5.0	3.8	3.2	16.2	5.0	3.8	3.2	16.2	5.0	3.8	3.2
9	17.4	3.6	0.0	3.8	19.0	4.2	0.0	5.2	16.2	5.0	3.8	3.2	16.2	5.0	3.8	3.2	16.2	5.0	3.8	3.2	16.2	5.0	3.8	3.2	16.2	5.0	3.8	3.2
10	18.8	3.4	0.0	4.2	17.2	4.6	0.0	4.8	13.6	5.0	3.8	3.2	13.6	5.0	3.8	3.2	13.6	5.0	3.8	3.2	13.6	5.0	3.8	3.2	13.6	5.0	3.8	3.2
11	18.0	2.8	19.0	4.5	17.6	4.6	0.0	4.8	17.8	4.4	0.0	3.8	17.8	4.4	0.0	3.8	17.8	4.4	0.0	3.8	17.8	4.4	0.0	3.8	17.8	4.4	0.0	3.8
12	19.2	3.2	0.0	4.6	16.0	6.0	2.4	4.0	15.2	2.6	0.0	3.8	15.2	2.6	0.0	3.8	15.2	2.6	0.0	3.8	15.2	2.6	0.0	3.8	15.2	2.6	0.0	3.8
13	19.2	3.2	0.0	4.6	17.4	6.2	0.8	4.0	17.6	4.0	0.0	3.7	17.6	4.0	0.0	3.7	17.6	4.0	0.0	3.7	17.6	4.0	0.0	3.7	17.6	4.0	0.0	3.7
14	20.0	3.6	0.0	4.8	17.6	4.4	0.4	4.0	18.8	4.4	4.0	3.0	18.8	4.4	4.0	3.0	18.8	4.4	4.0	3.0	18.8	4.4	4.0	3.0	18.8	4.4	4.0	3.0
15	18.0	2.0	0.0	4.2	18.4	3.2	0.0	4.4	15.4	5.4	0.0	3.8	15.4	5.4	0.0	3.8	15.4	5.4	0.0	3.8	15.4	5.4	0.0	3.8	15.4	5.4	0.0	3.8
16	20.2	1.8	0.0	4.4	17.8	5.6	0.0	4.0	14.8	6.0	2.8	3.6	14.8	6.0	2.8	3.6	14.8	6.0	2.8	3.6	14.8	6.0	2.8	3.6	14.8	6.0	2.8	3.6
17	18.0	2.8	0.0	4.5	17.0	4.6	0.0	4.4	14.4	4.0	17.0	3.6	14.4	4.0	17.0	3.6	14.4	4.0	17.0	3.6	14.4	4.0	17.0	3.6	14.4	4.0	17.0	3.6
18	18.6	1.0	0.0	3.2	18.6	4.0	0.0	4.8	14.8	4.2	1.0	3.8	14.8	4.2	1.0	3.8	14.8	4.2	1.0	3.8	14.8	4.2	1.0	3.8	14.8	4.2	1.0	3.8
19	18.0	4.8	0.0	4.4	18.6	4.8	0.0	4.2	15.2	4.0	3.5	3.6	15.2	4.0	3.5	3.6	15.2	4.0	3.5	3.6	15.2	4.0	3.5	3.6	15.2	4.0	3.5	3.6
20	18.0	1.8	0.0	4.8	18.8	4.8	0.0	4.2	13.8	5.2	21.5	3.1	13.8	5.2	21.5	3.1	13.8	5.2	21.5	3.1	13.8	5.2	21.5	3.1	13.8	5.2	21.5	3.1
21	18.4	0.6	0.0	4.8	17.8	3.2	0.0	4.1	13.6	5.8	11.5	3.0	13.6	5.8	11.5	3.0	13.6	5.8	11.5	3.0	13.6	5.8	11.5	3.0	13.6	5.8	11.5	3.0
22	18.0	4.2	0.0	4.6	18.0	2.2	0.0	4.6	10.8	3.8	1.8	3.0	10.8	3.8	1.8	3.0	10.8	3.8	1.8	3.0	10.8	3.8	1.8	3.0	10.8	3.8	1.8	3.0
23	18.2	3.2	0.0	4.4	17.8	2.0	0.8	4.3	16.8	4.8	0.4	3.3	16.8	4.8	0.4	3.3	16.8	4.8	0.4	3.3	16.8	4.8	0.4	3.3	16.8	4.8	0.4	3.3
24	20.8	-0.2	0.0	4.8	17.8	6.8	2.6	4.0	14.2	5.4	25.4	3.2	14.2	5.4	25.4	3.2	14.2	5.4	25.4	3.2	14.2	5.4	25.4	3.2	14.2	5.4	25.4	3.2
25	17.6	2.4	0.0	4.1	18.4	5.0	18.0	3.0	15.0	4.0	0.5	3.4	15.0	4.0	0.5	3.4	15.0	4.0	0.5	3.4	15.0	4.0	0.5	3.4	15.0	4.0	0.5	3.4
26	15.4	3.2	0.0	3.3	12.4	4.6	5.8	3.2	12.4	3.0	1.4	3.5	12.4	3.0	1.4	3.5	12.4	3.0	1.4	3.5	12.4	3.0	1.4	3.5	12.4	3.0	1.4	3.5
27	16.4	3.2	0.0	3.9	14.8	4.8	0.0	3.8	15.8	6.0	1.5	3.0	15.8	6.0	1.5	3.0	15.8	6.0	1.5	3.0	15.8	6.0	1.5	3.0	15.8	6.0	1.5	3.0
28	16.6	4.2	0.0	3.8	17.4	4.8	6.0	3.8	13.8	6.0	1.5	3.0	13.8	6.0	1.5	3.0	13.8	6.0	1.5	3.0	13.8	6.0	1.5	3.0	13.8	6.0	1.5	3.0
29	16.6	3.8	2.4	4.0	15.6	6.0	0.0	3.7	15.2	6.0	2.8	3.3	15.2	6.0	2.8	3.3	15.2	6.0	2.8	3.3	15.2	6.0	2.8	3.3	15.2	6.0	2.8	3.3
30	17.4	2.2	0.0	4.0	16.8	4.6	0.0	3.4	18.6	4.4	0.0	3.6	18.6	4.4	0.0	3.6	18.6	4.4	0.0	3.6	18.6	4.4	0.0	3.6	18.6	4.4	0.0	3.6
31	17.8	2.4	0.0	3.8	16.2	4.6	0.0	3.4	16.2	4.0	0.0	3.7	16.2	4.0	0.0	3.7	16.2	4.0	0.0	3.7	16.2	4.0	0.0	3.7	16.2	4.0	0.0	3.7

**Figura B.2.** Datos hidrometeorológicos de la estación meteorológica Rincón de la Cruz

– Acora, Puno, Perú. SENAMHI.



## INFORME DE ENSAYO N° 06058-22/SU/ILLPA

### I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Universidad Nacional del Altiplano - Puno, Proyecto: "Mejoramiento Generalizado de la Calidad"  
 Propietario / Proveedor : -  
 Dirección del cliente : Centro Experimental - Camacani  
 Solicitado por : Universidad Nacional del Altiplano - Puno.  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 01 muestra  
 Producto declarado : Suelo Agrícola  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico  
 Referencia del muestreo : Centro Experimental - Camacani  
 Procedencia de muestra(s) : Camacani, Plateria, Puno  
 Fecha(s) de muestreo : 2022.04.03  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2022.05.20  
 Lugar de ensayo : LABSAF Illpa  
 Fecha(s) de análisis : 2022.05.23  
 Colización de servicio : N° 082-2022-ILL  
 Fecha de emisión : 2022.09.03

### II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU580 ILL 22	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2022.04.03	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h)	-	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/identificación de la Muestra por el	Muestra 1	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unif. pH	--	8.106	-	-	-
Conductividad Eléctrica	µS/cm	--	9.82	-	-	-
Materia Orgánica	%	--	1.64	-	-	-
Nitrógeno	%	--	0.261	-	-	-
Fósforo	ppm	--	8.31	-	-	-
Potasio	ppm	--	78.19	-	-	-
Carbonatos calcio	%	--	0.00	-	-	-
<b>Análisis de Mecánico</b>						
Arena	%	--	31.75	-	-	-
Limo	%	--	58.58	-	-	-
Arcilla	%	--	8.68	-	-	-
Clase Textural	--	--	Franco Limoso	-	-	-
<b>Cationes Intercambiables</b>						
Aluminio (Al)	meq/100g	0.10	0.00	-	-	-
Calcio (Ca)	meq/100g	0.10	20.00	-	-	-
Magnesio (Mg)	meq/100g	0.10	5.00	-	-	-
Potasio (K)	meq/100g	0.10	0.00	-	-	-
Sodio (Na)	meq/100g	0.10	0.17	-	-	-
Suma de Cationes	meq/100g	--	25.17	-	-	-
Capacidad de Intercambio catiónico	meq/100g	0.10	25.90	-	-	-



MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA  
ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGRIARIA ILLPA - PUNO

NOV. FREDY LOPE GUERRA  
DIRECTOR

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

**INFORME DE ENSAYO**  
N° 06064-22/FO/ILLPA

**I. INFORMACIÓN GENERAL**

Cliente : Valerio Halanoca Cari.  
 Propietario / Productor : --  
 Dirección del cliente : Centro Experimental - Camacani  
 Solicitado por : Valerio Halanoca Cari.  
 Muestreado por : Cliente  
 Número de muestra(s) : 03 muestras.  
 Producto declarado : Quinua.  
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico.  
 Referencia del muestreo : Camacani CIP-UNAP  
 Procedencia de muestra(s) : Platera-Puno.  
 Fecha(s) de muestreo : 2022.06.01  
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2022.06.10  
 Lugar de ensayo : LABSAF Illpa  
 Fecha(s) de análisis : 2022.06.13  
 Cotización del servicio : N° 068-2022-ILL  
 Fecha de emisión : 2022.06.20

**II. RESULTADO DE ANÁLISIS**

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	FO700-ILL-22	FO701-ILL-22	FO702-ILL-22	--	--	--
Matriz Analizada	Foliar	Foliar	Foliar	--	--	--
Fecha de Muestreo	2022.06.01	2022.06.01	2022.06.01	--	--	--
Hora de Inicio de Muestreo (h)	10:00 a.m.	10:21 a.m.	10:42 a.m.	--	--	--
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	--	--	--
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Camacani-SALXPAN 171.	Camacani-SALXPAN 171.	Camacani-SALXPAN 171.	--	--	--
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
<b>Análisis de Mecánico</b>						
Saponina	%	--	0.001	--	--	--
Producto Estereo	%	--	--	6.90	--	--
Proteína	%	--	--	--	1078	--



**III. METODOLOGÍA DE ENSAYO**

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Metodología analítica en Quinua.	Ministerio de Agricultura y Riego Primera Edición Diciembre 2019 Instituto Nacional de Innovación Agraria Tiraja 2000 ejemplares 100 páginas.
Saponina	Espectro UV-VIS
Proteína	Método 984.13(AOAC,1990) Microkjeldahl.

**IV. CONSIDERACIONES**

- Estado en las que ingreso la Muestras: Buenas Condiciones de almacenamiento
- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C

MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO  
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA  
 ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA ILLPA - PUNO  
 MVZ. FREDDY LOPE DUEÑAS  
 DIRECTOR  
 FIN DE INFORME DE ENSAYO

**Figura D.4.** Análisis de saponina y proteína (INIA) del híbrido (SAL X PAN 171)



**Figura E.5.** Preparación de terreno para la instalación del experimento del híbrido (SAL X PAN 171) campaña 2021-2022.



**Figura F.6.** Surcado de la parcela del cultivo de quinua



**Figura G-7.** Aporque en el cultivo de quinua (SAL X PAN 171) campaña2021-2022.



**Figura H.8.** Aplicación de urea al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña2021-2022.



**Figura I.9.** Evaluaciones agronómicas del cultivo de la quinua (SAL X PAN 171) (*Chenopodium quinoa* Willd.), campaña 2021-2022.



**Figura J.10.** Evaluación de peso de 1000 granos de quinua en el laboratorio de la UNA –PUNO



## **Descriptores para la quinua y sus parientes silvestres. (Biodiversity International, FAO, PROINPA, INIAF, FIDA, 2013)**

### **Descriptores de la planta**

Para las medidas cuantitativas registrar la media de las plantas tomadas al azar en competencia completa (evitando plantas de bordura) y en las cualitativas en función al 50% de plantas de la población.

#### **Altura de la planta (cm)**

Medida en la madurez fisiológica, desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja.

Promedio de 10 plantas.

#### **Diámetro del tallo principal (mm)**

Medido en la parte media del tercio inferior de la planta en la madurez fisiológica.

Promedio de al menos 10 plantas.

Color del tallo principal. Registro del color predominante en el tallo principal en la madurez fisiológica. 1 Blanco

2 Púrpura

3 Rojo

4 Rosado

5 Amarillo

6 Anaranjado

7 Marrón

8 Gris



9 Negro

10 Verde

### **Color de la panoja en la floración**

1 Verde

2 Púrpura

3 Rojo

4 Mixtura (púrpura y rojo)

### **Color de la panoja en la madurez fisiológica**

1 Blanco

2 Púrpura

3 Rojo

4 Rosado

5 Amarillo

6 Anaranjado

7 Marrón

8 Gris

9 Negro

### **Forma de la panoja**

1.-Glomerulada (glomérulos están insertos en los ejes glomerulares y presentan una forma globosa)





2.-Intermedia (apariencia de ambas formas)

3.-Amarantiforme (glomérulos están insertados directamente en el eje secundario y presentan una forma alargada)

**Longitud de la panoja (cm)**

Registrar en la madurez fisiológica, medir desde la base hasta el ápice de la panoja principal. Media de al menos 10 plantas.

**Diámetro de la panoja (cm)**

Registrar en la madurez fisiológica, registrar el diámetro máximo de la panoja principal. Media de al menos 10 plantas.

**Densidad de la panoja**

- 1 Laxa
- 2 Intermedia
- 3 Compacta

**Diámetro del grano (mm)**

Promedio de 20 granos sin considerar el perigonio.

**Peso de 1000 granos (g)**

Registro del peso sin considerar el perigonio.

**Número de días hasta el 50% de floración (d)**

Desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan alcanzado el 50% de la floración.

**Número de días hasta el 50% de la madurez fisiológica (d)**



### **Presencia de saponina**

0 Ausente

1 Presente

### **Índice de cosecha**

$$IC = (PG/PB+PG * 100)$$

PG: Peso de Grano

PB: Peso de Broza

### **Contenido de proteínas en la semilla (% PS).**

Porcentaje por 100 g de materia del peso de semillas secas.

Registrada en condiciones naturales durante la estación fría y/o cálida.