

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)
ECOTIPO ALTIPLANO EN CONDICIONES DE COSTA
CENTRAL”**

Presentada por:

CARLA SOFÍA CAMPOS MORALES

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima –Perú

2018

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente tesis (Art. 24 –
Reglamento de Propiedad Intelectual)**

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**“ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)
ECOTIPO ALTIPLANO EN CONDICIONES DE COSTA
CENTRAL”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentada por:

CARLA SOFIA CAMPOS MORALES

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Sady Javier García Bendezú

PRESIDENTE

Dra. Luz Gómez Pando

ASESORA

Ing. Mg. Sc. Julián Chura Chuquiya

MIEMBRO

Dr. Félix Camarena Mayta

MIEMBRO

DEDICATORIA

*Con amor a mis queridos padres **Heriberto y Nelly.***

Gracias por su apoyo incondicional y consejos.

*Con cariño a mis hermanas **Lorena y Grecia.***

Por su comprensión y motivación.

*A mí querida y adorada abuelita **Hermelinda Ángel** y a mi tía **Rosa Morales** que desde el cielo
guía mis pasos*

AGRADECIMIENTO

Al programa de Cereales y Granos Nativos por financiar y brindarme las instalaciones, materiales y demás herramientas que influyeron para realizar el experimento.

Al proyecto de investigación “Desarrollo de cadenas de valor para la conservación de la biodiversidad y el mejoramiento de los medios de la vida rural” SP-QUINUA de VLIYR-USO/UNALM. Por el financiamiento de la presente tesis.

*A mi asesora **Dra. Luz Gómez Pando** a quien admiro por su perseverancia, conocimientos, paciencia y pasión por la investigación.*

*A la **Universidad Agraria La Molina** por brindarme la satisfacción de ser alumna a esta maravillosa institución.*

*A mi amigo e Ingeniero **Tulio Olivas** por ayudarme en el análisis estadístico.*

*Al **Dr. José Carlos Lorenzo** por su apoyo en el método de la distancia euclidiana.*

Y todas aquellas personas que influyeron para que se realizara la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	IMPORTANCIA.....	3
2.1.1	Superficie cosechada (ha), producción (t) y rendimiento (kg/ha) nacional de la quinua.....	3
2.1.2.	Exportación precio y volumen de la quinua.....	5
2.2.	CENTRO DE ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL CULTIVO DE LA QUINUA.....	6
2.3.	CLASIFICACION TAXONÓMICA.....	7
2.4.	MORFOLOGÍA DE LA QUINUA.....	8
2.5.	ETAPAS FENOLOGICAS DE LA QUINUA.....	11
2.6	CLASIFICACION AGROECOLOGICA DE LA QUINUA SEGÚN SU LOCALIZACION.....	14
2.6.1.	Quinua del valle.....	14
2.6.2	Quinua del altiplano.....	15
2.6.3	Quinuas del nivel del mar.....	15
2.6.4	Quinuas de los salares.....	15
2.6.5	Quinuas subtropicales o de las yungas.....	15
2.7	REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO.....	16
2.7.1	Requerimientos edáficos.....	16
2.7.2	Requerimientos edáficos.....	17
2.7.3	Requerimientos climáticos.....	18
2.8.	FACTORES BIÓTICOS LIMITANTES.....	23
2.9.	QUINUAS DEL ALTIPLANO.....	24
2.9.1	Variedades de quina del altiplano.....	26
III.	MATERIALES Y METODOS.....	30
3.1	UBICACIÓN.....	30
3.2	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO.....	31
3.3	EVALUACIÓN CLIMÁTICA.....	32
3.4	MATERIAL VEGETAL.....	34
3.5	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	34
3.5.1.	Características del campo experimental.....	35
3.5.2.	Variables evaluadas.....	37
3.5.2.1.	Evaluaciones en campo.....	37
3.5.2.2.	Evaluaciones en laboratorio.....	37
3.5.2.4	Evaluaciones fitosanitarias.....	41

3.6 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO	43
3.7 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	44
3.8 ANÁLISIS DE LOS DATOS	45
3.8.1. Análisis estadístico.....	45
3.8.2 Distancia Euclidiana.....	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1 CARACTERISTICAS AGRONÓMICAS.....	48
4.1.1. Rendimiento	48
4.1.2. Días a la floración	51
4.1.3 Días a la maduración.....	54
4.1.4. Altura de planta.....	55
4.1.5. Índice de cosecha	56
4.2 CARACTERES DE CALIDAD DE GRANO.....	60
4.2.1 CARACTER PESO DE MIL GRANOS (g)	60
4.2.2 PORCENTAJE DE PROTEÍNA EN EL GRANO	61
4.2.3 CONTENIDO DE SAPONINA EN EL GRANO.....	62
4.3 FACTORES BIÓTICOS.....	66
4.3.1. Daño por mildiu (<i>Peronospora variabilis</i>).....	66
4.3.3. Presencia de lepidópteros y pulgones.....	75
4.3.4. PRESENCIA DE AVES SILVESTRES	76
4.3.5. IDENTIFICACION DE MALEZAS	78
4.4. SELECCIÓN PRELIMINAR DE ACCESIONES DE MEJOR COMPORTAMIENTO.....	80
V. CONCLUSIONES.....	83
VI. RECOMENDACIONES	84
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	85
VIII. ANEXOS.....	94

INDICE DE CUADROS

Tabla 1. Serie histórica de la superficie cosechada (ha), producción (t) y el rendimiento (kg/ha) de quinua en el Perú. 2008- 2016.	3
Tabla 2. Condiciones meteorológicas y edafológicas para el desarrollo de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Will.).....	22
Tabla 3. Grupo agroecológico de las quinuas y su adaptación a temperaturas mínimas	24
Tabla 4. Características morfológicas y agronómicas de la variedad Salcedo INIA.	26
Tabla 5. Características morfológicas y agronómicas de la variedad Pasankalla.	27
Tabla 6. Resumen de las características agronómicas y fenotípicas de las variedades comerciales producidas en el Altiplano.....	29
Tabla 7. Caracterización del suelo del Campo experimental Guayabo II de la Universidad Agraria La Molina.	31
Tabla 8. Datos climatológicos mensuales de horas de sol, Precipitación y Evapotranspiración de la campaña agosto 2013- enero 2014.	33
Tabla 9. Material vegetal: Ecotipos del altiplano.....	34
Tabla 10. Escala de evaluación de plagas.	42
Tabla 11. Escala de evaluación por daño de aves.	42
Tabla 12. Cuadrados medios del análisis de variancia de rendimiento (Kg/ha), altura de la planta (m), índice de cosecha (%), números días al 50 % de floración y números días a la madurez de 17 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central- La Molina. Campaña agosto 2013 – enero 2014.	58
Tabla 13. Valores medios y prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) de rendimiento (Kg/ha), altura de la planta (m), índice de cosecha (%), números días al 50% de floración y números días a la madurez de 17 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central - La Molina. Campaña agosto 2013 – enero 2014.....	59
Tabla 14. Cuadrados medios del análisis de variancia del peso de mil granos (g), proteína (%), saponina (%) y humedad (%) de 17 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central. La Molina. Campaña agosto 2013 – enero 2014.....	64
Tabla 15. Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) de peso de mil granos (g), % proteína, % saponina y % humedad de 17 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central - La Molina. Campaña agosto 2013 – enero.....	65
Tabla 16. Cuadrados medios del Análisis de variancia del daño por <i>Peronospora variabilis</i> “mildiu”de 17 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central. La Molina. Campaña agosto 2013 – enero 2014.....	68

Tabla 17. Valores medios y Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) de daño por <i>Peronospora variabilis</i> “Mildiu” de 17 accesiones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central - La Molina. Campaña agosto 2013 – enero 2014.....	69
Tabla 18. Resultados del grado de daño de <i>Lyriomiza huidobrensis</i> “mosca minadora” según el estado fenológico de accesiones del altiplano bajo condiciones de costa.	73
Tabla 19. Nivel de daño originado por aves silvestres en las accesiones del ecotipo altiplano bajo condiciones de costa central 2014.	76
Tabla 20. Malezas identificadas en el desarrollo fenológico de las accesiones del altiplano en la campana agosto – enero, 2013- 2014.	79
Tabla 21. Valores de caracteres agronómicos y de calidad de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) del testigo Variedad INIA – Salcedo y Pasankalla observados en el presente experimento.....	80
Tabla 22. Valores de caracteres agronómicos y de calidad de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>) seleccionados para la identificación de las mejores accesiones en condiciones del experimento.	81
Tabla 23. Distancia euclidiana promedio de las 14 accesiones ecotipo del altiplano, una accesión de valle y 2 testigos (Salcedo INIA y Pasankalla) bajo el criterio del experto, considerando caracteres agronómicos y de calidad de calidad en condiciones de la Molina. Campana 2013 – 2014.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Superficie cosechada departamental (ha) del cultivo de quinua en el Perú en el año 2014.....	4
Figura 2. Distribución de la producción departamental (t) del cultivo de quinua en el Perú en el año 2014.	5
Figura 3. Exportación, Precio y Volumen en miles de toneladas del cultivo de la quinua del 2010 al 2016.	6
Figura 4. Ubicación geográfica de la parcela en estudio - 2014	30
Figura 5. Variación de la temperatura promedio, máxima y mínima mensual durante la campaña agosto 2013 – enero 2014.....	32
Figura 6. Fluctuación de la humedad relativa promedio, máxima y mínima mensual durante la campaña agosto 2013 – enero 2014.....	33
Figura 7. Esquema de la distribución de las 17 accesiones del cultivo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) ecotipos del altiplano en condiciones de costa central...36	
Figura 8. Índice de esporulación para determinar susceptibilidad o resistencia al mildiu según Danielsen y Ames (2000).....	41
Figura 9. Síntomas de <i>Peronospora variabilis</i> en el haz de las hojas de quinua del altiplano con diferente color y tamaño de manchas a 43 días de la siembra en la campana verano 2013 – 2014. A: accesión PEQPC-2273 S/N E.B: accesión PEQPC-2278 S/N C. Pasankalla D. Salcedo INIA. E: accesión PEQPC- 2288 Choclito Bolivariano.	70
Figura 10. Esporangios de <i>Peronospora variabilis</i> en el envés de las hojas de quinua del altiplano a 43 días de la siembra en la campana verano 2013 – 2014. A: accesión PEQPC-2289 Marangani. B: accesión PEQPC- 2287 S/N IS (con el mayor porcentaje de incidencia). C: PEQPC-2286 Ecotipo Bebe. D: Salcedo INIA.	71
Figura 11. Evolución del daño de <i>Lyriomiza huidrobrensis</i> según etapa la fenológica de las accesiones de quinua en la campana verano 2013 – 2014. A: puntos blancos en las hojas cotiledones y primer par de hojas desplegadas. B: pequeñas minas y puntos blancos en el segundo par de hojas. C: minas serpenteantes y presencia de larvas en las hojas basales en el estado de ramificación.....	74

Figura 12. Panoja de quinua en el estado pastoso dañado por *Liorhyssus hialynus* en la campaña agosto – enero 2013 – 2014.....77

Figura 13. Panoja de quinua en el estado pastoso dañado por aves en el mes de noviembre de la campaña agosto – enero 2013 – 2014.....77

Figura 14. Presencia de *Nicandra physalodes* en el campo experimental..... 79

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Fases fenológicas de la quinua y periodos susceptibles al clima..... ¡Error! Marcador no definido.

Anexo 2. Resultados de estudios con diferentes variedades de quinua en condiciones de Costa Central.....¡Error! Marcador no definido.

Anexo 3. Valores máximos y mínimos de cada accesión ecotipo del altiplano por cada variable en estudio.....¡Error! Marcador no definido.

Anexo 4. Estandarización de los valores de cada accesión ecotipo del altiplano por cada variable en estudio.....¡Error! Marcador no definido.

Anexo 5. Fórmula y cálculo de la distancia Euclidiana por cada accesión del ecotipo del altiplano por cada variable en estudio. **99**

RESUMEN

En la última década se ha considerado a la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) como una alternativa de cultivo importante para la costa por su alta demanda y rentabilidad, así que se recomienda desarrollar variedades con buena adaptación. El presente estudio tuvo como objetivos: Evaluar los caracteres agronómicos y de calidad de accesiones del Ecotipo Altiplano en condiciones de costa central. Identificar los factores bióticos que limitan o favorecen su cultivo como la evaluación de mildiú, insectos y malezas. Seleccionar las accesiones promisorias de mejor comportamiento. Fueron evaluados catorce accesiones del Ecotipo Altiplano en condiciones de costa central y tres testigos comerciales, la variedad de valle Amarilla de Maranganí, las variedades del altiplano, Salcedo INIA y Pasankalla. Se instaló en agosto 2013 y se cosechó en enero 2014 en los campos agrícolas del programa de cereales y granos nativos de la UNALM. El diseño estadístico fue diseño de Bloques completos al azar con tres repeticiones. Esencialmente, se evaluaron caracteres agronómicos y de calidad como el contenido de proteína (%), contenido de saponina (%), peso de 1000 granos, altura (cm), días al 50 % de floración, días a la madurez, porcentaje de severidad de mildiu y rendimiento (kg/ha). Las accesiones de quinua de origen altiplánico presentaron rendimientos de granos de 346.15 a 2851.65 kg/ha, alcanzaron el 50% de floración entre los 40 a 71 días, la madurez entre los 74 a 132 días, una altura de planta de 46.7 a 202.8 cm, un índice de cosecha de 0.03 a 0.33%, un peso de biomasa de 521 a 9470 kg/ha, un contenido de proteína de grano 8.85 a 17.97%, un contenido de saponina de grano de 0 a 1.48%, un peso de 100 granos de 1.5 a 3.9 g. Los factores que limitan la producción de quinua fueron: la infección originada por *Peronospora variabilis* “Mildiu”, la infestación de *Lyriomiza huidrobrensis* “Mosca Minadora”, el daño de aves silvestres y las malezas de hoja ancha y hoja angosta predominando *Nicandra physalodes*. Se empleó la distancia euclidiana para realizar la selección preliminar de las accesiones de mejor comportamiento. De las 17 accesiones se identificaron 3 accesiones como la accesión PEQPC - 2275 Rosada Taraco que fue la más promisorias y la accesión PEQPC-2278 S/N A (1.16) que exhibieron también el mejor comportamiento.

Palabras claves: quinua; accesión; ecotipo altiplano; rendimiento; factores bióticos

ABSTRACT

In the last decade, the quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) has been considered as an important alternative crop to produce in the coast due its high demand and profitability, so it is recommended to develop varieties with good adaptation. The present study had three objectives: To assess the agricultural characters, quality characters of accessions of quinoa altiplanic origin in coast conditions. To identify biotic factors that limit or encourage the quinoa as the evaluation of mildiú, insects and weeds. To select the best varieties with the best performance. Fourteen accessions of quinoa altiplanic origin were collected and evaluated and three commercial witnesses: the variety of the Amarilla de Maranganí valley, the highland varieties, Salcedo INIA and Pasankalla. The experiment was planted on August 2013 and harvested on January 2014 in the field from National Agricultural University La Molina. The experiment design was the complete block design with three repetitions. Essentially, agricultural and quality characters were evaluated such as grain protein content (%), saponin content (%), mass of 1000 grains, plant height (cm), days to flowering, days to maturity, harvest index (%), coefficient of infection with powdery mildew, and yield (kg/ha). The accessions of quinoa of altiplanic origin presented yields of grains from 346.2 to 2851.65 kg / ha, reached 50% of flowering between 40 to 71 days, maturity between 74 to 132 days, a plant height of 46.7 to 202.8 cm , a harvest index of 0.03 to 0.33%, a biomass weight of 521 to 9470 kg / ha, a grain protein content of 8.85 to 17.97%, a grain saponin content of 0 to 1.48%, a weight of 100 grains from 1.5 to 3.9 g .The biotic factors identified were *Peronospora variabilis* “Mildiú”, infestation of *Lyriomiza huidrobrensis* “Mosca Minadora”, the damage of wild birds, and broadleaf weeds as *Nicandra physalodes*. The Euclidean distance was used to identify the best varieties with the best performance. From the seventeen varieties, three varieties were selected: PEQPC - 2275 Rosada Taraco with the higher yield (2851.56 kg/ha), PEQPC-2278 S/N A (1.16), and PEQPC- 2289 Marangani (1.27) that also obtained the best performance.

Key Words: quinoa, ecotype of altiplano, yield, biotic factors, Euclidean distance

I. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quínoa* Willd.) es un grano andino de la subfamilia *Chenopodiaceae* de amplia distribución geográfica originaria de los Andes peruanos y de otros países de Sudamérica, ha sido parte importante de la dieta alimentaria de los pobladores andinos desde la época prehispánica. Actualmente, la quinua ha sido revalorada y considerada por la FAO y la OMS como uno de los alimentos del futuro a nivel mundial, por su gran capacidad de adaptación agronómica, alto contenido de aminoácidos esenciales y su contribución a la seguridad alimentaria. Esta revaloración a nivel mundial ha determinado un incremento de la demanda nacional e internacional traducido en un incremento de superficie cultivada en los países de origen y en otros alrededor del mundo.

La quinua tradicionalmente por cientos de años se cultivó en la sierra peruana, especialmente en el altiplano de Puno. El cambio de hábito de alimentación en un segmento mundial y nacional, la mejora en el precio y el empleo de nuevas tecnologías en los procesos productivos, determinaron su cultivo y expansión en las áreas cultivadas, de la costa peruana. En el periodo de siembra 2012-2013, se cultivó 31 mil 258 hectáreas del grano. Posteriormente entre 2014 -2015, se elevó a 32 mil 930 hectáreas y actualmente para el periodo 2015-2016, los sembríos ascendieron 36 mil 158 hectáreas (Dirección de Información Agraria, 2016). El Perú se consolidó como el principal exportador mundial de quinua según la Cámara de Comercio de Lima (2016) y es el séptimo producto más importante de nuestra oferta exportable del sector agropecuario. Actualmente, Puno representa el 37 % de la producción nacional de este grano, le sigue Arequipa (20 %), Ayacucho (14 %) y Junín (8 %), con un área total de cultivo de alrededor de 65.000 hectáreas (MINAGRI, 2016).

La siembra masiva en la costa en el periodo 2013-2014, determinó el uso de muchos plaguicidas para controlar los problemas sanitarios del cultivo afectando su producción orgánica que determinó la disminución de precios y por lo tanto la reducción del área cultivada en costa. Sin embargo, la quinua tiene características agronómicas como su

tolerancia a sequía y sales que la convierten en una importante alternativa futura para la costa peruana, considerando que el cambio climático se hace más evidente y empiezan agudizarse los problemas en zonas marginales. Para lograr un cultivo exitoso de quinua en la costa peruana se requiere hacer investigaciones relacionadas al manejo del cultivo y a la adaptación de variedades a estas condiciones climáticas. Las siembras realizadas han mostrado una mejor adaptación de las quinuas del ecotipo altiplano a la costa peruana. En base a lo anteriormente señalado la presente investigación busca estudiar el comportamiento de material genético de la quinua en la costa para ampliar la oferta de nuevas variedades para los agricultores. De acuerdo a lo presentado anteriormente, la hipótesis a comprobar en este trabajo de investigación fue:

El estudio del comportamiento agronómico, respuesta a enfermedades y caracteres asociados a la calidad de material genético, tipo altiplano, del banco de germoplasma del Programa de Cereales UNALM permitirá identificar al menos un genotipo del altiplano con caracteres valiosos para ser sembrado en condiciones de Costa.

Para dar comprobación de esta hipótesis se trazaron los objetivos siguientes:

1. Evaluar los caracteres agronómicos y de calidad de accesiones del Ecotipo Altiplano en condiciones de costa central.
2. Identificar los factores bióticos que limitan o favorecen su cultivo como la evaluación de mildiú, insectos y malezas.
3. Seleccionar las accesiones promisorias de mejor comportamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. IMPORTANCIA

2.1.1 Superficie cosechada (ha), producción (t) y rendimiento (kg/ha) nacional de la quinua.

En esta última década se observa un incremento de la superficie cosechada, producción y el rendimiento, principalmente debido a la revaloración de la quinua y su demanda creciente de exportación. Se aprecia la mayor producción en el año 2014, con 114, 7 mil toneladas y 68,1 mil hectáreas de superficie cosechada. La tasa de crecimiento promedio de la producción, en los últimos 10 años de rendimiento promedio nacional registrado fue 1684 kg/ha (MINAGRI, 2015) tal como se puede apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. Serie histórica de la superficie cosechada (ha), producción (t) y el rendimiento (kg/ha) de quinua en el Perú. 2008- 2016.

Año	Superficie Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (kg/ha)
2008	31163	29867	958
2009	34026	39397	1158
2010	35313	41079	1163
2011	35475	41182	1161
2012	38498	44210	1148
2013	44868	52129	1161
2014	68140	114725	1684
2015	69903	120000	1525
2016	63900	44000	1307

FUENTE: FAOSTAT- Dirección de estadística, (2016).

En esta última década se observa un incremento de la superficie cosechada, producción y el rendimiento, principalmente debido a la revaloración de la quinua y su demanda creciente de exportación. Aproximadamente el 50% de la superficie cosechada se encuentra localizada en Puno, seguida de Arequipa, Ayacucho y Junín que han incrementado en forma significativa, también están presentes los departamentos como

Lima, Ica, Piura y Cajamarca que representan el 2.3% de la superficie cosechada (Figura 1).

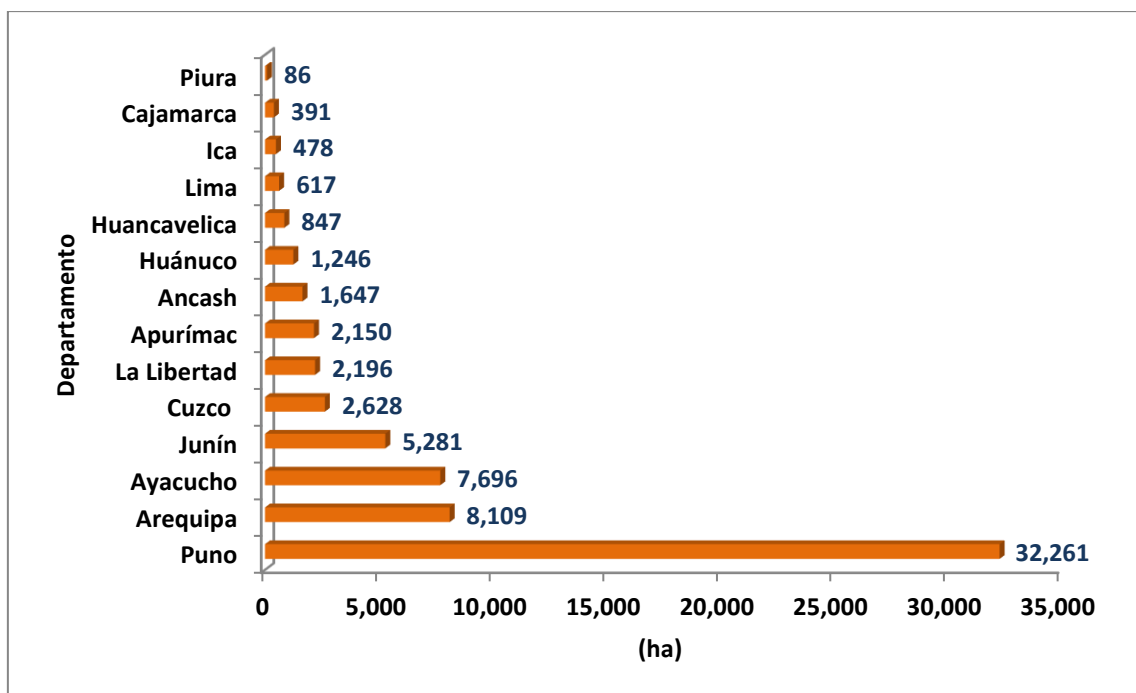


Figura 1. Superficie cosechada departamental (ha) del cultivo de quinua en el Perú en el año 2014.

FUENTE: MINAGRI-OEEE (2014)

En 2014 la producción de quinua en el Perú alcanzó las 114 mil toneladas, cifra mayor en 119 % en comparación a 2013, año en el que se produjeron 52 mil toneladas. Este crecimiento se dio principalmente en las regiones de Arequipa (522 %), Puno (23 %) y Junín (173 %), sustentado en las mayores siembras ejecutadas y, por consiguiente, las mayores cosechas obtenidas, sin embargo, observamos al departamento de Lima con una producción de 1,667 toneladas superior a los departamentos de Huánuco y Huancavelica a pesar que tuvieron mayor superficie cosechada (Figura 2).

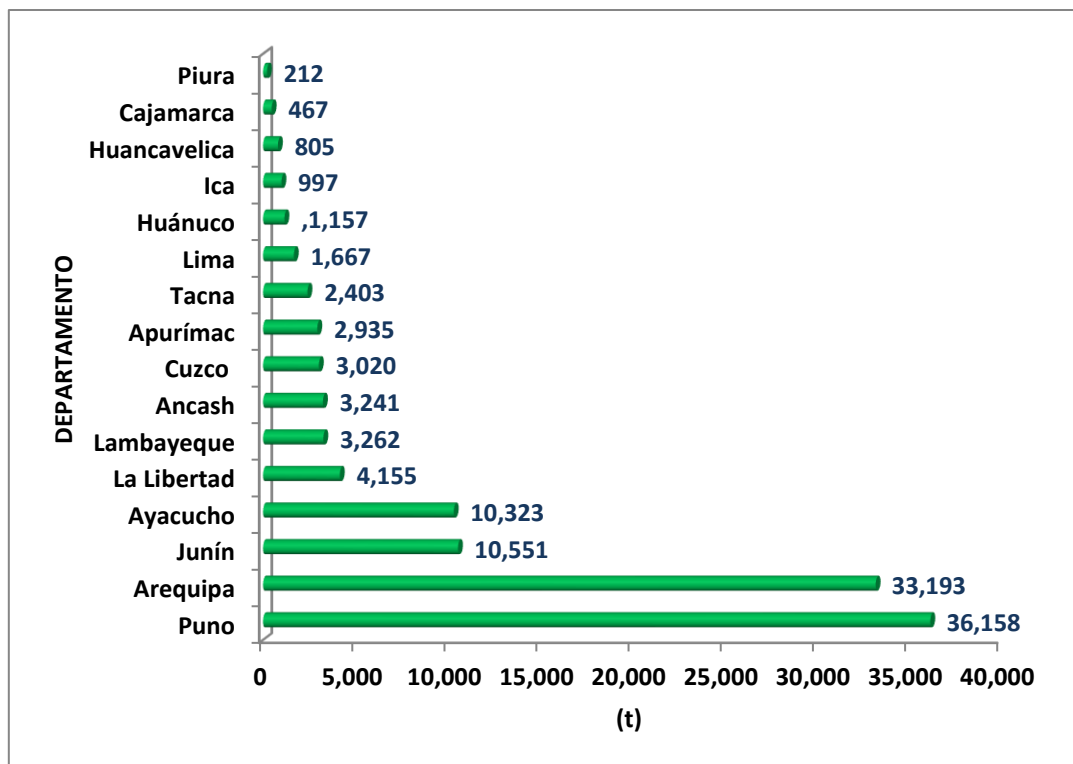


Figura 2. Distribución de la producción departamental (t) del cultivo de quinua en el Perú en el año 2014.

FUENTE: MINAG-OEEE (2014)

2.1.2. Exportación precio y volumen de la quinua

La exportación de quinua peruana según AgroNoticias (2017) en el 2016 se valorizó en 102 millones de dólares por un valor de 44,000 toneladas, esto es 27 % menos de la cifra del 2015 (142.000 millones), de acuerdo con cifras de la Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (SUNAT). El economista agrario Dennis Pereyra explicó que esta baja en las ventas de quinua al extranjero responde a los efectos del cambio climático, a una baja en los precios internacionales y porque los departamentos de la costa dejaron de producir (Quinue.pe, 2017). Nuestro principal comprador es Estados Unidos con U\$ 34.6 millones (34 % del total), le sigue Holanda con U\$ 10,9 millones (11 %). Según menciona MINAGRI (2015) en el 2013 se desarrolla una amplia campaña de difusión nacional e internacional sobre las cualidades del grano andino y de sus diversas aplicaciones, de manera que al final de dicho año las exportaciones peruanas se elevaron en 156,7 % explicado básicamente por el incremento sustancial de los precios de exportación (U\$ 78,8 millones). En el periodo 2010- 2014 las exportaciones demostraron un crecimiento promedio anual de 66 %. A partir del 2015 la exportación y

el precio muestran una tendencia decreciente, esto se debe al uso ilimitado de agroquímicos en la producción de la costa (Figura 3).

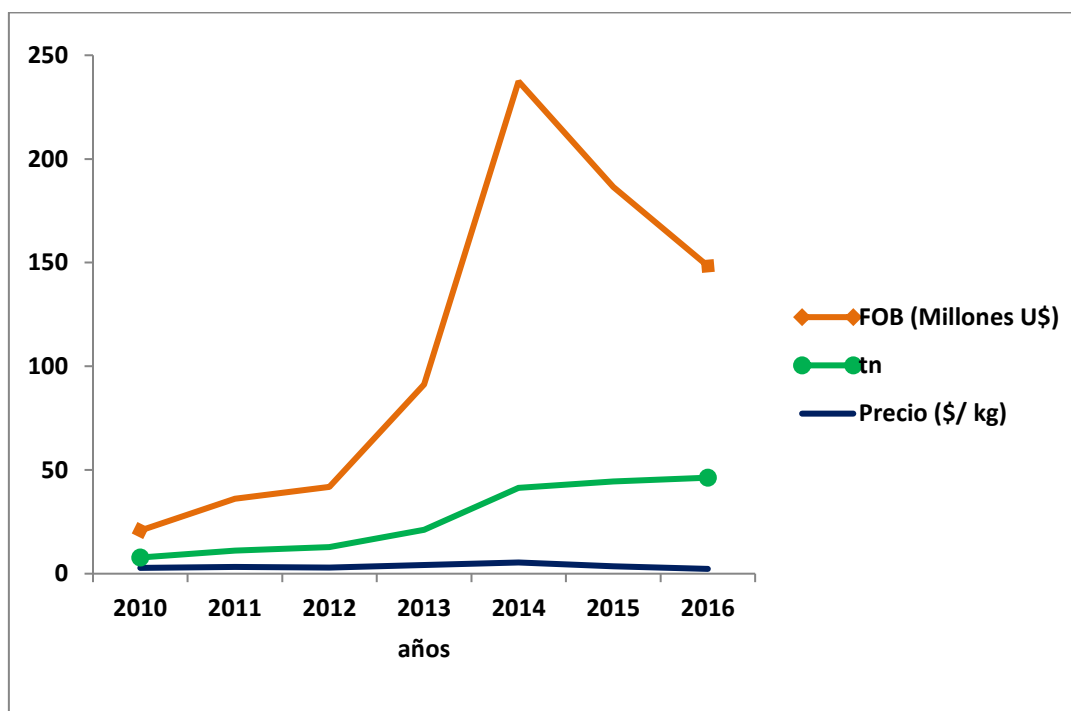


Figura 3. Exportación, Precio y Volumen en miles de toneladas del cultivo de la quinua del 2010 al 2016.

FUENTE: MINAGRI-OEEE (2017)

2.2 CENTRO DE ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL CULTIVO DE LA QUINUA

La quinua tiene su origen en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia. De ahí fue llevada hacia el norte hasta Colombia y hacia el sur de Chile (Bukasov, 1965).

Existen evidencias botánicas y citogenéticas claras de la distribución de formas, diversidad de genotipos y de los parientes silvestres, en la región andina. Aparentemente, su domesticación tomó mucho tiempo, el proceso probablemente se inició con el uso de la planta como fuente de hojas en la alimentación y luego por las semillas. Hallazgos en el norte de Chile (Núñez, 1970) muestra que la quinua fue utilizada al menos antes del año 3000 A.C y por hallazgos en el área de Ayacucho, Perú fue utilizada desde 5000 años A.C, considerándose como el inicio de la domesticación de esta planta (Uhle, 1919).

Se mencionan varios hallazgos arqueológicos de quinua (Towle, 1961), consistentes en ramas fructíferas terminales y granos sueltos, encontrados en diferentes regionales del Perú y en la zona costera de Arica, Chile.

Durante los miles de años, la especie se adaptó a diferentes condiciones agroclimáticas, edáficas y culturales, que se reflejan en su cultivo actual desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm y sus usos diversos en las diferentes comunidades étnicas de acuerdo a sus necesidades alimentarias (FAO, 2001).

La quinua y las especies comestibles de *Amaranthus* constituyeron en conjunto un importante componente de la alimentación de los pueblos prehispánicos en las tierras altas de los Andes (Tapia, 1979).

Gandarillas (1977), muestra concluyentemente que el centro de origen va desde el sur del nudo de Pasco hasta el altiplano boliviano, por la alta diversidad de ecotipos identificados. Tapia (1979) menciona que en el norte de Perú el cultivo de la quinua fue común, pero en asociación con maíz. Más al sur, está alcanzó importancia tanto en el “Callejón de Huaylas” como en el valle del Mantaro, donde fue ampliamente cultivada por la tribu de los Huancas.

2.3 CLASIFICACION TAXONÓMICA

Respecto a su clasificación taxonómica la quinua es una especie clasificada por Judd *et al.* (2009) de la siguiente manera:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Subfamilia:	Chenopodioideae
Género:	Chenopodium
Sección:	Chenopodia
Subsección:	Cellulata
Especie:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow.
Nombre común:	Quinoa, quinoa

2.4. MORFOLOGÍA DE LA QUINUA

2.4.1. Raíz

La germinación de la quinua, Gandarillas (1979) se inicia a las pocas horas de tener humedad, alargándose primero la radícula que continúa creciendo y da lugar a una raíz pivotante vigorosa que puede llegar hasta 30cm de profundidad. A partir de unos pocos centímetros del cuello, empieza a ramificarse en raíces, secundarias, terciarias, etc. Mujica (1988) describe que la profundidad de raíz, las ramificaciones y distribución de las raicillas, varían con los genotipos, pueden tener un sistema radicular profusamente ramificado y fuertemente sostenido al suelo, lo cual impide su eliminación durante el deshierbo, también existen genotipos que toleran mejor el exceso de agua por tener sistema radicular extendido como es el caso de la variedad Cheweca. La profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta. Se han podido detectar plantas de 1,70m de altura con una raíz de 1,50m, y plantas de 90cm con una raíz de 80cm (Gandarillas, 1979).

2.4.2. Planta

La quinua es una planta herbácea anual, clasificada como planta C3, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva (FAO, 2001).

2.4.3. Tallo

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas dando una configuración excepcional. La altura que varía de 0.70 a 3.0m, de color verde a púrpura tendiendo a cambiar de color al madurar, muchas veces presenta estrías (Echegaray, 2003). Con respecto al diámetro del tallo, Izquierdo y Mujica, (1988) describen que es variable con los genotipos, distanciamiento de siembra, fertilización, condiciones de cultivo, variando de 1 a 8 cm de diámetro. La textura de la médula en las plantas jóvenes es blanda, cuando se acerca a la madurez es esponjosa y hueca, de color crema y sin fibras. Por el contrario, la corteza es firme y compacta, formada por tejidos fuertes (Gandarillas, 1979).

2.4.4. Hojas

Las hojas como todas las dicotiledóneas están formadas por el peciolo y la lámina. Los peciolos son largos, finos y acanalados en su lado superior y de un largo variable dentro de la misma planta. La lámina es polimorfa tiene las hojas inferiores de forma romboidal o triangular y de las superiores lanceoladas o triangulares (Gandarillas, 1979).

Gandarillas (1968) describe que el número de dientes es uno de los caracteres más constantes variando según la raza de 3 a 20, siendo en el último caso hojas aserradas. Las hojas inferiores pueden medir hasta 15 cm de largo por 12 cm de ancho. Las superiores son más pequeñas y pueden carecer de dientes, como las hojas que salen de las inflorescencias que apenas miden 10 cm de largo por 2 cm de ancho.

Mujica (1988) describe la coloración de la hoja es muy variable: del verde al rojo con diferentes tonalidades y presenta nervaduras muy pronunciadas y fácilmente visibles, que nacen del peciolo y que generalmente son en número de tres, existen genotipos que tienen abundante cantidad de hojas y otros con menor, generalmente las quinuas de valle tienen un follaje abundante.

2.4.5. Inflorescencia

La inflorescencia de la quinua es racimosa y por la disposición de las flores en el racimo se considera como una panoja. Puede ser laxa o compacta, dependiendo de la longitud de los ejes secundarios y de los pedicelos. Las panojas tienen los ejes secundarios y pedicelos cortos.

El eje principal de la inflorescencia, según Gandarillas (1979) es anguloso y las flores se agrupan a lo largo del eje principal o los ejes secundarios y dan lugar a las formas de inflorescencia amarantiforme y glomerulada respectivamente. La inflorescencia ancestral es la glomerulada, la misma que es dominante sobre la amarantiforme, siendo esta última por lo tanto un mutante. En la inflorescencia glomerulada se observa que del eje principal nacen los ejes secundarios y de estos los ejes glomerulados de 0.5 a 3 cm de longitud. El tipo de inflorescencia amarantiforme el eje glomerular nace directamente del eje principal. La longitud de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde

se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro, el número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120, el tamaño de glomérulos esféricos es muy variable, mientras que en las especies silvestres no pasan 5mm y las cultivadas varían entre 8 y 20mm, el número de semillas por panoja es 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 500 gramos de semilla por inflorescencia (Izquierda y Mujica, 1988).

2.4.6. Flores

Son pequeñas, incompletas, sésiles y carecen de pétalos, constituida por una corola formada por cinco piezas florales tepaloides y sepaloides. Las flores en el glomérulo pueden ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles , lo que indica que podría tener hábito autógamo como alógamo, faltando determinar con precisión el porcentaje de alogamia en algunos genotipos, en general se indica que tiene 10 % de polinización cruzada (Rea, 1969), sin embargo en algunas variedades alcanza hasta el 80 % como la variedad Kancolla.

Las flores presentan, por lo general un perigonio sepaloide, rodeado de cristales de oxalato de calcio generalmente cristalinas, con cinco sépalos, de color verde, un androceo con cinco estambres cortos, curvos de color amarillo y filamentos cortos y un gineceo con estigma central, plumoso y ramificado con dos a tres ramificaciones estigmáticas, ovario elipsoidal, súpero, unilocular, las flores hermafroditas , en el glomérulo, son apicales y sobresalen a las pistiladas, en los trabajos de cruzamiento se ha observado una gran cantidad de aberraciones florales en quinua, tales como protoandría, pues se observan estambres secos cuando las flores están completamente abiertas y protoginia, observando ramas estigmáticas extendidas sin apertura de las tecas de los estambres, flores ginomonoicos, encontrando solo ramas estigmáticas en las partes inferiores de las flores, aunque es común observar flores en distintas fases de desarrollo en el mismo glomérulo: en formación, en antésis, maduras y secas (Izquierda y Mujica, 1988).

2.4.7. Fruto

El fruto es un aquenio cubierto por el perigonio, del que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco (Gandarillas, 1979). El aquenio deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico-lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla (Izquierda y Mujica, 1988).

El color del fruto está asociado con el color del perigonio y de la planta, donde resulta que puede ser verde, púrpura o rojo. En estado maduro el perigonio tiene forma estrellada, por la quilla que presentan los cinco sépalos. La semilla está envuelta por el epispermo en forma de una membrana delgada. El embrión está formado por los cotiledones y la radícula, y constituye la mayor parte de la semilla que envuelve al perisperma como un anillo (Gandarillas, 1979).

2.4.8. Semilla

Constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presentando: pericarpio, en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos. Luego viene el epispermo o cubierta de la semilla, y las otras dos partes son el embrión y el perisperma (órgano de reserva) (Apaza et al., 2013).

2.5. ETAPAS FENOLOGICAS DE LA QUINUA

El cultivo de la quinua tiene un periodo vegetativo de 4 a 8 meses, dependiendo de las variedades y lugares de siembra. En la sierra andina la siembra varía de agosto a diciembre; en zonas de riego y valles interandinos, puede prolongarse hasta fines de diciembre, efectuándose la cosecha de marzo a mayo. En la costa se puede sembrar durante todo el año, siendo aceptables la siembra de invierno.

Según Mujica *et al.*, (1989), la quinua pasa por 13 fases fenológicas importantes, las cuales son:

Emergencia:

La plántula emerge del suelo y extiende las dos hojas cotiledones, esto ocurre de los 7 a 10 días de la siembra, esta fase es susceptible al daño de aves debido a la carnosidad de sus hojas.

Hojas cotiledóneas:

Cuando los cotiledones emergidos se separan y muestran las dos hojas cotiledóneas extendidas de forma lanceolada angosta, pudiendo observarse en el curso las plántulas en forma de hilera nítida., en muchos casos se puede distinguir la coloración que tendrá la futura planta sobre todo las pigmentadas de color rojo o púrpura.

Dos hojas verdaderas:

En esta fase aparecen dos hojas verdaderas extendidas con forma romboidal y se encuentra en botón el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra y las raíces crecen rápidamente. En esta etapa puede ocurrir el ataque de gusanos cortadores de plantas tiernas.

Cuatro hojas verdaderas: Se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledóneas de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice e inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía. Los insectos masticadores pueden dañar las hojas tiernas.

Seis hojas verdaderas:

Se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledones se tornan de color amarillento; ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando se presentan bajas temperaturas, stress por déficit hídrico o salino al anochecer.

Ramificación:

Aproximadamente a los 45 - 50 días desde la siembra se pueden observar ocho hojas verdaderas extendidas y una extensión de las hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledóneas se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de la

inflorescencia protegida por hojas sin dejar al descubierto la panoja. En esta etapa se efectúa el aporque para las quinas de valle.

Inicio del panojamiento:

Ocurre aproximadamente de los 55 a 60 días después de la siembra. Se puede ver el amarillamiento del primer par de hojas verdaderas, se produce una fuerte elongación y engrosamiento del tallo. En esta fase se nota la emergencia de la inflorescencia desde el ápice de la planta, observándose alrededor de ella una aglomeración de hojas pequeñas con bastantes cristales de oxalato de calcio, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes. En esta fase la parte por debajo del ápice de la planta es más sensible a las heladas y solo en el caso de severas bajas temperaturas se produce el colgado del ápice. Esto ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra.

Panojamiento:

La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos que la conforman; asimismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados. Esto ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra.

Inicio de floración:

La flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres; ocurre a los 75-80 días de la siembra. En esta fase la planta es sensible a las sequías y heladas.

Floración o antesis:

El 50% de las flores de la panoja se encuentran abiertas, esto ocurre de los 90 a los 100 días después de la siembra. Esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C ; cuando se presentan altas temperaturas que superan los 38°C se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas. La planta elimina las hojas inferiores por tener menor actividad fotosintética.

Grano lechoso:

En esta fase los frutos al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de 100 a 130 días después de la siembra. El déficit hídrico es perjudicial para el rendimiento.

Grano pastoso:

En esta fase los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de 130 a 160 días de la siembra.

Madurez fisiológica:

En esta fase el grano maduro al presionarlo por las uñas presenta resistencia a la penetración y ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra. El contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 %. El tiempo comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el período de llenado del grano. En esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación.

De acuerdo a Gómez, citados por Ríos *et al.*, (2010), el ciclo vegetativo de la quinua es de 5 a 8 meses, y su ciclo de vida se alarga con la altitud del piso ecológico y con la disminución de la temperatura. Se ha determinado las siguientes 12 fases fenológicas para las condiciones y variedades de Puno (Canahua, citado por Ríos *et al.*, (2010).

1. Emergencia	7 a 10 días después de la siembra (dds)
2. Estado de 2 hojas verdaderas	15 a 20 dds
3. Estado de 4 hojas verdaderas	25 a 30 dds
4. Estado de 6 hojas verdaderas	35 a 45 dds
5. Ramificación	45 a 50 dds
6. Inicio de panojamiento	55 a 60 dds
7. Panojamiento	65 a 70 dds
8. Inicio de floración	75 a 80 dds
9. Floración o antesis	90 a 100 dds
10. Grano lechoso	100 a 130 dds
11. Grano pastoso	130 a 160 dds
12. Madurez fisiológica	160 a 180 dds

2.6 . CLASIFICACION AGROECOLOGICA DE LA QUINUA SEGÚN SU LOCALIZACION.

Según Tapia (1980) las quinuas se clasifican en:

2.6.1. Quinua del valle

Crecen en los valles andino entre los 2000 y 3000 m.s.n.m. Propias de los valles andinos. Se cultivan mayormente en la parte central y norte del Perú. Son plantas de 2 a 4 metros de altura, la mayoría ramificadas y con vegetación de 7 meses. Se encuentran fuentes de resistencia /tolerancia al mildiu (*Peronospora farinosa*). Generalmente se consideran como quinuas semidulces o de contenido

bajo de saponina. Variedades: Blanca de Junín, Rosada de Junín, Amarilla de Marangani, Dulce de Quitopampa y Dulce de Lazo.

2.6.2 Quinoa del altiplano

Del área circundante al Lago Titicaca. Se cultivan alrededor de los 4000 m.s.n.m. Las plantas son de 1 a 1.80 m de altura, no ramificadas mayormente con panoja terminal y con ciclo vegetativo de 4 a 7 meses. Adaptación a altitudes sobre los 3800m. Su tolerancia/resistencia al mildiu es variable. Generalmente son quinuas amargas o de alto contenido de saponina. Variedades: “Chewecca”, “Kancolla” y “Blanca de Juli”.

2.6.3 Quinuas del nivel del mar

Del sur de Chile, crecen a 400 L.S., de 2 m de altura, no ramificadas mayormente y florecen en días largos. Su semilla es pequeña, amarilla, transparente y con alto contenido de saponina. Variedades: Quechuco de Cautin y Picharan de Maule.

2.6.4 Quinuas de los salares

Proceden de la zona de los salares bolivianos, a una altitud de 4000m.s.n.m. Las plantas crecen en un pH cercano a 8 y clima muy seco (300mn de precipitación), la mayoría tienen granos grandes con alto contenido de saponina y bordes filosos. En variedades: “Real y un progenitor de “Sajama”

2.6.5 Quinuas subtropicales o de las yungas

Crece a alturas de 1500 a 2000 m.s.n.m, presentan un periodo vegetativo de más de 200 días, se caracteriza por tener el tallo maduro y el perigonio de color naranja, además tienen pequeñas semillas blancas o amarillas. Existe un tipo subtropical en las Yungas, de color verde intenso que se torna naranja en la madurez y produce semillas muy pequeñas de color naranja

2.7 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

2.7.1 Requerimientos edáficos

a) Suelo

En lo referente al suelo, Mujica (1997) describe que la quinua prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio. También puede adaptarse a suelos franco arenosos, arenosos o franco arcilloso, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estados.

La quinua se siembra con frecuencia en terrenos aluviales de drenaje pobre, en los que las heladas son más frecuentes, o en pendientes de terreno más seco. En los valles y quebradas se cultiva a veces hasta los 2000m (Rea, Tapia y Mujica, 1979).

b) pH y Conductividad Eléctrica (CE)

La quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo, se ha observado que da producciones buenas en suelos alcalinos de hasta 9 de pH, en los salares de Bolivia y altiplano peruano boliviano, como también en condiciones de suelos ácidos encontrando el extremo de acidez donde prospera la quinua, equivalente a 4.5 de pH, en la zona de Michiquillay en Cajamarca, valles interandinos del Norte del Perú. Estudios efectuados al respecto indican que pH de suelo alrededor de la neutralidad son ideales para la quinua; sin embargo, es conveniente recalcar que existen genotipos adecuados para cada una de las condiciones extremas de salinidad o alcalinidad, por ello se recomienda utilizar el genotipo más adecuado para cada condición de pH, y esto se debe también a la amplia variabilidad genética de esta planta.

Últimas investigaciones han demostrado que la quinua puede germinar en concentraciones salinas extremas de hasta 52 mS/cm, y que cuando se encuentra en estas condiciones extremas de concentración salina el periodo de

germinación se puede retrasar hasta en 25 días (Quispe & Jacobsen, 1999 citado por Mujica, Canahua y Saravia).

2.7.2 Requerimientos edáficos

Mujica *et al.*, (2001) señala que la quinua es un cultivo eficiente en el uso de agua y que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar al déficit de humedad, sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo.

En general, la quinua prospera con promedios de precipitación desde 250 a 500 mm anuales. En caso de utilizar sistemas de riego, éstos deben ser suministrados en forma periódica y ser ligeros, los mismos pueden ser tanto por inundación, aspersión y goteo, utilizando poco volumen de agua y con una frecuencia de cada 10 días, considerando el riego como suplementario a la precipitación (Chuchon, 2015). León (2014) menciona que el criterio principal para satisfacer los requerimientos hídricos sería el poder reponer la evapotranspiración del cultivo (ETc). Chuchon (2015) afirma que el consumo de agua de cultivo de quinua (ETc), llamado también uso consuntivo o demanda de agua, para el periodo de producción considerando para la época de estiaje (como cultivo de rotación) de junio a noviembre, alcanza valores del orden de 1.59 a 4.86 mm /día, acumulando un total de 576.8 mm por todo el periodo vegetativo, es decir un consumo de agua de 5,768 m³ / ha para las condiciones de Ayacucho. En experimentos realizados en condiciones de costa central Barnett (2005) empleó 5321 m³ /ha, Mercedes (2005) utilizó 2924 m³ / ha y León (2014) registró volúmenes totales de agua como: 3235, 2470 y 1623 m³/ ha para los tratamientos con el 100 %, 75 % y 50 % de la lámina de riego, respectivamente en condiciones de riego por goteo y bajo la necesidad de evaluar la tolerancia a sequía

2.7.3 Requerimientos climáticos

Existen ecotipos de quinua adaptados a condiciones diversas, algunos se cultivan en regiones de precipitación escasa, como el altiplano sur de Bolivia, sugiriendo resistencia a sequía (Tapia, 1997). Por otro lado, se observan cultivos en áreas donde los niveles de precipitación son mayores, por ejemplo, en Cochabamba, donde la precipitación pasa los 800 mm al año. Sin embargo, poco se conoce acerca de la base fisiológica de los mecanismos y los niveles de estrés conferidos por el ambiente. La quinua, que estuvo confinada hace poco a los países andinos, ha sido llevada fuera de sus áreas de producción. Su adaptación a zonas de cultivo en áreas templadas ha sido estudiada en Norteamérica y Europa (Jacobsen y Juan Risi, 1997).

a) Temperatura

La planta de quinua puede sobrevivir heladas hasta -5 °C excepto durante la etapa de floración, las flores si son sensibles al frío y el polen se esteriliza. La temperatura media adecuada para la quinua está alrededor de $15-20$ °C, sin embargo se ha observado que con temperaturas medias de 10 °C se desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25 °C, prosperando adecuadamente, al respecto se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta menos 8 °C, en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano. La temperatura mínima del suelo para la germinación es 18 °C. Respecto a las temperaturas extremas altas, se ha observado que temperaturas por encima de los 38 °C produce aborto de flores y muerte de estimas y estambres, imposibilitando la formación de polen y por lo tanto impidiendo la formación de grano (Mujica, Canahua y Saravia cita a Junta del Acuerdo de Cartagena, 1990).

Schwarzbach *et al.*, (2006) citado por De La Torre *et al.*, (2015) reportó que las temperaturas extremas bajas o altas afectan la síntesis acumulación de saponinas en plantas. Por lo tanto, la combinación entre la sensibilidad al fotoperiodo y el factor temperatura variará de acuerdo al lugar de origen.

Los cultivares del altiplano de Perú y Bolivia, y especialmente los del nivel del mar en el sur de Chile, son menos sensibles al fotoperiodo, y tienen una fase vegetativa más corta y mayor contenido de saponina (Ruiz y Bertero, 2008 citado por De La Torre, 2015).

b) Precipitación

La precipitación en las áreas de cultivo varía mucho, de 600 a 800 en los Andes ecuatorianos, 400 a 500 mm en el valle del Mantaro, 500 a 800 en la región del lago Titicaca, hasta 200 a 400 mm en regiones de producción al sur de Bolivia (Rea, Tapia y Mujica, 1979).

Mujica et al., 1998 citado por Mendoza (2013) menciona que las fases fenológicas en las cuales la precipitación es más importante son la germinación, la formación del botón floral, la floración y el llenado inicial del grano. Tapia *et al.*, 2000 menciona que, aunque muestra alta resistencia a periodos de sequía, requiere suficiente humedad en la fase inicial del cultivo.

c) Fotoperiodo

Es el periodo de iluminación solar comprendida desde la salida hasta la puesta del sol (SENAMHI, 2003). La respuesta de la quinua a la longitud del día ha sido descrita por diversos autores. Así, Jacobsen cita a Sívori, (1947) y Füller (1949) que describen que la floración de la quinua era más rápida en días más cortos. Sin embargo, Jacobsen cita a Simmonds (1965) quien argumentó que la floración de la quinua está influida por una interacción genotipo - nutricional y no por la duración del día, sugiriendo que el espacio más restringido de enraizamiento propicia más rápidamente la floración de las plantas. Sin embargo, la quinua parece ser una especie cuantitativa de día corto, donde la duración del período vegetativo depende no sólo de la duración del día y la latitud de origen, sino también de la altitud de origen (Risi y Galwey, 1984). La quinua por su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos de días cortos, de días largos e incluso indiferentes al fotoperiodo, adaptándose fácilmente a estas condiciones de luminosidad, este cultivo prospera adecuadamente con tan

solo 12 horas diarias en el hemisferio sur sobre todo en los Andes de Sud América, mientras que en el hemisferio norte y zonas australes con días de hasta 14 horas de luz prospera en forma adecuada, como lo que ocurre en las áreas nórdicas de Europa (Frere *et al.*, 1975).

Según Mujica y Rea (1979) la quinua es una planta de día corto. En diversos ensayos se encontró que era necesario un periodo de 15 días cortos para inducir la antesis. También se determinó que la quinua requiere dos periodos de días cortos, uno para la formación de las flores y otro para la maduración de los frutos. Existe una variación marcada entre fotoperiodo y temperatura si se aumenta el número de días cortos y se eleva la temperatura, se acorta el periodo entre germinación y antesis. La planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano (Mujica, 2001).

Bertero *et al.*, (1999) citado por Quillatupa (2009) menciona que la respuesta al fotoperiodo es fuertemente afectada por la temperatura. Se observó que la mayor inhibición del crecimiento de semillas y rendimiento ocurrió por una combinación de temperaturas altas con días largos, todas las etapas de crecimiento fueron sensibles al fotoperiodo. En tales condiciones climáticas, en plena floración se emiten brotes desde la panoja, algunas de estas forman flores y hasta logran llenar grano retrasadamente en relación a los que se formaron primero, como consecuencia dentro de una misma panoja se observan granos maduros, granos en pleno llenado y sectores en floración al mismo tiempo.

En un estudio realizado con los cultivares Kanccolla y Blanca de Junín, se observó que la mayor inhibición del llenado de granos y la mayor reducción en el rendimiento, ocurren cuando existen la combinación de temperaturas altas y días largos, y que todas las fases son sensibles al fotoperiodo según Bertero (2003) citado por Mendoza (2013).

d) Radiación solar

Tapia *et al.*, (2000) citado por Quispe (2015) menciona que la quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, que permiten compensar las horas de calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. Por su amplia variabilidad genética y gran plasticidad, presenta genotipos de días cortos, de días largos e incluso indiferentes al fotoperiodo; las quinuas del valle, del altiplano, salares y yungas se cultivan en zonas con días de 10 horas de luz y las quinuas del nivel del mar en condiciones de 14 horas de luz.

El altiplano peruano – boliviano presenta una radiación global (RG) alta y una radiación neta (RN) baja, esto hace que la zona sea propicia para la agricultura debido a que una RG elevada favorece una fotosíntesis intensa y una producción vegetal importante, y además una RN baja induce pocas necesidades en agua para los cultivos. Debido a su actividad fotosintética, el mismo autor clasifica a la quinua como una planta C3 (Frere *et al.*, 1975 citado por Quillatupa, 2009).

e) Humedad Relativa

En lo referente a la humedad relativa, la quinua crece sin mayores inconvenientes desde el 40% en el altiplano hasta el 100% de humedad relativa en la costa, esta alta humedad relativa se presenta en los meses de mayor desarrollo de la planta (enero y febrero), lo que facilita que prosperen con mayor rapidez las enfermedades fúngicas como es el caso del mildiu, por ello en zonas con alta humedad relativa se debe sembrar variedades resistentes al mildiu (Mujica, 2001).

Según Gómez y Aguilar (2016) los periodos críticos en los que la falta de humedad afecta la productividad son: germinación- emergencia, que determina el establecimiento del cultivo, y el estado de crecimiento y llenado del fruto que determina la productividad (Tabla 2).

Dependiendo del tipo de suelo y la humedad almacenada se considera adecuada una precipitación en el rango de 600 a 100 mm para un buen establecimiento del campo.

f) Viento

Los vientos también afectan la producción de quinua en los Andes sobre todo en las zonas áridas del altiplano y algunos valles interandinos, causando tumbado de las mismas y en algunos casos erosión eólica, desecación de plantas y del propio suelo, como lo que ocurre en los salares de Uyuni en Bolivia (Mujica, Izquierdo y Jacobsen cita a San Martín & Paz, 1988).

Tabla 2. Condiciones meteorológicas y edafológicas para el desarrollo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Will.)

Componente	Características del componente	Observaciones
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Buen drenaje • Textura franca-arenosa • p h neutro 	La quinua presenta susceptibilidad a la alta humedad sobre todo en los primeros estadios.
Clima	<ul style="list-style-type: none"> • Diversas zonas agroecológicas 	Genotipos adaptados a diferentes climas. Existen variedades de Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia, Argentina, México y Europa.
Riego	<ul style="list-style-type: none"> • $\frac{3}{4}$ de la capacidad de campo • 250- 500 mm de lluvia anual 	Se ha observado el mejor desarrollo a este nivel de humedad. Donde se cultiva en condiciones de secano (zona andina)
Humedad relativa	<ul style="list-style-type: none"> • 40 – 100 % 	Susceptibilidad a Mildiu en condiciones de alta H.R.
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • 15 – 20 °C 	-
Fotoperiodo	<ul style="list-style-type: none"> • Diversos regímenes de luz 	Genotipos adaptados a días cortos, largos e independientes al fotoperiodo.
Altura	<ul style="list-style-type: none"> • 0 – 4000 msnm 	Se ha observado el mayor potencial productivo a nivel del mar (6000 kg /ha)

Fuente: FAO (2011) citado por Gordon (2011).

g) Capacidad de adaptación

La región Andina y en particular el Altiplano que comparten Perú y Bolivia presentan una de las ecologías más difíciles para la agricultura moderna. Sin embargo, en ese medio ecológico de escasa interacción biótica sobrevive la quinua. Los límites altitudinales del Altiplano son de 3000 a 4000 metros sobre el nivel del mar, donde los suelos son frecuentemente aluviales y de escaso drenaje (Espíndola, 1986). Tomando en consideración las condiciones donde se desarrolla el cultivo y la amplia variabilidad y plasticidad genética que se dispone, la quinua tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos. Se adapta a diferentes climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, el cultivo puede crecer con humedades relativas desde 40 % hasta 88 % de humedad, y la temperatura adecuada para el cultivo es de 15 a 20 °C, pero puede soportar temperaturas desde - 4°C hasta 38 °C. Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, obteniéndose producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm. En cuanto a la tolerancia al frío se encontraron plantas de quinua que toleran hasta -5°C cuando se encuentran en la etapa de formación de grano (Espíndola, 1980). Según Rea (1979), citado por Espíndola y Gandarillas (1985) la tolerancia al frío depende de la etapa de desarrollo en que la helada ocurre y de la protección natural de las serranías. Existen reportes que indican que la quinua sobrevive a -7,8°C en etapas iniciales en condiciones de Montecillo, México, que se encuentra a 2245 metros sobre el nivel del mar; asimismo tolera suelos de diferente textura y pH, e incluso creciendo en suelos muy ácidos y fuertemente alcalinos (Mujica, 1988).

2.8. FACTORES BIÓTICOS LIMITANTES

Se considera que el rendimiento de la quinua se reduce en 34 % por la presencia de malezas, 19 % por plagas, 13 % por enfermedades causadas por hongos y 3 % a las causadas por virus (Zaragoza, 2012 citado por Hernández, 2015).

Mujica (1997) citado por Rosas (2015) menciona que la quinua sufre el ataque de una serie de insectos durante todo el ciclo vegetativo, desde que las plantas emergen hasta su madurez. Están muy relacionadas a la ocurrencia de sequías o veranillos que se presentan normalmente en las partes altas de los Andes durante la época de crecimiento de la planta (Tapia, 2000).

La mayor parte de las enfermedades que afectan al cultivo de la quinua están ocasionadas por hongos, en menor número por bacterias, nematodos y virus; siendo la más importante el mildiú originado por *Perenospora variabilis*. La incidencia y severidad varían en función a la variedad, estado fenológico y condiciones ambientales (Tapia *et al.*, 1979 citado por PROINPA, 2014).

2.9 QUINUAS DEL ALTIPLANO

Según Tapia (1997) la quinua del altiplano se cultiva bajo condiciones variables. En las zonas colindantes del lago Titicaca, en lagunas o quebradas cercanas a ríos el ambiente es favorable y de ahí son originarias las variedades Kcancolla, Blanca de Juli y Tahuaco. En las pampas altas la quinua se cultiva en climas con temperaturas más bajas y de ahí proceden las variedades Cheweca y Witulla, con panojas coloreadas.

En la tabla 3. se aprecia los rangos de precipitación y temperaturas en las cuales prosperan los grupos agroecológicos descritos:

Tabla 3. Grupo agroecológico de las quinuas y su adaptación a temperaturas mínimas

Grupo agroecológico	Precipitación	Temperatura mínima
Valle	700-1500 mm.	1 a 3 °C
Altiplano	400-800 mm.	-2 a 2 °C
Salares	250-400 mm.	-1 a 1 °C
Nivel del mar	800-1500 mm.	2 a 5 °C
Yungas	1000-2000mm.	10 a 12 °C

FUENTE: Tapia, 1997

Precipitación:

Precipitaciones mínimas de 200 mm – 250 mm anuales, óptimo 300 mm – 500 mm y máximo de 600 a 800 mm. Fases susceptibles al déficit hídrico son floración y llenado de grano. Durante el panojamiento el déficit hídrico beneficia el desarrollo del grano. El exceso de humedad originado por inundaciones genera pudrición de raíces; mientras que el exceso de humedad en la atmosfera en floración y madurez pastosa o fisiológica hacen al polen inviable y promueven la germinación en la panoja; respectivamente. Tolerancia a la falta de humedad.

Temperatura óptima:

Entre 8°C a 18°C, puede soportar hasta – 10°C, en determinadas etapas fenológicas, siendo más tolerante en la ramificación y las más susceptibles, floración y llenado de grano. Los efectos negativos de las bajas temperaturas son mayores cuando hay menor cantidad de humedad atmosférica; asimismo, cuando más intensa y duradera es la helada, mayor es la posibilidad de muerte del tejido celular.

Para una germinación aceptable la temperatura mínima es de 5 °C. Temperaturas mayores a 15 °C, causan pérdidas por respiración, traen el riesgo de ataques de insectos (si las condiciones son secas) u hongos (si las condiciones son húmedas). La presencia de veranillos prolongados, con altas temperaturas diurnas adelanta la formación de la panoja y su maduración, aborto de flores y pérdida de polen, lo que repercute en bajos rendimientos.

Vientos:

Originan tumbado de plantas y en algunos casos erosión eólica, desecación de plantas y del propio suelo.

Granizos:

Dañan el follaje, reduciendo la fotosíntesis y el rendimiento. Es especialmente desventajoso en el estado de madurez del grano, porque puede causar un desgrane completo. Las granizadas y nevadas que son esporádicas y muy localizadas, producen daños irreversibles en algunos casos sobre todo cuando ocurre en la maduración desprendiendo los granos de la panoja y en caso de nevada tumbando y humedeciendo la semilla, cuando la granizada ocurre en las fases fenológicas vegetativas el daño afecta el

área foliar y en casos extremos puede dañar el tallo (Jacobsen y Mujica, 2001 citados por Mendoza *et al.*, 2013).

2.9.1 Variedades de quina del altiplano

Salcedo INIA

Origen

La quinua Salcedo INIA se obtuvo por selección surco-panoja a partir de la introducción de material genético de la cruce de las variedades “Real Boliviana” x “Sajama” realizada en Patacamaya, Bolivia. Material genético introducido a través del Programa Nacional de cultivos Andinos en el año de 1989 (Tabla 4). Se adapta a condiciones del altiplano, valles interandinos y costa; entre 1284 a 3950 msnm. Se caracteriza por ser una variedad precoz, de 155 días de periodo vegetativo. Grano blanco, grande (2.0 mm diámetro), es tolerante a heladas (-2 °C) y tolerante a mildiú (*Peronospora farinosa*).

Tabla 4. Características morfológicas y agronómicas de la variedad Salcedo INIA.

Características morfológicas de Salcedo INIA	
Tipo de crecimiento	Herbáceo
Porte de la planta	Erecto
Altura de la planta	1.64m
Periodo vegetativo	150 días
Rendimiento comercial	2,5 t/ha
Presencia de estrías	Ausente
Color de tallo	Verde
Forma de la panoja	Glomerulada
Color del grano	Blanco
Tamaño de grano	Grande
Sabor de grano	Dulce

FUENTE: INIA y FAO, 2013

Pasankalla

Origen

Tiene origen en la accesión Pasankalla, colectada el año 1978 en la localidad Caritamaya (Acora, Puno). El proceso de selección de la variedad se inició el año 2000 hasta el 2005, en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa-Puno. Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, y temperatura de 4 °C a 15 °C. Tiene resistencia a Mildiu. Posee alto valor nutricional, excelente calidad de grano para la transformación agroindustrial y con rendimientos superiores a las tres toneladas por hectáreas (t/ha) en campo de agricultores, características requeridas para la exportación de esta especie. Es precoz pues su periodo vegetativo solo dura 140 días (Cuadro 6). Además, esta variedad tiene un grano dulce, de color rojo marrón y de dos milímetros de diámetro y contiene 17.4% de proteínas. Con otras variedades, los agricultores lograban un rendimiento medio de 900 kg/ha, mientras que con la quinua INIA 415 - Pasankalla obtienen 3,5 t/ha de rendimiento promedio (INIA, 2006).

Tabla 5. Características morfológicas y agronómicas de la variedad Pasankalla.

Características morfológicas de Pasankalla	
Días a emergencia	8
Días a la primera floración	70
Días a madurez fisiológica	144
Altura de planta a madurez (cm)	102.8
Color del tallo	Verde
Forma de panoja	Glomerulada
Rendimiento comercial (t/ha)	3,5
A bajas temperaturas	Ligera susceptibilidad
Contenido de saponina dulce)	0.044
Contenido de proteína en grano (%)	17.41
Tamaño del grano (mm)	2.0

FUENTE: INIA y FAO, 2013

En la tabla 5 se muestran las características morfológicas y fenotípicas de variedades del altiplano obtenidas mediante rigurosos trabajos de selección del material local.

Blanca de Juli

Lugar y año de liberación: Región Puno, 1974; método de mejoramiento: Selección masal, a partir de material genético colectado en 1969, alrededor del lago Titicaca, del distrito de Juli, Provincia de Chucuito, Región Puno. Seleccionada en Juli-Puno, de grano mediano con 1.4 a 1.8mm de diámetro de color blanco, semi dulce, periodo vegetativo de 160 a 170 días (semi tardía) rendimiento de 2500 kg/ha con tolerancia al mildiú, apta para la zona circunslacustre.

INIA 420 – Negra Collana

Lugar y año de liberación: Región Puno, 2008; método de mejoramiento: Compuesto de 13 accesiones, comúnmente conocidos como “Quytujiwras”, a partir de las accesiones que fueron recolectadas en 1978, de las localidades de Caritamaya, distrito de Ácora, provincia de Puno. Es un compuesto de 13 accesiones de 12 localidades, comúnmente conocidas como “Quytujiwras”. Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 msnm y temperatura de 4° a 15°C.

INIA 431 – Altiplano

Lugar y año de liberación: Región Puno, 2013; método de mejoramiento: cruce recíproca de la variedad Illpa INIA x Salcedo INIA. Es la primera variedad de quinua liberada en el Año Internacional de la Quinua, logrando un rendimiento comercial de 2.8 t/ha, superando en más de doscientos por ciento al promedio de producción obtenido en la región Puno (1.5 t/ha). Variedad precoz, resistente a sequía y tolerante al mildiú.

Illpa INIA:

La quinua Illpa INIA, se ha generado a partir de la cruce de las variedades “Sajama x Blanca de Juli”, realizada en los campos experimentales de Salcedo-Puno, en el año 1985, orientados a conseguir características de resistencia al ataque de mildiú, precocidad, alto rendimiento en grano grande, libre de saponinas y tolerancia a heladas. La tabla 6 muestra un resumen de las características agronómicas y fenotípicas de las variedades comerciales producidas en el Altiplano:

Tabla 6. Resumen de las características agronómicas y fenotípicas de las variedades comerciales producidas en el Altiplano.

Variedad	Rendimiento promedio de grano (t/ha)	Días hasta la floración (días)	Días hasta la madurez fisiológica (días)	Altura de planta (m)	Forma de la panoja	Peso de 1000 granos (g)	Tamaño de Grano	Color de la episperma	Contenido de saponina (%)	Daño por Mildiú	Adaptación temperatura (°C)
Pasankalla	3,54	116	144	1,40	Glomerulata	3,51 – 3,72	Mediano	Vino oscuro	0.00	tolerante	24 - 25
Salcedo INIA	3,00	95	150	1,48-1,70	Glomerulata	3,10-3,70	Grande	Blanco	0.02	tolerante	24 - 25
Blanca de Juli	1,50- 2,00	105	160	1,20	Glomerulata	2,22	Pequeño	Blanco	0,04	tolerante	4 - 15
Kanccolla	1,50- 2,00	116	170	1,01-1,60	Glomerulata	2,70	Mediano	Blanco	0,348	tolerante	4 -15
Negra Collana	-----	90	138	1,30	Glomerulata	2,03	Pequeño	Negro brillante	0,00	tolerante	4 - 15

FUENTE: Elaboración propia

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN

El estudio se realizó en el departamento Lima, en el distrito de La Molina que geográficamente pertenece al grupo ecológico desierto y a la zona agroecológica costa subtropical, se instaló en el campo experimental “Guayabo II” del Programa de Investigación de Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM). La ubicación geográfica es la siguiente:

Latitud: 12°4´52,2042” sur

Longitud: 76°57´6,4938” oeste

Altitud: 243,7 msnm.



Figura 4. Ubicación geográfica de la parcela en estudio - 2014

FUENTE: Google Earth. 2014

3.2 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

El análisis de caracterización del suelo se realizó en el laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes de la UNALM. Los resultados se presentan en la tabla 7, donde se describe que el suelo tiene una textura franco arenoso, un pH ligeramente alcalino, baja conductividad eléctrica clasificada como suelo muy ligeramente salino, bajo CIC y bajo contenido calcáreo total. El porcentaje de materia orgánica es 1.41 % lo cual indica que contiene una limitada cantidad de nitrógeno en el suelo, con respecto a la fertilidad contiene bajo de fósforo y alto de potasio disponible. Se observa que la capacidad de intercambio catiónico esta neutralizada por el calcio y el magnesio ya que presentan los mayores valores, por lo que se puede mencionar que está saturada de bases. Con respecto a la relación catiónicas de Ca/Mg se puede inferir que el suelo tiene deficiencia de Magnesio.

Tabla 7. Caracterización del suelo del Campo experimental Guayabo II de la Universidad Agraria La Molina.

Campaña Agrícola, agosto 2013 – enero 2014		
Componente	Unidad	Valor
pH (1 :1)	-	7,33
C.E. (1:1)	dS/m	0,76
CaCO₃	%	1,40
M.O.	%	1,41
P disponible	ppm	7,0
K disponible	ppm	239
Clase textural	-	Franco Arenoso
Arena	%	59
Limo	%	24
Arcilla	%	17
CIC	-	11.84

FUENTE: Laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes.

UNALM

3.3 EVALUACIÓN CLIMÁTICA

El experimento se realizó de agosto del 2013 a enero del 2014. Los datos climatológicos fueron proporcionados por la estación meteorológica “Alexander Von Humboldt” de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Las temperaturas reportadas durante el presente experimento fluctuaron en promedio entre 15.6 °C y 26.1 °C. Durante el desarrollo fenológico del cultivo la temperatura promedio fue 19.5 °C presentando una mínima de 12,9 °C en el mes de agosto 2013 y una máxima de 27.9 °C en el mes de enero 2014 el cual nos demuestra que el cultivo se desarrolló con una de diferencia 2.9 °C por encima de la temperatura máxima y 2.1 °C por debajo de la temperatura mínima (Figura 5). El periodo formación de grano, hasta la maduración tuvo un rango de temperatura máxima 25.7 °C y mínima de 17 °C.

A continuación, se muestra la fluctuación de las temperaturas promedio, máximas y mínimas a lo largo del ciclo del cultivo (campaña agosto 2013- enero 2014).

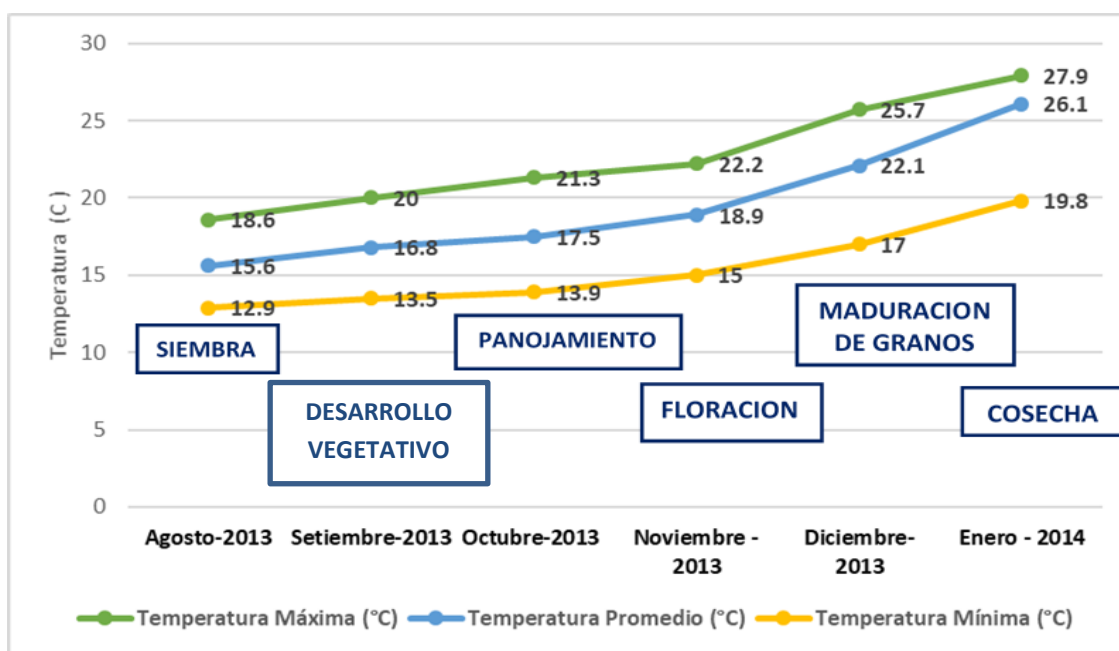


Figura 5. Variación de la temperatura promedio, máxima y mínima mensual durante la campaña agosto 2013 – enero 2014.

FUENTE: Elaboración propia

La producción de quinua se desarrolló en un clima con altos niveles de nubosidad y humedad. Los meses de agosto a diciembre se caracterizaron por amaneceres con nubes y nieblas, que eventualmente produjeron una débil garúa. El experimento se desarrolló

con una humedad relativa máxima mensual de 97 % en agosto del 2013 y mínima de 59% en enero del 2014. Se consideró importante por su influencia en el desarrollo de enfermedades (Figura 6)

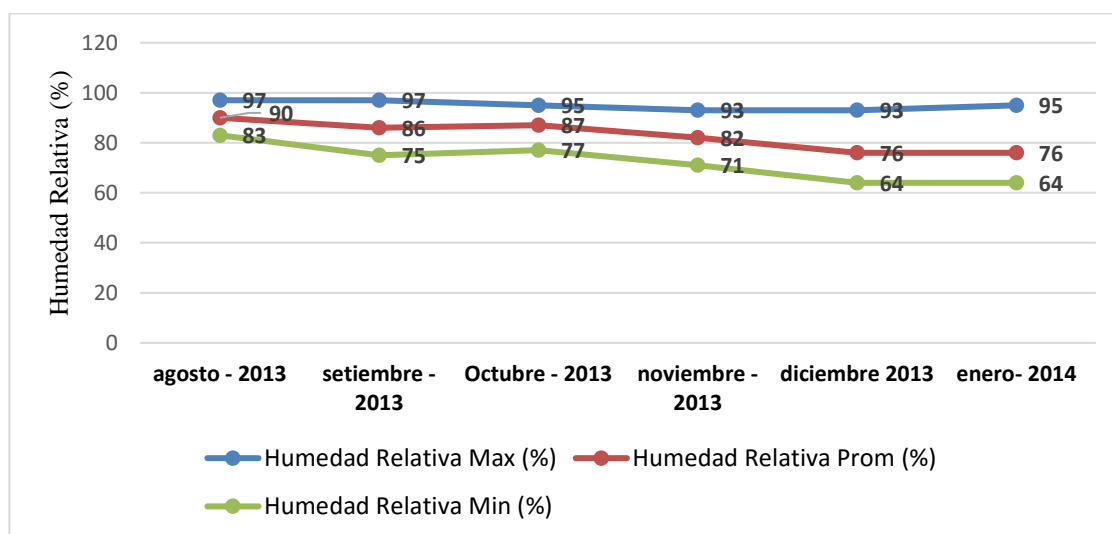


Figura 6. Fluctuación de la humedad relativa promedio, máxima y mínima mensual durante la campaña agosto 2013 – enero 2014.

FUENTE: Elaboración propia

Según el registro de la estación meteorológica se presenta los valores promedios mensuales de las horas de sol, el mes de diciembre destaca el mayor valor con 6 horas 22 min y el mes de agosto presenta el menor valor con 2 horas 41 minutos (Tabla 8).

Tabla 8. Datos climatológicos mensuales de horas de sol, Precipitación y Evapotranspiración de la campaña agosto 2013- enero 2014.

Meses	Horas de Sol	Precipitación total (mm)	Evap. Tanque (mm/día)
Agosto-2013	2h 41 min	0,039	2,44
Setiembre-2013	4h 18 min	0,043	2,93
Octubre-2013	4h 59 min	0,019	2,97
Noviembre - 2013	5h 13 min	0,052	3,04
Diciembre- 2013	6h 22 min	0,000	4,37
Enero - 2014	4h 10 min	0,000	4,30

FUENTE: Elaboración propia

Los promedios mensuales de horas de sol fueron 4 h 47 min. Durante la conducción experimental se obtuvo un promedio mensual de 0,030 mm de precipitación, característico de la costa, en los meses de diciembre y enero no se presentaron precipitaciones.

3.4 MATERIAL VEGETAL

Se estudiaron 14 accesiones colectadas en el Altiplano de Puno conservada en el banco de germoplasma del Programa de Investigación y Proyección Social en Cereales y Granos Nativos de la UNALM y tres testigos comerciales, la variedad de valle Amarilla de Maranganí, las variedades del altiplano, Salcedo INIA y Pasankalla. Se listan a continuación en la tabla 9.

Tabla 9. Material vegetal: Ecotipos del altiplano.

Nº	MATERIAL GENETICO	Origen
1	PEQPC-S/N C	Ecotipo altiplano
2	PEQPC-2283 Blanca de Juli	Ecotipo altiplano
3	PEQPC- 2284 Kankolla	Ecotipo altiplano
4	PEQPC- 2285 Kamere	Ecotipo altiplano
5	PEQPC-2286 Ecotipo Bebe	Ecotipo altiplano
6	Salcedo INIA	Ecotipo altiplano
7	PEQPC- 2288 Choclito Bolivariano	Ecotipo altiplano
8	PEQPC- 2289 Marangani	Ecotipo del Valle
9	PEQPC- 2276 Toledo Blanca	Ecotipo altiplano
10	PEQPC- 2274 Negra Collana	Ecotipo altiplano
11	PEQPC - 2275 Rosada Taraco	Ecotipo altiplano
12	PEQPC-2278 S/N A	Ecotipo altiplano
13	PEQPC-2279 S/N B	Ecotipo altiplano
14	PEQPC-2273 S/N E	Ecotipo altiplano
15	PEQPC-2273 S/N F	Ecotipo altiplano
16	PEQPC- 2287 S/N SI	Ecotipo altiplano
17	Pasankalla	Ecotipo altiplano

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un diseño de Bloques completos al azar, con 3 repeticiones y cada repetición con 17 tratamientos. Para la comparación de medias en los tratamientos, se empleó la prueba de Tukey a un nivel de significación del 5%. Todos los datos fueron evaluados

en los dos surcos centrales de cada parcela. En la figura 7 se aprecia la randomización y ubicación de los tratamientos

El Modelo aditivo lineal para el análisis individual es el siguiente:

Modelo Aditivo Lineal

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde μ es la media general, T_i es el efecto del genotipo de la i -ésima accesión, B_j es el efecto de j -ésimo bloque, E_{ij} es el efecto aleatorio del error experimental asociado a Y_{ij} y por último Y_{ij} es la observación del i -ésimo tratamiento en el j -ésimo bloque.

3.5.1 Características del campo experimental

a. Características generales

Área total : 1683 m²

Área neta/parcela : 33 m²

Número de unidades experimentales (parcelas): 51

Repeticiones : 3

Tratamientos : 17

b. Características de la unidad experimental

Distanciamiento entre surcos: 0.75 m

Número de surcos/parcela : 4

Longitud de surco : 11 m

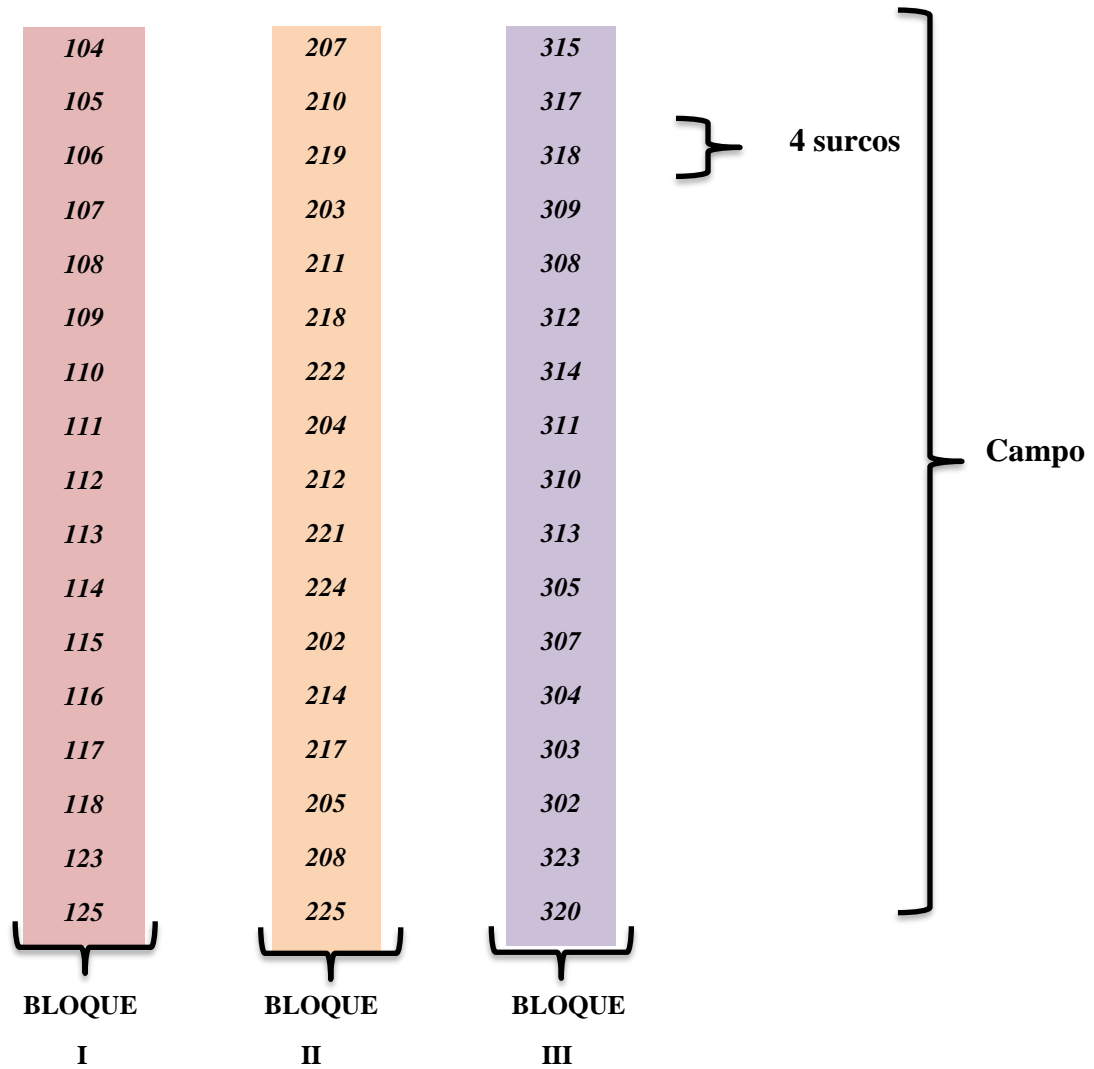


Figura 7. Esquema de la distribución de las 17 accesiones del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipos del altiplano en condiciones de costa central.

3.5.2. Variables evaluadas

3.5.2.1. Evaluaciones en campo

- i. **Altura de planta:** es la distancia comprendida desde la base de la planta hasta el ápice de la panoja. Se tomó las medidas de cinco plantas tomadas al azar en cada parcela y de estas se obtendrá un promedio.
- ii. **Días a la floración:** se realizó el conteo a partir del primer riego hasta que el 50 % de las plantas estén en plena floración.
- iii. **Días a la maduración:** se contó a partir del primer riego hasta que el 50% de las plantas estén con granos en estado pastoso final e inicio de dehiscencia.
- iv. **Rendimiento (kg/ha):** los datos del rendimiento se obtuvieron cosechando de cada parcela y pesando (surcos centrales) cada muestra (gramo/parcela), luego llevado a kilogramo por hectárea.
- v. **Índice de cosecha:** Este dato se obtuvo cosechando el área determinada, pesando la cantidad de grano cosecha y dividiendo este dato entre el peso total de la planta. Esta evaluación es un indicativo de la eficiencia de la planta para producir granos. Se determinó a través de la siguiente fórmula. El índice de cosecha de quinua en el campo se encuentra entre 0,3 y 0,5. El desarrollo del índice de cosecha toma poco tiempo para los cultivares precoces y desde 80 a 100 días para los tardíos (FAO *et al.*, 2012 citado por Mendoza, 2013).

$$IC = \frac{\text{Peso de grano/m}^2}{\text{Peso Total (follaje + grano)}}$$

3.5.2.2. Evaluaciones en laboratorio

- i. **Porcentaje de proteína del grano y humedad de grano:** Se determinó el porcentaje de proteína de muestras de cada parcela, utilizando el equipo llamado “INFRATECK 1255 Food & Feed Analyzer”. Esto consistió en cubrir unos espacios circulares del

equipo con granos de quinua hasta que no quedara ningún espacio entre ellas por donde pueda pasar la luz, luego se colocaron dentro de Infratek y se esperó un momento, el equipo automáticamente mostro datos de porcentaje de proteína. Esta evaluación se llevó a cabo en el Laboratorio de Calidad del Programa de Cereales.

- ii. **Granulometría:** Se pesó 100 gramos de cada muestra, de cada tratamiento para realizar la clasificación del grano, mediante una máquina clasificadora de grano con zarandas especiales donde se clasificaron los granos según diámetro de granos de 2 mm, 1,7 mm, 1,4mm y < 1,4 mm, respectivamente.
- iii. **Contenido de saponina:** Se determinó utilizando el Método Afrosimétrico Mecánico, propuesto por Koziol (1990). Es un método físico estandarizado, donde la muestra de quinua será sumergida en agua para ser agitada. Las saponinas forman una espuma estable, cuya altura esta correlacionada con el contenido de saponinas en los granos (FAO, 2000). Bálsamo (2002) añade a la metodología de Koziol la selección del tamaño de los granos de quinua y el uso de un agitador electromagnético, diseñado por él mismo, con el fin de asegurar la uniformidad de la velocidad y fuerza de la agitación. También fabricó un instrumento para facilitar la lectura de la espuma, que se denominó “afrosímetro”. Además, halló la relación lineal entre la altura de la espuma (y) y el contenido de saponinas en la quinua expresado como porcentaje en base seca (x), de la siguiente forma:

$$Saponinas (\%) = \frac{\text{altura espuma (cm)} - 0.29}{3.74}$$

Para la clasificación según el porcentaje - de saponina se consideró los siguientes rangos:

a) Quinoa dulce: < 0.11 %

b) Quinoa semi dulce: 0.12%-0.5%

e) Quinoa amarga: > 0.6%

- iv. **Peso de mil granos:** se obtuvo los datos obtenidos del peso de granos por panoja y el número de granos por panoja. Para ello se usó un contómetro, con una velocidad de 40 y sensibilidad 10. El peso se obtuvo de la balanza analítica y se expresó en gramos.

4.5.2.3. EVALUACIONES DE LA FENOLOGIA SEGÚN EL CODIGO DECIMAL

Código decimal desarrollado por Limburg y Mastebroek (1996) *

Cód.	Estado	Cód.	Estado
0	Germinación	5	Marchitez de flores
00	Semilla seca	50	(Marchitez de anteras)
01	Inicio de germinación	51	Anteras de 1° glomérulo marchitas
-		53	25% glomérulos-anteras marchitas
		55	50% glomérulos-anteras marchitas
09	Fin de germinación	57	75% glomérulos-anteras marchitas
		59	Casi todas las anteras marchitas
1	Emergencia	6	Llenado semilla/ Coloración de panoja
10		60	Estado acuoso/ panoja verde
11	Inicio de emergencia	61	Estado lechoso/ Inicio coloración panoja
13	25% de plantas observables	63	25% de coloración de panojas
17	75% de plantas observables	65	Estado pastoso/ 50% de coloración
19	Emergencia completa	67	75% de coloración de panojas
		69	Mad. Fisiológica/ 100% de coloración
2	Desarrollo vegetativo	7	Maduración de semillas en panoja
20	Primeras hojas verdaderas visibles	71	Inicio de decoloración de panojas
21	1° par de hojas desplegadas	73	25% de panojas decoloradas
22	3° par de hojas desplegadas	75	50% de panojas decoloradas
-		77	75% de panojas decoloradas
29	9° par de hojas desplegadas	79	Panojas casi marchitas
3	Desarrollo generativo	8	Senescencia de hojas
30	Botón floral detectable	81	Inicio de marchitez de hojas
31	Botón floral visible	-	
33	Botón floral de 0.5 cm	83	25% de hojas marchitas
35	Botón floral de 1.0 cm	85	50% de hojas marchitas
37	Inicio de piramidación de flores	87	75% de hojas marchitas
-		89	Hojas casi marchitas
39	Pirámide de flores distinguibles	9	Maduración del tallo
4	Inicio de floración	91	Amarillamiento inicial del tallo
41	1° glomérulo con anteras	93	25% de tallos amarillos
-		95	50% de tallos amarillos
43	25% de glomérulos con anteras	97	75% de tallos amarillos
45	50% de glomérulos con anteras	-	
47	75% de glomérulos con anteras	99	Tallos decolorados
49	Plena floración		

FUENTE: Guía de Prácticas del Curso de Cereales y Granos Nativos de la UNALM, 2000.

3.5.2.4 Evaluaciones fitosanitarias

Porcentaje de área foliar afectada (Mildiu)

Se realizará la evaluación de mildiú, siguiendo el procedimiento descrito como Protocolo 10 en Danielsen y Ames (2000):

- 1) De cada parcela se escoge al azar el número de plantas que se considera necesario para obtener un valor representativo. Generalmente entre 6 a 10 plantas por parcela
- 2) De cada planta se escoge 3 hojas al azar, una de cada tercio

Se evalúa el porcentaje de área afectada de cada hoja usando la figura 8 adjunto. El promedio de las tres lecturas equivale al valor de la severidad de cada planta

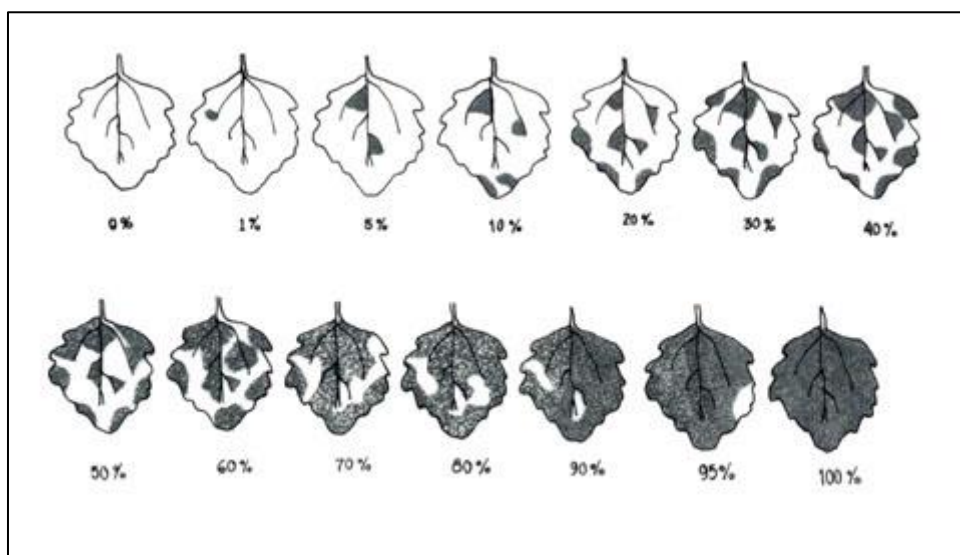


Figura 8. Índice de esporulación para determinar susceptibilidad o resistencia al mildiú.

FUENTE: Danielsen y Ames, (2000)

Incidencia de plagas:

Se realizó la evaluación de plagas a lo largo del desarrollo del cultivo se presentó ataques iniciales de gusanos cortadores (Lepidópteros) y marchitez a la emergencia las cuales causaron daño entre los primeros 30 días de periodo fenológico, también se presentaron otros insectos como áfidos (pulgones) y del orden Hemíptero que atacaron el follaje entre los 60 y 90 días. Por último, en la fase de grano lechoso se presentó el ataque de aves plaga que se alimentaban de los granos de la misma panoja. Para la evaluación se utilizó

la escala de nivel de plagas según Ponce y Badillo (2006) citado Mullo (2011) y se evaluaron 10 plantas de las cuales se contabilizó el número de plantas dañadas (Tabla 10) y categorizó según se presenta la siguiente escala:

Tabla 10. Escala de evaluación de plagas.

Grado	Denominación	Números de plantas dañadas
1	Sin daño	0
2	Daño leve	1 – 3
3	Daño moderado	4 -6
4	Daño fuerte	7 -8
5	Daño muy fuerte	9 - 10

FUENTE: Ponce y Badillo (2006)

Evaluación de daño de aves

Se realizó la evaluación de daño de aves en las panojas utilizando la siguiente escala:

Tabla 11. Escala de evaluación por daño de aves.

Grado	Observación	Denominación
0	Sin danos visibles en panoja	Ninguno
1	De 0 a 10 % de panoja dañada	Muy leve
2	Hasta 20 % de panoja dañada	Leve
3	Hasta 30 % de panoja dañada	Muy Moderado
4	Hasta 40 % de panoja dañada	Moderado
5	Hasta 50 % de panoja dañada	Medio
6	Hasta 60 % de panoja dañada	Ligeramente fuerte
7	Hasta 70 % de panoja dañada	Moderadamente fuerte
8	Hasta 80 % de panoja dañada	Fuerte
9	Hasta 90 % de panoja dañada	Muy fuerte
10	Hasta 100 % de panoja dañada	Extremo

FUENTE: Delgado (2005) citado por Chanini (2010).

Identificación de la presencia de malezas:

Se realizó la identificación de las malezas en todas las etapas fenológicas del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha.

3.6 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN EL EXPERIMENTO

I. Los instrumentos y equipos utilizados en el campo:

- Tractor, mochila de aplicación y palas de preparación de terreno.
- Fertilizantes: Urea, fosfato diamónico.
- Wincha de 20 m.
- Balanza de campo.

II. Los equipos e instrumentos de laboratorio:

- Bolsas de papel kraff
- Bolsas de plástico
- Ligas
- Regla graduada
- Equipo “INFRA TEC 1255 Food & Feed Analyzer”
- Balanza analítica
- Rafia de colores
- Estereoscopio
- Cámara fotográfica
- Tubos de ensayo
- Zarandas
- Contómetro
- Afrosímetro
- Cronometro
- Infratek
- Agua destilada
- Datos meteorológicos

3.7 CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Se realizó la preparación convencional del terreno en las condiciones de costa el 11 de agosto del 2013 y se aplicó las labores establecidas para un campo comercial de quinua.

- a) **Siembra:** La fecha de siembra fue el 15 de agosto del 2013. Los 17 genotipos se sembraron de forma manual y chorro continuo sobre el lomo de surco. El distanciamiento entre surcos fue de 0.75 m y las semillas fueron colocadas con una densidad de 10 kg/ha para todas las accesiones y profundidad de 3 cm.
- b) **Fertilización**
Una vez analizada la disponibilidad de N-P-K en el suelo, dosis de fertilización fue uniforme para todas las accesiones 100-80-0 de NPK. El nitrógeno se aplicó mitad a la siembra y mitad al aporque. Se pesó la cantidad necesaria para cada surco, y se aplicó a chorro continuo al fondo del surco e inmediatamente se cubrió con una capa de tierra.
- c) **Deshije**
Se realizó a los 32 días después de la siembra con la finalidad de evitar competencia por los nutrientes, luz y espacio entre las plántulas de quinua. , lo ideal es tener de 10 a 15 plantas por metro lineal.
- d) **Control de malezas**
Se realizó de forma manual junto con el desahíje después del segundo riego entre los 40 y 50 después de la siembra y a lo largo del ciclo de vida.
- e) **Aporque**
Esta labor se realizó para dar una mayor fijación y soporte a las plantas en la etapa de botón floral. Se aplicó la segunda dosis de nitrógeno.
- f) **Riegos**
Se aplicó riego por gravedad para todos los tratamientos con un intervalo de 15 días con una duración de 4 horas y disponibilidad de agua. En algunos casos fue necesario aplicar riegos ligeros de 2 horas entre riegos en la época de llenado de grano la etapa más crítica de la quinua, aplicándose el último riego a los 100 días.

g) Control fitosanitario

No se realizaron aplicaciones para Mildiú (*Peronospora variabilis*) para poder evaluar la respuesta de las accesiones a esta enfermedad.

h) Cosecha

De acuerdo a la madurez fisiológica y el porcentaje de humedad de cada accesión se procedió a cosecharlas. Primero se segaron las plantas y se dejaron en el campo para que secan, posteriormente se realizó la trilla para separar el grano de la panoja. Por último, paso por una venteadora que ayudo a limpiar los granos de los restos florales.

3.8 ANÁLISIS DE LOS DATOS

3.8.1. Análisis estadístico

Se realizó el análisis de variancia (ANVA) para un diseño de bloques completos al azar (BDCA) con tres repeticiones por tratamiento con ayuda del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System Versión 9.2) del cual se obtuvieron los ANVA y Tukey para cumplir con el objetivo 1 y 2.

3.8.2 Distancia Euclidiana

La distancia euclidiana es una medida de distancia para el agrupamiento (Prieto, 2006 citado por Sánchez, 2015). Herrera *et al.*, (2000) menciona que uno de los conceptos más intuitivos de relación entre dos elementos es su distancia, que da una medida de su cercanía o alejamiento. De ahí que la distancia euclidiana sea, en esencia, una suma de las diferencias entre los valores de los atributos de cada entidad comparada, y no es más que una extensión simple en un espacio de varias dimensiones del conocido Teorema de Pitágoras (Pielou; citado por Herrera *et al.*, (2000).

Definida en su expresión más empleada por:

$$D_{jk} = \sum_{i=1}^n (X_{ij} - X_{jk})^2)^{1/2}$$

La distancia euclidiana se calculó utilizando la fórmula de Pitágoras, para puntos situados en un espacio p- dimensional llamado un espacio métrico o euclidiano y es presentada de manera general como:

Donde:

D_{jk}= Distancia Euclidiana entre los individuos “j” y “k”.

X_{ij}= Valor del i-ésima carácter en el individuo “j”.

X_{jk}= Valor del j-ésima carácter en el individuo “k”.

N = Número de caracteres.

Al utilizar la distancia como medida de proximidad, se debe recordar que las distancias más pequeñas indican similitud y las de mayor valor, menor similitud (Hair, citado por Sánchez *et al.*, 2015).

El cálculo de la distancia Euclidiana tuvo mayor enfoque en la selección simultanea sobre los diez caracteres evaluados, en el cual el rendimiento y la proteína tuvo dos veces la importancia de los otros caracteres. Este cálculo se realizó tomando los datos de cada accesión del cual se identificaron los valores mínimos y máximos de cada accesión. Luego estos valores fueron estandarizados usando la siguiente fórmula:

$$\text{Valor estandarizado} = \frac{v. \text{ obs} - v. \text{ min}}{v. \text{ max} - v. \text{ min}}$$

v. obs: valor observado en el experimento

v.max: valor máximo observado en el experimento

v.min: valor mínimo observado en el experimento

Los datos de cada carácter se estandarizaron para que variaran entre cero y uno, según Kantardzic (2003) citado por Gómez *et al.*, 2008. Luego se utilizó la fórmula de Pitágoras para calcular la distancia euclidiana de cada accesión considerando todos los caracteres agronómicos y de calidad. La siguiente es la fórmula de Pitágoras

$$DE = \sqrt{\left(\frac{\text{Rendimiento} - \text{criterio de experto}}{\text{del mejor rendimiento}} \right)^2 + \left(\frac{\text{Número de días a la floracion} - \text{criterio del experto}}{\text{para el mejor días a la floracion}} \right)^2 + \left(\frac{\text{Altura de planta} - \text{criterio de experto}}{\text{de la mejor altura}} \right)^2 + \dots}$$

Donde DE: Distancia euclidiana

Cabe señalar que en cada paréntesis se coloca los caracteres evaluados. En la ecuación el número de caracteres evaluados fueron diez, los puntos suspensivos en la fórmula indican que se calcularon más caracteres los cuales fueron evaluados según el criterio del experto. Finalmente, se realizó una selección de las accesiones más valiosas para el mejorador cumpliendo con los caracteres establecidos al criterio del experto (Tabla 22). Cabe resaltar que el criterio del experto que se usó en la investigación son los valores máximos de rendimiento que son deseables por el mejorador y los valores mínimos para las características como la altura, el número de días floración, el número de días a la madurez, daño por mildiu y proteína (Ver Anexo 3 y 4). Todos los datos fueron calculados en Microsoft Excel 2016.

=

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan considerando los objetivos planteados en la presente investigación.

OBJETIVO 1:

EVALUACIÓN LOS CARACTERES AGRONÓMICOS Y DE CALIDAD DE ACCESIONES DEL ECOTIPO ALTIPLANO.

La producción de quinua de los 17 genotipos durante la campaña, se desarrolló en un clima con altos niveles de nubosidad y humedad. La atmósfera de agosto a diciembre se caracterizó por un amanecer de nubes y nieblas, que eventualmente produjeron una débil garúa en la campaña agosto 2013- enero 2014.

4.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

La tabla 12 presentan las evaluaciones analizadas según el diseño estadístico y los resultados del ANVA de los caracteres agronómicos para rendimiento (kg/ha), altura de planta (cm), biomasa, índice de cosecha (kg/ha), número de días a la madurez. Para la fuente de variación tratamientos o genotipos se encontraron diferencias altamente significativas para rendimiento (kg/ha), altura de planta, biomasa (m), índice de cosecha (%), número de días al 50 % de floración y número de días a la madurez. El coeficiente de variación fue igual a 9.37 % para rendimiento, 2.8 % para altura de planta, 20.69 % para la biomasa, 15.88 % para el índice de cosecha, 2.83 % para número de días al 50 % de floración y 2,16 % para número de días a la madurez establecido en la primavera – verano (2013 - 2014).

4.1.1 Rendimiento

La prueba de Tukey, ($\alpha = 0.05$) confirma que existen diferencias altamente significativas entre los 17 tratamientos debido a la variabilidad genética del material del altiplano y su interacción con las condiciones medioambientales de la costa.

La accesión PEQPC - 2275 Rosada Taraco obtuvo el mayor rendimiento con 2851.56 kg/ha y la accesión PEQPC- 2287 S/N IS obtuvo el menor rendimiento con 346.15 kg/ha (Tabla 13). El promedio general para esta característica fue igual a 1944.9 kg/ha y 11 accesiones muestran un rendimiento superior a este valor, incluyendo al testigo referencial Salcedo INIA con 2132.81 kg/ha. Los rendimientos de las accesiones registradas variaron de 2851.6 a 346.2 kg/ha.

Pasankalla, uno de los testigos referenciales alcanzó 1807.3 kg/ha, un rendimiento mayor a cuatro de las accesiones del experimento y las 12 accesiones restantes del ecotipo altiplano presentaron valores superiores a Pasankalla. El testigo Salcedo INIA alcanzó 2132.8 kg/ha, un rendimiento diferente de las accesiones de mayor y menor valor, pero de igual valor a la accesión PEQPC- 2284 Kankolla, solamente 6 accesiones muestran un valor superior al testigo Salcedo INIA.

La fase de germinación y emergencia coincidió con una temperatura promedio de 15.6 °C, La fase de crecimiento vegetativo y formación de panoja ocurre en un periodo con un rango de temperaturas promedio de 16,8 °C y 17.5 °C. En la fase más importante del crecimiento y llenado de granos se reportaron temperaturas máximas entre 22.2 a 27.9 °C y mínimas de 15 a 19.8 °C (Gráfico 4).

Los rendimientos obtenidos en la presente investigación se encuentran dentro del rango señalado por varios autores para este tipo de material de origen altiplánico, además se ratifica que la temperatura tiene un efecto muy importante en el rendimiento (Anexo 2).

Investigaciones realizadas en la Molina - Costa Central por Apaza (1991), demuestra que la variedad La Molina 89 seleccionada de material colectado en el altiplano puneño, tuvo un rendimiento de 2741 kg/ha con temperaturas que fluctuaron entre 17.2 a 18.4 °C. Timaná (1997), reporta un rendimiento para la variedad La Molina 89 de 2890 kg/ha con temperaturas entre 17.5 a 23.1°C. Barnett (2005) señala un rendimiento de 6324.3 kg/ha para la variedad La Molina 89, sembrado en el mes de noviembre. Quillatupa (2009) indica que las quinuas del altiplano presentaron en las condiciones de la Molina, rendimientos de 3863.33 8 (accesión Puno1), 3418.33 (accesión Puno 3) y 2923.33 (accesión Puno 4) kg/ha en una siembra de octubre 2007 - abril 2008.

Por otro lado, Echegaray (2001) reporta en la campaña de febrero a junio, un rendimiento bajo de la variedad La Molina 89 con 1010.7 kg/ha con temperaturas que fluctuaron entre 15.6 a 24.4 °C, Tapia (2003) con la misma variedad obtuvo un rendimiento de 1524 Kg/ha, sembrado en verano. Asimismo, Mendoza (2013), también obtuvo rendimientos bajos de las 25 accesiones evaluadas de las cuales 3 accesiones son del altiplano puneño y solo una de las 3 formó grano con un rendimiento de 311.60 kg/ha en la campaña octubre- febrero, y se desarrolló entre las siguientes temperaturas 16.6 °C y 24.3 °C.

Con respecto a la variedad Pasankalla en costa central, Gordon (2011), menciona que obtuvo un rendimiento promedio de 3192.71 kg/ha bajo un sistema con insumos convencionales y en condiciones de verano. Risco (2014), reportó un rendimiento de 4059,70 kg/ha, sembrado en invierno (agosto) y cosechado en (octubre) con una temperatura media de 15,35 °C y una humedad relativa media de 89 %. Otros experimentos alcanzaron un rendimiento de 2227,52 kg/ha, sembrado en invierno (Julio) y cosechado en Verano (enero) con una temperatura máxima registrada de 22,55 °C (Quispe, 2015). Los rendimientos anteriores son superiores al valor obtenido en el presente experimento que fue 1807.29 kg/ha con temperaturas máximas que fluctuaron entre 18.6 y 27.9 °C.

INIA (2013), señala para la variedad Salcedo INIA un rendimiento comercial de 2500 kg/ha para la zona alto andina y entre 4000 a 6000 kg/ ha en costa y valles interandinos. En condiciones del altiplano puneño León (2006), reporta un rendimiento de 2282.9 kg/ha en la campaña agrícola 2002- 2003. En Trujillo, (Valencia 2015), la campaña de julio - diciembre donde las temperaturas máximas fluctuaron entre 20.4 a 21.9 °C obtuvieron un rendimiento de 3188.6 kg/ha. Otro reporte menciona que el rendimiento obtenido de Salcedo INIA es 2454.1 kg/ha para las condiciones de Tarma en los meses noviembre – julio a una temperatura máxima de 20.56 °C y mínima de 5.8 °C. De acuerdo a las referencias anteriores la variedad Salcedo INIA obtuvo un valor por debajo del rendimiento promedio en costa de 2132.81 kg/ha y su desarrollo fue entre los meses de agosto – enero, coincidiendo temperaturas altas de 22.2, 25.7 y 27.9 °C con las etapas más críticas como en el llenado de grano y maduración (grano pastoso), a diferencia de las temperaturas de los reportes anteriores.

Estos resultados muestran que los rendimientos se incrementan en las siembras de los meses de primavera (setiembre – octubre), con temperaturas que fluctúan entre los 15 a 17 °C y son muy superiores a los obtenidos en las siembras de verano o en aquellos periodos donde la floración y crecimiento del grano suceden con temperaturas altas. Mendoza (2013) reporta rendimientos entre 721.09 a 1445.31 con temperaturas máximas entre 25.7 y 27.9 °C en los meses de diciembre y enero. White (1985), señala que las bajas temperaturas retardan el crecimiento, mientras que las altas causan una aceleración y coinciden con Davis (1981), quien afirma que el medio ambiente afecta los caracteres cuantitativos mucho más que los cualitativos, de manera que los efectos del medio ambiente y de la interacción genotipo - medio ambiente reducen la eficiencia de un carácter como el rendimiento. Mendoza (2013), indica que el factor limitante para el rendimiento en costa son las altas temperaturas durante el periodo de floración a grano pastoso influenciando en bajos rendimientos.

En otras condiciones, IICA (2015) menciona que en el Altiplano peruano la actividad agrícola y la producción de quinua es estacional entre agosto y mayo, y está condicionada principalmente por los factores ambientales (presencia de precipitaciones y temperaturas favorables), las siembras se realizan bajo condiciones de secano como en toda la Sierra y evitando desarrollar el cultivo de quinua en los periodos de estiaje (junio a agosto) donde se registran bajas temperaturas.

4.1.2 Días a la floración

La tabla 12 muestra que la accesión PEQPC – 2273 S/N E fue la más tardía con 71 días y la accesión PEQPC – 2287 S/N IS la más precoz con 40 días, es decir existió una diferencia de 31 días entre el más tardío y la primera accesión en florecer. El promedio de días a la floración fue 49 días. Ocho accesiones presentan valores superiores al promedio, incluyendo a los dos testigos referenciales Salcedo INIA y Pasankalla con 52 y 50 días a la floración. El rango de los días a la floración de las accesiones registradas varió entre 40 a 71 días. En el mismo cuadro, la prueba de Tukey, ($\alpha = 0.05$) muestra que existen diferencias significativas entre los 15 accesiones y 2 testigos de referencia. Cuatro de las accesiones son estadísticamente similares. Salcedo INIA y Pasankalla presentaron menor

número de días a la floración que cuatro de las accesiones como PEQPC – 2289 Marangani, PEQPC – 2276 Toledo Blanca, PEQPC – 2279 S/N B y PEQPC – 2273 S/N E (Tabla 13).

Los resultados obtenidos del número de días a la floración en el presente experimento (rango 40 – 71 días), fueron similares a los reportados por Timaná (1992), para las líneas de la variedad La Molina 89 que reportó un rango de 49 a 51 días a la floración a una temperatura promedio de 17.5 a 23.1°C en los meses de octubre a febrero. Por otro lado, León (2015), reportó resultados obtenidos en un estudio bajo 4 regímenes de riego para la Línea Mutante 'La Molina 89-77' y reportó 48, 48, 48, y 47 días promedio a la floración en los meses de febrero a abril a temperaturas máximas de 29, 28.8 y 27.4 °C.

Bertero (2001) citado por Mendoza (2012) menciona al fotoperiodo como factor importante en el desarrollo de la quinua, en especial en la determinación de la iniciación floral y, por lo tanto, en la fecha de antesis. En la Molina-Costa Central se han realizado investigaciones (Ver Anexo 2) sobre la duración del ciclo fenológico en accesiones de quinua provenientes de diferentes zonas altitudinales. Quillatupa (2009), estudió 16 accesiones de las cuales las accesiones Puno 2, Puno 1 y Puno 4 tuvieron una duración de 56 y 61 días en plena floración bajo condiciones de temperaturas máximas de 17.78 a 22.55 °C en los meses de julio a enero. Mendoza (2013), estudió 25 accesiones de quinua obteniendo un rango de 57 a 74 días a la culminación de floración y determinó que la accesión PEQPC-498 PUNO fue la que menos días tardó con 57 días y se desarrolló en un rango de temperatura máxima de 25.6 - 28.5 °C para los meses de noviembre y diciembre en la que observó que las temperaturas altas y las horas de luz por día que fueron 5 horas y 39 minutos en la costa. Según Bertero (2001) citado por Mendoza (2012), la sensibilidad al fotoperiodo y a la temperatura varía en función al origen del cultivar (latitud): cultivares de origen más tropical, se caracterizan por una mayor sensibilidad al fotoperiodo y una mayor duración de la fase vegetativa. De acuerdo a Bertero y Hall (2001) citados por Mendoza (2012), los cultivares del Altiplano Peruano-boliviano y los cultivares del nivel del mar (Chile), poseen la menor sensibilidad al fotoperiodo y una fase vegetativa más corta.

En base a lo expuesto anteriormente podemos considerar que las altas temperaturas y las horas de luz que en promedio fueron 4 horas y 37 minutos redujeron el número de días a floración en la mayoría de las accesiones del altiplano para las condiciones de este experimento en costa central. Esto es corroborado por Mendoza (2013) y Quillatupa (2009). En Chile Mendoza (2012), afirma que el fotoperiodo de día corto reduce la duración de la fase vegetativa en todas las accesiones de quinua que evaluó, dado que induce tempranamente la emisión del primer botón floral visible y acelera la floración.

De los 17 genotipos evaluados, la accesión PEQPC- 2287 S/N IS fue la más precoz para estas condiciones y entre las accesiones PEQPC-2278 S/N A, PEQPC-2284 Kancolla, PEQPC- 2288 Choclito Bolivariano y PEQPC- 2285 Kamere no hubo diferencias estadísticas significativas, florecieron en 49 días, siendo consideradas también precoces para la floración.

Mujica (2001) afirma que la sensibilidad al fotoperiodo y temperatura varía de acuerdo al lugar de origen. Los cultivares originarios de valles andinos, donde el clima es más cálido, se caracterizan por una mayor sensibilidad al fotoperiodo y una fase vegetativa más larga. Los cultivares del altiplano de Perú y Bolivia, y especialmente los del nivel del mar en el sur de Chile, son menos sensibles al fotoperiodo, y tienen una fase vegetativa más corta. Por su parte Bertero (2001), citado por Mendoza (2012), menciona que la quinua se ha descrito como una planta de día corto, aunque por su adaptabilidad a diversos ambientes, la sensibilidad al fotoperiodo también presenta variaciones.

Con respecto a la variedad Salcedo INIA y Pasankalla obtuvieron menor número de días a la floración que lo reportado por Rosas (2015), quien realizó la evaluación de diez variedades bajo dos sistemas de cultivo en condiciones de Tarma en la cual obtuvieron para las variedades INIA Salcedo y Pasankalla, 84 y 75 días a la floración respectivamente con lo cual destaca la precocidad de las variedades del altiplano debido a la diferencia de altitud con respecto al lugar de origen que puede ser más de los 3800 m. de altitud del altiplano. Por otro lado, Valencia (2015), reportó que en la campaña julio- diciembre en un rango de temperatura de 20.4 a 21.9 °C, la variedad Salcedo INIA tuvo una duración de 104 días a la floración en condiciones de La Libertad.

4.1.3 Días a la maduración

La accesión PEQPC – 2273 S/N E presentó el ciclo de vida más largo con 132 días a la maduración y la accesión PEQPC – 2287 S/N IS el menor ciclo de vida, maduró a los 74 días (Tabla 12). Esta última accesión fue la primera en cosechar. El promedio general de ensayo para esta característica fue de 94 días y siete accesiones superan este valor, incluyendo al testigo referencial Salcedo INIA con 95 días. El rango de los días a la maduración de las accesiones registradas varió entre 74 a 132 días.

Asimismo en el cuadro en mención, la prueba de Tukey, ($\alpha = 0.05$) es importante resaltar que de las diecisiete accesiones, podemos identificar dos subgrupos conformado por tres accesiones cada uno, el primer subgrupo está conformado por PEQPC – 2284 Kankolla, PEQPC – 2286 ecotipo bebe y Salcedo INIA y el segundo subgrupo está conformado por PEQPC – 2274 negra collana, PEQPC – 2278 S/N A y Pansakalla, en ambos subgrupos no hay diferencias significativas entre la duración de días a la maduración (Tabla 13).

Nueve de las accesiones del altiplano presentaron valores similares (94 a 132 días), dentro de ellas las variedades Salcedo INIA y Pasankalla y ocho accesiones restantes fueron más precoces como la PEQPC – 2287 S/N IS con 74 días a la madurez. En el presente estudio se observó que las temperaturas altas al final de la campaña, en la etapa de llenado de grano, aceleraron y acortaron la fase de maduración de algunas accesiones en condiciones de costa central.

Resultados similares fueron hallados por diversos investigadores. Timaná (1987), con la variedad La Molina 89, que tiene origen en el altiplano, señala un periodo igual a 123 días en la campaña octubre- febrero con temperaturas 17.5 a 23. 1°C. Mendoza (2013) reportó un periodo de madurez de 127 a 133 días, y una de las accesiones PEQPC – 821/PUNO con 102 días promedio. Quillatupa (2009) con 16 accesiones estudiadas, señala que las que tuvieron origen en Puno fueron las más precoces con 98 y 105 días a la madurez en un rango de temperatura de 25 a 30 °C en la campaña octubre- mayo 2007 -2008. En otros estudios realizados, Quispe (2015), reportó la duración promedio de días a la madurez de Pasankalla igual a 99 días en la campaña de julio a enero con temperaturas máximas de

20.64 a 27.6 °C a lo largo del periodo fenológico. Asimismo, Sánchez (2015), en un estudio con líneas mutantes de la variedad la Molina 89 encontró que las líneas más precoces alcanzaron madurez fisiológica entre los 96 y 97 días promedio y más tardío a los 127.9 días. Por otro lado, Apaza *et al.*, (2015) reporta la madurez de la Variedad Pasankalla en 144 días y para la variedad Salcedo INIA a los 150 días. MINAGRI (2013), destacó que el periodo vegetativo de la quinua cultivada en la Costa es más corto y se puede cosechar a los cuatro meses; mientras que en la Sierra ese periodo va de cinco a seis meses.

4.1.4 Altura de planta

Para esta variable la accesión PEQPC-2273 S/N E presentó la mayor altura de planta (202.78 cm) y la accesión PEQPC-2287 S/N IS presentó la menor altura (46.67 cm). El promedio de altura de planta para el experimento fue de 114.3 cm y siete de las accesiones superan el promedio (Tabla 12).

La prueba de Tukey, (tabla 13), indica que la accesión PEQPC-2288 Chochito Bolivariano, el testigo referencial Pasankalla y PEQPC – 2273 S/N F, tuvieron un comportamiento similar con 124, 124 y 124.8 cm. respectivamente, pero fueron diferentes estadísticamente a los tratamientos restantes que incluye a la variedad INIA Salcedo con 102.89 cm.

De igual modo a las otras características agronómicas estudiadas, los datos obtenidos en la presente tesis se encuentran dentro de los rangos informados en otros trabajos de investigación, excepto la accesión PEQPC- 2287 S/N IS que solo llegó a los 46.67 cm, y fue el más precoz y el de menor rendimiento en el presente experimento.

Timaná (1992), Apaza (1995) y Barnett (2005) en las campañas de octubre- febrero, setiembre- febrero y noviembre – mayo, respectivamente reportan alturas de planta de La molina 89 de origen altiplano, iguales a 129.81, 130.75 y 165.15cm. Quillatupa (2009), en el estudio de las 16 accesiones reporta altura de plantas para las accesiones Puno 1, Puno 4 y Puno 2 de 2,03, 1,77 y 1.59 m en la campaña octubre – mayo 2007-2008; resaltó que la mayoría de las accesiones del sur (Puno, Arequipa y Bolivia) tuvieron menor altura de planta y fueron precoces. Ríos (2010), realizó una caracterización morfológica de 76 accesiones de quinua de Puno, reportando un rango entre 73 a 160 de altura de planta.

Asimismo, Mendoza (2013), reportó una altura de 1,48 m la accesión PEQPC – 821/PUNO en la campaña primavera – verano (Ver Anexo 2)

En condiciones del altiplano, Tapia (2003) reporta que la quinua puede alcanzar alturas entre 1 – 1.8 m. Asimismo la variedad Kanccolla que es del altiplano alcanza una altura de 1,00 a 1,60 m según menciona Tapia *et al.*, (1997) que también describe que la raza Puno de quinua posee una altura de 1,20 m. Lo cual nos indica que dentro de este experimento doce accesiones incluyendo a Salcedo INIA y Pasankalla se encuentran dentro del rango mencionado por los autores anteriores.

La altura es una característica propia de cada variedad, sin embargo, puede afectarse por el clima, el manejo cultural y la susceptibilidad a las enfermedades. La ventaja de tener una accesión con menor altura permite un mejor manejo de la cosecha, por lo tanto, es importante seleccionar dichas accesiones que tienen una relación con tolerancia al acame.

Por otro lado, las accesiones PEQPC S/N B y PEQPC S/N E, en el presente experimento, tuvieron la mayor altura de planta, pero sus rendimientos fueron unos de los más bajos del experimento. Estos resultados coinciden con Quispe (2015) y Quillatupa (2009) que obtuvieron accesiones con mayores alturas de planta que produjeron menor grano por planta.

4.1.5. Índice de cosecha

Esta variable es importante porque mide la eficiencia biológica o la producción de materia seca por la cantidad de grano producido. Según Mujica (1983) el índice de cosecha en quinua se obtiene como la relación entre el peso de la semilla (rendimiento económico) y el peso seco de toda la planta, incluyendo la semilla (rendimiento biológico), en promedio alcanza a 0.30 con una variación de 0.21 a 0.45, dependiendo de las variedades. Marca *et al.*, (2015) lo ideal es contar con variedades que alcancen más de 50% de índice de cosecha, es decir, más semilla que biomasa (broza).

Los índices de cosecha para este experimento variaron de 0.03 a 0.33 por ciento. El promedio de las accesiones del altiplano fue 0.26 por ciento y once de ellas presentaron índices superiores al promedio (Tabla 12). La accesión PEQPC- 2288 Chochito Bolivariano y PEQPC – 2285 Kamere presentaron el mayor índice de cosecha con 0.31 por ciento y la accesión PEQPC-2273 S/N E presentó un menor índice con 0.03 por ciento. Al realizar la prueba de comparación de Tukey, a un nivel 0.05 (Tabla 13), no se encontraron diferencias entre quince de las accesiones que incluyen a los dos testigos referenciales Salcedo INIA y Pasankalla con 0.31 y 0.26 por ciento respectivamente. Las accesiones PEQPC – 2279 S/N B y PEQPC- 2273 S/N E tuvieron los índices de cosecha más bajos, menores rendimientos y mayor número de días a la maduración (tardías), lo cual no indica que las accesiones produjeron poca cantidad de granos y mucho más follaje.

Los trabajos de investigación similares a los realizados en la presente tesis, muestran que los datos hallados se encuentran dentro de los rangos encontrados en costa. Timaná (1992) y Barnett (2005) para la variedad La Molina 89, en condiciones de La Molina, encontraron un índice de cosecha de 0.28 a 0.29 y 0.32; respectivamente. En otros estudios Mendoza (2013) obtuvo un rango de índice de cosecha de 0,001 a 0.30 por ciento, donde la accesión PEQPC-821 /PUNO tuvo un índice de cosecha de 0.31 por ciento. Adicionalmente Quillatupa (2009) obtuvo 0.30, 0.28, 0.25 y 0.23 por ciento en las accesiones Puno 3, Puno 1, Puno 2 y Puno 4.

Tabla 12. Cuadrados medios del análisis de variancia de rendimiento (Kg/ha), altura de la planta (m), índice de cosecha (%), números días al 50 % de floración y números días a la madurez de 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central- La Molina. Campaña agosto 2013 – enero 2014.

FV	G.L.	Rendimiento (Kg/ha)	Altura de planta (m)	IC (%)	N° días al 50 % de floración (días)	N° días a la madurez (días)
BLOQUES	2	13528.29	0.0000075	0.000449	2.7255	0.23529
TRATAMIENTOS	16	1178250.4 **	**	**	**	**
ERROR	32	33220.31	0.000010	0.001674	1.934	4.1936
TOTAL	50					
C.V. %		9.37	2.80	15.88	2.83	2.16
DS %		18,26	3.20	0.040	1.39	2,04
PROMEDIO		1944.90	0.114	0.258	49.09	94.77

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 13. Valores medios y prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) de rendimiento (Kg/ha), altura de la planta (m), índice de cosecha (%), números días al 50% de floración y números días a la madurez de 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central - La Molina. Campaña agosto 2013 – enero 2014.

Origen de parcela	Material Genético	Rendimiento (Kg/ha)	Altura de planta (cm)	IC (%)	N° de días promedio al 50 % de floración (días)	N° de días promedio a la madurez (días)	Parcela Tratamiento
104	PEQPC-S/N C	2391.1 abc	112.0 def	0.27 a	47.33 de	95.67 cd	1
105	PEQPC-2283 Blanca de Juli	2351.6 abcd	109.4def	0.26 a	48.67 cde	89.33 ef	2
108	PEQPC- 2284 Kankolla	2132.8 bcde	106.6 efg	0.31 a	49.00 cd	93.67 cde	3
109	PEQPC- 2285 Kamere	1765.6 ef	97.9 gih	0.33 a	49.00 cd	86.00 f	4
110	PEQPC-2286 Ecotipo Bebe	2003.9 cde	96.4 ih	0.31 a	49.67 cd	93.67 cde	5
Testigo 1	SALCEDO INIA	2132.8 bcde	102.9 fgh	0.31 a	52.00 c	95.00 cde	6
114	PEQPC- 2288 Choclito Boliv	2082.0 bcde	124.0 c	0.33 a	49.00 cd	89.33 ef	7
116	PEQPC- 2289 Marangani	2320.3 abcde	113.6 de	0.28 a	57.67 b	97.33 c	8
117	PEQPC- 2276 Toledo Blanca	2046.9 bcde	116.3cde	0.30 a	52.33 c	95.67 cd	9
118	PEQPC- 2274 Negra Collana	1855.5 cdef	91.2 i	0.27 a	44.67 e	89.67 def	10
119	PEQPC - 2275 Rosada Taraco	2851.6 a	118.7 cd	0.23 a	50.33 cd	95.67 cd	11
120	PEQPC-2278 S/N A	2591.1 ab	99.2gih	0.29 a	49.00 cd	89.67 def	12
121	PEQPC-2279 S/N B	1445.3 f	157.1 b	0.10 b	58.67 b	115.00 b	13
124	PEQPC-2273 S/N E	721.1 g	202.7 a	0.03 b	71.00 a	132.33 a	14
125	PEQPC-2273 S/N F	2222.7 bcde	124.8 c	0.23 a	46.33 cd	89.33 ef	15
113	PEQPC- 2287 S/N IS	346.2 g	46.7 j	0.28 a	40.00 f	74.00 g	16
Testigo 2	PASANKALLA	1807.3 def	124.0 c	0.26 a	50.33 bc	89.67 def	17

Fuente: Elaboración Propia.

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

4.2 CARACTERES DE CALIDAD DE GRANO

La Tabla 14 presenta los resultados del ANVA, cuadrados medios y el nivel de significación que indican que no existen diferencias significativas entre las repeticiones. A nivel de tratamientos si existen diferencias altamente significativas para peso de mil granos (g). Para carácter peso de mil granos, porcentaje de proteína y porcentaje de saponina, los coeficientes de variación fueron 7.51 por ciento, 13.63 por ciento y 21.77 por ciento.

4.2.1 CARACTER PESO DE MIL GRANOS (g)

Comparando accesiones mediante la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$), se puede apreciar que la accesión PEQPC-2282 S/N F presentó un peso promedio de mil granos de 3.9 gramos, el cual representa el mayor valor en comparación con las demás, acompañado de un rendimiento mayor a los 2000 kg/Ha y superando a los testigos Salcedo INIA (3.5g) y Pasankalla (3.7g). Por otro lado, la accesión PEQPC- 2287 S/N IS presentó el menor valor con 1.45 gramos, no superó a los testigos y obtuvo el rendimiento más bajo (346.2 g kg/ha) (Tabla 15).

Las accesiones en general difieren estadísticamente en peso de mil granos. El promedio fue igual a 3.2 gramos y 10 accesiones muestran peso de mil granos superiores a este valor (Tabla 14). De las 10 accesiones, 8 accesiones presentaron rendimientos superiores a los 2000 kg/ha. La fase de llenado de grano se produjo con un rango de temperatura de 15 °C a 22.2.

Estudios realizados por otros autores informan de valores similares a los encontrados en el experimento. Gordon (2011) obtuvo un peso de 1000 granos en la variedad Pasankalla de 1,95 g. En la costa central Mendoza (2013), reporta un rango de peso de mil granos de 1,22 a 2,71 gramos con rendimientos que oscilan entre 19.30 a 1535.10 kg/ha, con temperaturas de 28.5 a 15.1 °C en el mes de diciembre. Hussain *et al.*, (2009) menciona que el tamaño y el peso de la semilla es un rasgo muy importante que se correlaciona directamente con el rendimiento final de grano

Según Rojas, 2003 citado por Mendoza *et. al.* (2015) menciona que el tamaño de los granos y por ende el peso de los mismos, varían ampliamente entre cultivares, y bajo condiciones sin estrés el peso de mil granos esta entre 1,2 y 6 gramos. Mujica (2001) señala para condiciones de Puno, un rango de peso de mil granos de 3,75 a 3,84 gramos. En un ensayo realizado en Chile por Lesjak (2013), donde se comparó el efecto de las altas temperaturas, menos de 32°C, aplicadas 11 días después del final de anthesis, durante el llenado de grano, encontró un peso de mil granos de 2.6 g el cual representó 22% de caída del peso de grano en relación al control que fue 3,2g.

En el presente experimento los valores del peso de mil granos se encuentran dentro el rango reportado por Mujica (2001) y están por encima de los reportados por Mendoza (2003) en la costa central. Las accesiones que tuvieron mayor peso de mil granos y rendimiento fueron parecidas a los reportados por Quillatupa (2009) con un rango de temperatura similar para las condiciones de cada época.

4.2.2 PORCENTAJE DE PROTEÍNA EN EL GRANO

Se puede apreciar en el cuadro 15 que los promedios del porcentaje de proteína para el experimento fluctúan entre 8.85 a 17.97 por ciento. El promedio general de las accesiones del altiplano fue 13.63 por ciento y nueve de ellas presentaron índices superiores al promedio del experimento. La accesión PEQPC- 2276 Toledo blanca presentó el mayor valor con 17.97 por ciento y la accesión PEQPC-2279 S/N B presentó un menor valor con 8.85 por ciento. Esta característica es importante porque le da el mayor valor nutricional al cultivo de quinua.

La prueba de Tukey, a un nivel 0.05, confirma que entre existen diferencias significativas entre las accesiones. Entre ocho de las accesiones no hay diferencias significativas e incluyen al testigo referencial INIA Salcedo con 15.11, por otro lado, la variedad Pasankalla obtuvo 11.61 por ciento.

En el presente experimento las accesiones que presentaron mayor rendimiento obtuvieron un rango de proteína de 12 a 17 por ciento. Sin embargo, la accesión PEQPC-2287 S/IS que presentó el rendimiento más bajo obtuvo un porcentaje de

proteína de 16 por ciento bajo las condiciones del experimento. Por lo que se puede deducir que no hay correlación directa con el rendimiento. Esto es corroborado por Quispe (2015) que demostró que la proteína muestra una correlación negativa con el rendimiento.

En general en el experimento se obtuvieron valores muy diversos, y algunos investigadores han obtenido resultados similares al presente experimento como Barnett (2005) en un estudio con variedad La Molina 89 obtuvo 16.38 por ciento (rango de temperatura de 19.35 – 25.0). Mendoza (2013) informa de un rango de 8,27 a 15,56 por ciento (rango de temperatura de 16.6 – 24.3). Risco (2011) en un estudio realizado con la variedad Blanca de Junín obtuvo un promedio de proteína de 14.6 por ciento. Gordon (2011) reportó un promedio de 11.68 en porcentaje para la variedad Pasankalla (rango de temperatura de 15.4 – 23.6).

Diversos estudios han reportado la composición nutricional de la quinua, destacando en particular el valor biológico de sus granos debido a su alta concentración de proteínas ($\leq 23\%$) (Bhargava *et al.*, 2007 y Miranda *et al.*, 2012; 2013 citados por Fuentes y Paredes *et al.*, 2013). Según Mujica *et al.*, (2001) se considera alto el contenido de proteína en grano si se encuentra en el rango 12 por ciento a 20 por ciento. Otros autores mencionan que la cantidad de proteínas en la quinua depende de la variedad, con un rango comprendido entre un 10,4 % y un 17,0 % de su parte comestible (Reyes *et al.*, 2006 citados por la FAO 2013).

4.2.3 CONTENIDO DE SAPONINA EN EL GRANO

La tabla 15 presenta los promedios del porcentaje de saponina para el experimento, los cuales fluctúan entre 0.00 a 1.48 por ciento. La accesión PEQPC-2287 S/N IS, presentó el mayor porcentaje de saponina con 1.48 por ciento siendo clasificada como quinua amarga por presentar un valor mayor a 0.6 %, por el contrario, las accesiones PEQPC-2280 S/N C y Pasankalla no presentaron contenido de saponina por lo cual se clasificaron como quinuas dulces por presentar valores menores a 0.11 %. Adicionalmente, nueve de las accesiones presentaron valores mayores a 0.6 por ciento,

por lo que se les consideran como quinuas amargas y finalmente, las accesiones PEQPC - 2275 Rosada Taraco y PEQPC-2278 S/N A son consideradas como quinuas semidulces porque presentaron valores dentro del rango mayor a 0.11 por ciento, pero menor a 0.6 por ciento, además de presentar alto rendimiento.

El promedio general del contenido de saponina de las accesiones del altiplano fue 0.63 por ciento y ocho de las accesiones presentaron porcentajes inferiores al promedio del experimento. La prueba de Tukey, a un nivel 0.05, confirma que entre existen diferencias significativas entre las accesiones. Solo cuatro de las accesiones son consideradas como quinuas dulces por tener un porcentaje menor a 0.11 por ciento e incluyen al testigo referencial Pasankalla que no contiene saponina.

Estudios realizados en Costa en el contenido de saponina, Gordon (2011), que obtuvo un porcentaje promedio de saponina de 0.06 por ciento para la variedad Pasankalla ligeramente mayor a lo obtenido en este experimento. Mendoza (2013), obtuvo un porcentaje promedio de saponina de 0.91 por ciento ligeramente mayores al promedio obtenido en el presente trabajo.

Asimismo, diferentes autores mencionan que el contenido y producción de saponina depende de su estado fenológico y de factores climáticos (Jacobsen y Valdez, 1996 citado por Monje *et al.*, 2006; Solíz *et al.*, 2002 citado por De la Torre- Herrera *et al.*, 2015). También se menciona que los cultivares del altiplano de Perú y Bolivia, tienen mayor contenido de saponinas y una fase vegetativa más corta según Ruiz y Bertero (2008). Con respecto al factor climático las temperaturas extremas bajas o altas, afectan la síntesis acumulación de saponinas en plantas según Schwarzbach *et al.*, (2006) citado por De la Torre- Herrera *et al.*, (2015). Por lo que se puede deducir que el contenido de saponina de las accesiones del altiplano para la campaña de verano 2013 – 2014 variaron según las condiciones de costa y según sus características genotípicas.

Tabla 14. Cuadrados medios del análisis de variancia del peso de mil granos (g), proteína (%), saponina (%) y humedad (%) de 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central. La Molina. Campaña agosto 2013 – enero 2014.

FV	G.L.	Peso de mil granos (g)	Proteína (%)	Saponina (%)	Humedad (%)
BLOQUE	2	0.07134	0.0339	0.0004	0.004
TRAT.	16	1.220 **	20.188 **	0.809 **	0.172
ERROR	32	0.589	0.249	0.0185	0.0054
TOTAL	50				
C.V. %		7.51	3.637	21.77	0.65
DS %		0.243	0.499	0.136	0.073
PROMEDIO		3.23	13.63	0.63	11.28

Significación al 5% de probabilidad

** Significación al 1% de probabilidad

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 15. Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) de peso de mil granos (g), % proteína, % saponina y % humedad de 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central - La Molina. Campaña agosto 2013 – enero.

Origen	Material Genético	Peso de mil granos (g)	Proteína (%)	Saponina (%)	Humedad (%)
104	PEQPC-2280 S/N C	3.6 ab	11.54 d	0.0 f	10.90 f
105	PEQPC-2283 Blanca de Juli	3.5 ab	13.29 c	0.75 cd	11.50 ab
108	PEQPC- 2284 Kancolla	3.1 bc	12.59 cd	0.08 f	11.03 ef
109	PEQPC- 2285 Kamere	3.8 ab	15.75 b	0.50 de	11.50 ab
110	PEQPC-2286 Ecotipo Bebe	3.1 bc	15.24 b	0.93 bc	11.43 bc
Testigo 1	SALCEDO INIA	3.5 ab	15.11 b	0.07 abc	11.47 ab
114	PEQPC- 2288 Choclito Bolivariano	3.5 ab	15.05 b	1.14 abc	11.43 bc
116	PEQPC- 2289 Marangani	3.8 ab	16.15 b	1.13 ef	11.47 ab
117	PEQPC- 2276 Toledo Blanca	3.3 ab	17.97 a	0.99 bc	11.20 ed
118	PEQPC- 2274 Negra Collana	2.2 de	12.67 cd	0.72cd	11.10 ef
119	PEQPC - 2275 Rosada Taraco	3.4 ab	15.52 b	0.16 ef	11.40 bcd
120	PEQPC-2278 S/N A	3.2 ab	14.98 b	0.16 ef	11.33 bcd
121	PEQPC-2279 S/N B	2.4 cd	8.85 e	1.33 ab	10.90 f
124	PEQPC-2273 S/N E	1.5 e	8.98 e	1.13 abc	11.23 cde
125	PEQPC-2282 S/N F	3.9 a	11.80 cd	0.03 f	11.67 a
113	PEQPC- 2287 S/N IS	1.5 e	16.39 b	1.48 a	11.33 bcd
Testigo 2	Pasankalla	3.7 ab	11.61 d	0.00 f	10.90 f

FUENTE: Elaboración propia

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

OBJETIVO 2: IDENTIFICACIÓN DE LOS FACTORES BIÓTICOS QUE LIMITAN O FAVORECEN SU CULTIVO COMO LA EVALUACION DE MILDIU, INSECTOS Y MALEZAS.

4.3 FACTORES BIÓTICOS

4.3.1 Daño por mildiu (*Peronospora variabilis*)

El análisis de variancia en la tabla 16, establece diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos, presentando un coeficiente de variabilidad igual a 31.56 %. La prueba de Tukey, a un nivel 0.05, indica que los testigos referenciales Salcedo INIA y Pasankalla, tuvieron un comportamiento similar con 23.33 por ciento de daño por *P. variabilis* (Tabla 17). Este nivel de daño se clasifica como grado 2, según la escala de evaluación (21 - 40 porciento) de la figura 3. El rango de infección por *P. variabilis* de las accesiones del altiplano fueron de 7.5 a 57.5 por ciento. El promedio de daño por *P. variabilis* para el ensayo fue 26.67 por ciento y 8 accesiones lo superan, lo cual indica que la mayoría de las accesiones evaluadas presentaron el 20 - 40 por ciento

La accesión PEQPC-2289 Rosada Taraco fue la menos afectada o fue la más resistente, en el presente experimento, con un daño de 7.5 por ciento y alcanzó el grado 1 que según la escala se encuentra en el rango del 1 al 10 por ciento y obtuvo el mayor rendimiento. Por otro lado, la accesión PEQPC- 2287 S/N IS S/N IS tuvo el mayor porcentaje de daño por *P. variabilis* con 57.5 por ciento (Figura 5) y según la escala de área foliar afectada alcanzó el grado 3; y fue la más susceptible a la enfermedad con un rendimiento de 346.2 kg/ha, con una altura de 46.67 cm y mayor precocidad de maduración igual a 82 días y con una excesiva defoliación. Salas *et al.*, citado por Aragón (1991), determinaron que la planta de quinua no desarrolla en tamaño ni forma panoja si el ataque de mildiú es temprano, lo cual coincide parcialmente con los resultados obtenidos en la accesión PEQPC- 2287 S/N IS.

Estos resultados coinciden con los datos reportados por Mercado (2001) afirma que los cultivares provenientes de Puno desarrollaron el mayor porcentaje de plántulas infectadas por mildiu en condiciones de alta humedad de saturación y que la enfermedad se presentó 13 días después de la siembra en tres cultivares: Jujuy, Blanca de Juli y Camacani bajo condiciones de costa central. Mendoza (2013), menciona que los 17 genotipos de quinua que formaron grano presentaron un rango de infección de 26,67 a 50 por ciento y que la

accesión PEQPC – 821/PUNO tuvo un área foliar afectada por mildiú de 35 por ciento, el cual pertenece al grado 2 (21 – 40 por ciento) y que adicionalmente presentó un rendimiento de 311.60 kg/ha, bajo un rango de temperatura promedio de 16,6 a 24,3 °C y una humedad relativa entre 70 por ciento y 92 por ciento.

Por otro lado, Apaza (1995), señala que la variedad La Molina 89, seleccionada del material colectado del altiplano de Puno es tolerante a Mildiú, aún con ataques altos presenta rendimientos económicamente aceptables, realizó el experimento entre setiembre a enero y en los dos primeros meses de edad de la variedad La Molina 89 ya presentó síntomas debido a la reducción de la humedad relativa en la Molina, la cual es muy importante para este hongo.

Aragón (1991), describe que comúnmente la enfermedad se inicia en las hojas inferiores y luego va progresando a las hojas superiores. Se monitoreó la incidencia de la enfermedad desde el primer par de hojas visible hasta la maduración de panojas. Las accesiones del altiplano presentaron síntomas como manchas cloróticas y otras de diferente coloración como rosada y morada en el haz de la hoja que comprometieron la lámina foliar y estructuras de esporulación en el envés (Figura 9 y Figura 10).

En el presente experimento, los primeros síntomas de la enfermedad por *Peronospora variabilis* aparecieron a los 25 días después de la siembra, en la etapa del tercer par de hojas desplegadas, en el cual se observaron manchas cloróticas amarillas y rosadas en el haz de la hoja y esporulación de coloración gris en el envés de la hoja. Se manifestó con mayor intensidad entre los 36 a 60 días después de la siembra, que coincide con la etapa fenológica de botón floral detectable (20 de setiembre) y el 50 % de glomérulos con anteras (24 de octubre), en estas etapas las temperaturas oscilaron entre 21.3 y 13.9 °C y entre 95 y 77 por ciento de humedad relativa, que son óptimas condiciones para el desarrollo de la enfermedad.

Alandia *et al.*, y Danielsen citado por Risco (2014) mencionan que se requiere humedad relativa mayor al 80 por ciento y temperaturas entre 15 a 25 °C para producir la enfermedad. Las accesiones del presente estudio se desarrollaron con humedades relativas altas como 95 y 93 por ciento en los meses de agosto y noviembre lo cual

favoreció el desarrollo de la enfermedad. Además, determinó que el desarrollo del progreso de la enfermedad de *P. variabilis* en la variedad Pasankalla se incrementó a una mayor tasa de desarrollo a partir del 25 de setiembre (13ra evaluación), a los 54 días después de la siembra, que coincide con la etapa en el que se produce la emergencia del ápice de la planta en condiciones de costa central.

Tabla 16. Cuadros medios del Análisis de variancia del daño por *Peronospora variabilis* “mildiu” de 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central. La Molina. Campaña agosto 2013 – enero 2014.

FV	G.L.	Daño por Mildiu (%)
BLOQUES	2	50.1225
TRATAMIENTOS	16	386.1979 **
ERROR	32	70.826
TOTAL	50	
C.V. (%)		31.56
DS (%)		8.42
PROMEDIO		26.67

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 17. Valores medios y Prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$) de daño por *Peronospora variabilis* “Mildiu” de 17 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ecotipo del altiplano en condiciones de la costa central - La Molina. Campaña agosto 2013 – enero 2014.

Origen de la parcela	Material Genético	Daño por Mildiu (%)
104	PEQPC-2280 S/N C	20.00 bc
105	PEQPC-2283 Blanca de Juli	18.33 bc
108	PEQPC- 2284 Kancolla	24. 17 bc
109	PEQPC- 2285 Kamere	28.33 bc
110	PEQPC-2286 Ecotipo Bebe	27.50 bc
Testigo 1	SALCEDO INIA	23.33 bc
114	PEQPC- 2288 Choclito Bolivariano	32.55 abc
116	PEQPC- 2289 Marangani	17.50 bc
117	PEQPC- 2276 Toledo Blanca	30.00 bc
118	PEQPC- 2274 Negra Collana	18.33 bc
119	PEQPC - 2275 Rosada Taraco	7.50 c
120	PEQPC-2278 S/N A	30.33 bc
121	PEQPC-2279 S/N B	36.67 ab
124	PEQPC-2273 S/N E	41.67 a
125	PEQPC-2282 S/N F	28.33 bc
113	PEQPC- 2287 S/N IS	57.50 a
Testigo 2	Pasankalla	23.33 bc

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

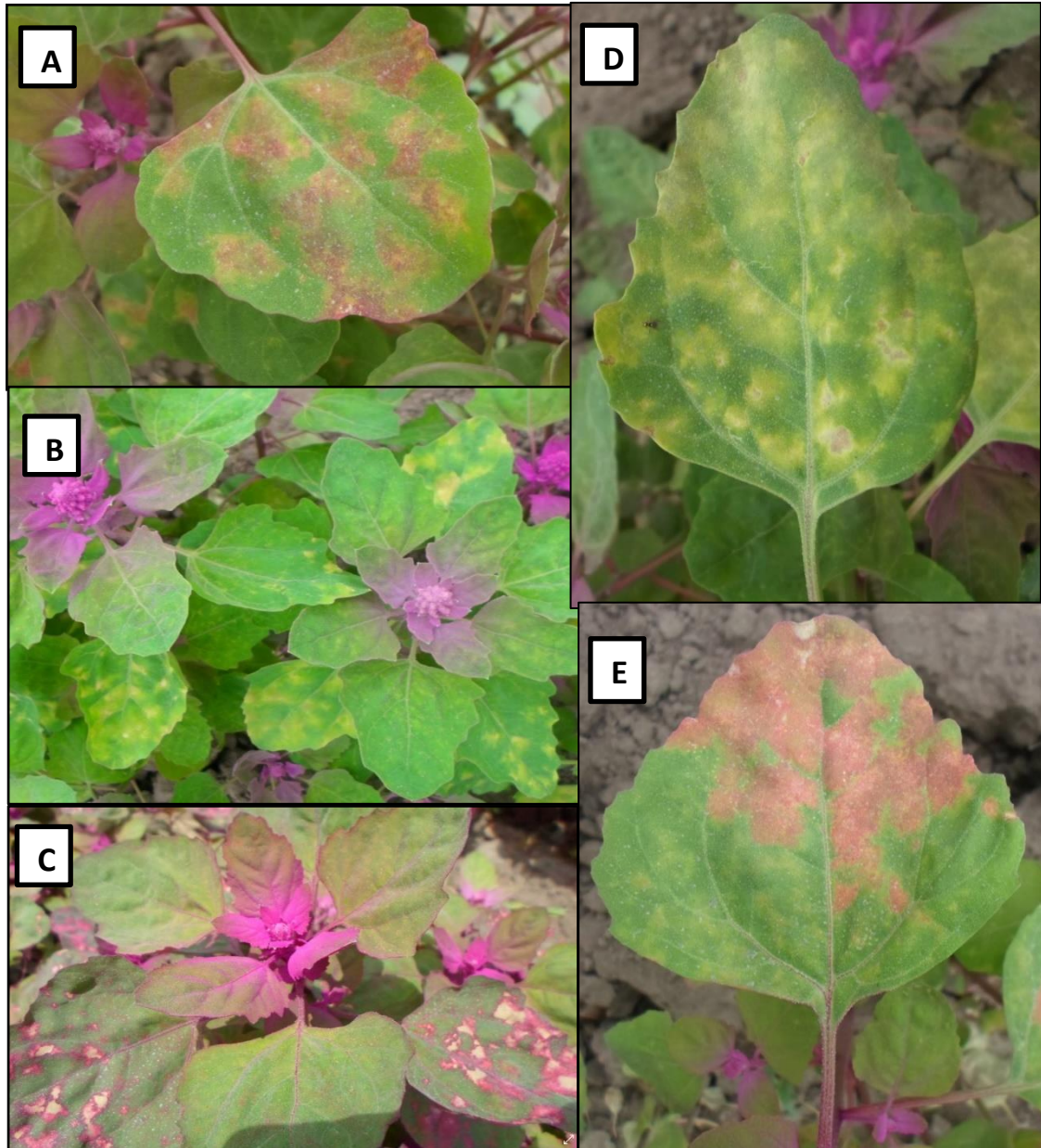


Figura 9. Síntomas de *Peronospora variabilis* en el haz de las hojas de quinua del altiplano con diferente color y tamaño de manchas a 43 días de la siembra en la campana verano 2013 – 2014. A: accesión PEQPC-2273 S/N E.B: accesión PEQPC-2278 S/N C. Pasankalla D. Salcedo INIA. E: accesión PEQPC- 2288 Choclito Bolivariano.

FUENTE: Elaboración propia.

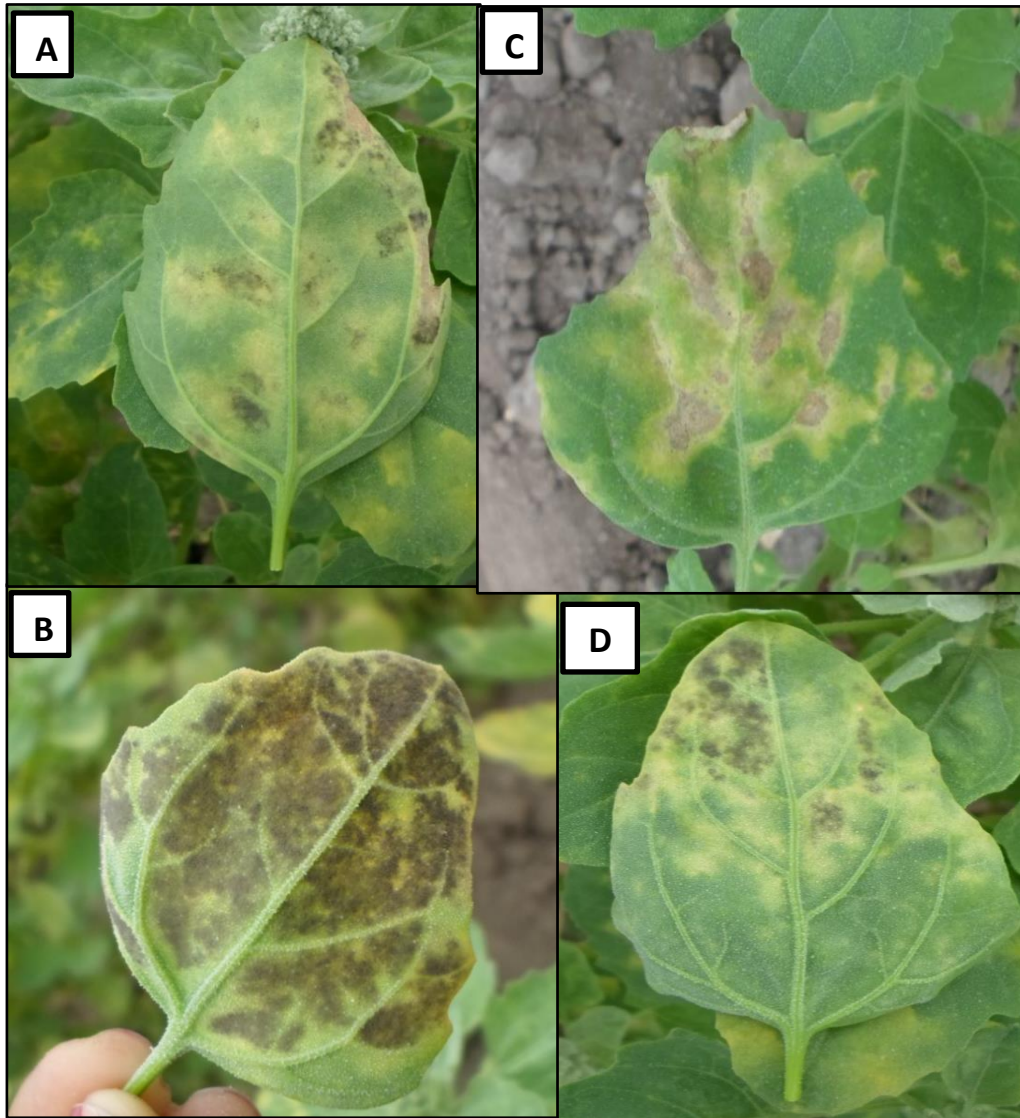


Figura 10. Esporangios de *Peronospora variabilis* en el envés de las hojas de quinua del altiplano a 43 días de la siembra en la campana verano 2013 – 2014. A: accesión PEQPC- 2289 Marangani. B: accesión PEQPC- 2287 S/N IS (con el mayor porcentaje de incidencia). C: PEQPC-2286 Ecotipo Bebe. D: Salcedo INIA.

FUENTE: Elaboración propia

4.3.2 Incidencia de la mosca minadora (*Lyriomiza huidobrensis*)

Los primeros daños de *Lyriomiza huidobrensis* “mosca minadora” aparecieron a los 16 días después de la siembra en las hojas cotiledonales y 2 hojas verdaderas de las plántulas; en las cuales se observaron unos puntos blancos y unas pequeñas minas, estos daños se manifestaron el 31 de Agosto a una temperatura que osciló entre 12.9 y 18.8 grados centígrados y una humedad relativa entre 83- 97 por ciento (Tabla 18).

Entre 30 y 45 días en el estado de ramificación y botón floral se observó una mayor población de larvas y minas serpenteantes de color amarillo en el haz y envés de hojas intermedias y basales. A los 68 días después de la siembra se observaron larvas y pupas en las hojas intermedias y basales con menor infestación el cultivo se encontraba con diferentes estados como inicio de floración, 25 % y 50 % de glomérulos con anteras, las temperaturas para este periodo fluctuaron entre 13.9 y 21 grados centígrados (Figura 6).

Se obtuvieron resultados similares en las campañas de setiembre – febrero y octubre - mayo bajo condiciones de costa (Anexo 2) donde se registraron la presencia de *Lyriomiza huidobrensis* en los primeros estadios del cultivo con ligeros ataques, pero posteriormente dejaron de ser importante. Sin embargo, en las otras campanas de enero-junio no se detectaron ataques de este insecto. Se realizaron evaluaciones del nivel de daño de plagas según la escala de Ponce y Badillo, citados por Mullo (2011) en la tabla 10, en el cual se observa lo siguiente:

Tabla 18. Resultados del grado de daño de *Lyriomiza huidobrensis* “mosca minadora” según el estado fenológico de accesiones del altiplano bajo condiciones de costa.

Número de días después de la siembra	Estados fenológicos de la quinua	Denominación	Grado
16	2 hojas verdaderas de las plántulas	Daño leve	2
30	el estado de ramificación y botón floral	Daño moderado	3
51	inicio de floración, 25% y 50 % de glomérulos con anteras	Daño leve	2

FUENTE: Elaboración propia

Las etapas más vulnerables fueron desde el estado de ramificación hasta el estado de botón floral. Se representó en las accesiones PEQPC-2280 S/N C, PEQPC -2284 Kancolla, PEQPC- 2288 Choclito Bolivariano, PEQPC – 2286 Ecotipo Bebe, PEQPC – 2274 Negra Collana, PEQPC – 2287 S/N IS y PEQPC -2279 S/N B y PEQPC – 2273 S/N E. Finalmente, en la etapa de inicio de floración con 25% y 50% de glomérulos con anteras, hubo una menor presencia de *Lyriomiza huidobrensis* con daños leves, considerados como grado 2 según la escala del cuadro 20.

Mendoza (2013), señala el ataque de *Lyriomiza huidobrensis* en los primeros estadios del cultivo en el mes de octubre a una temperatura promedio de 16.6 grados centígrados y una humedad relativa de 82 por ciento bajo condiciones de costa central. En la figura 11 se presenta la evolución del daño.

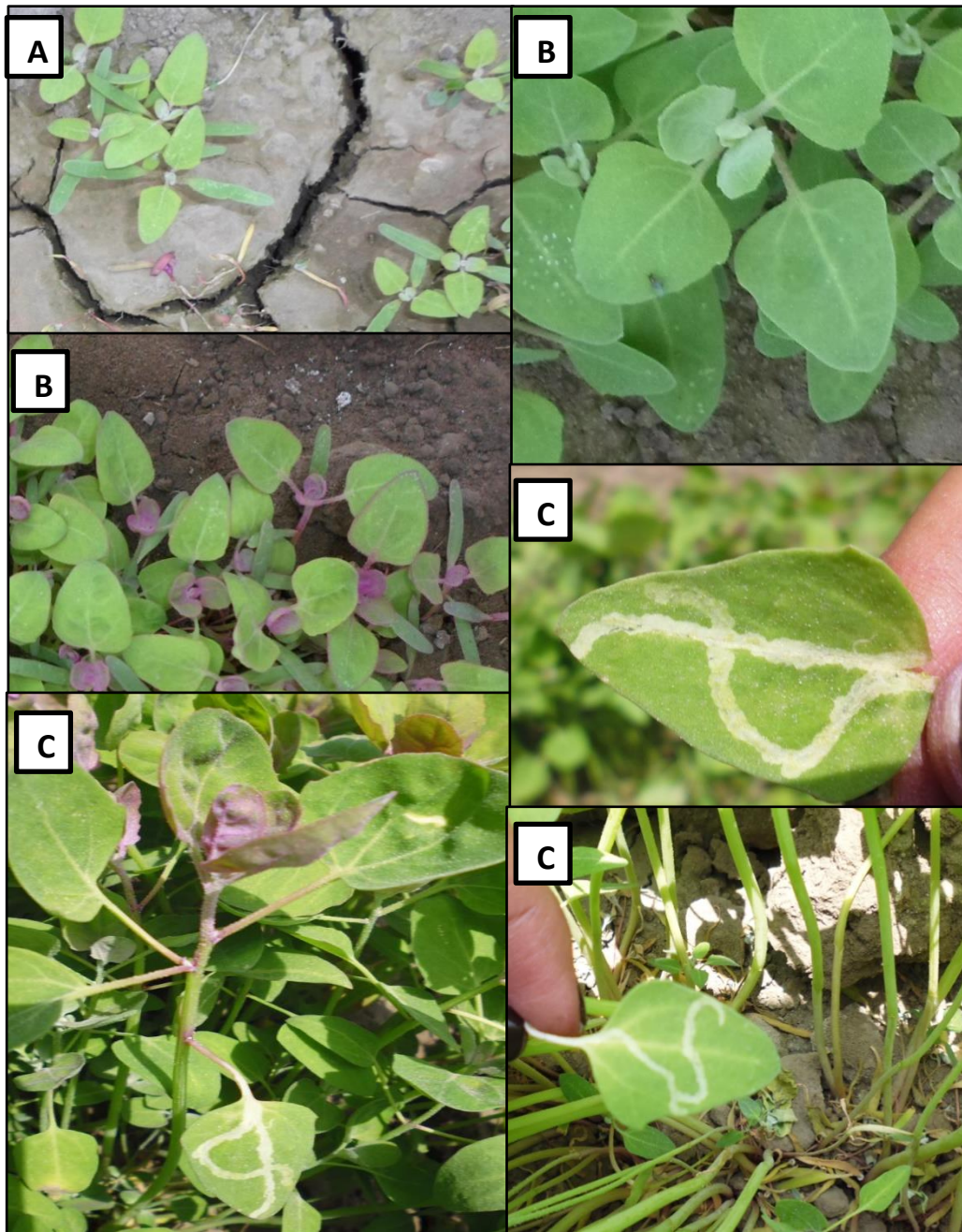


Figura 11. Evolución del daño de *Lyriomiza huidrobrensis* según etapa la fenológica de las accesiones de quinua en la campana verano 2013 – 2014. A: puntos blancos en las hojas cotiledones y primer par de hojas desplegadas. B: pequeñas minas y puntos blancos en el segundo par de hojas. C: minas serpenteantes y presencia de larvas en las hojas basales en el estado de ramificación. FUENTE: Elaboración propia.

4.3.3 Presencia de lepidópteros y pulgones

Se registraron las siguientes plagas

Gusano Pegador de brotes	(<i>Spodoptera eridania</i>)
Polilla de la quinua	(<i>Spolodea recurvalis</i>)
Pulgón verde	(<i>Myzus persicae</i>)
Crisomélidas	(<i>Diabrotica</i> spp.)

El gusano pegador de brotes (*Spodoptera eridania*) y la polilla de la quinua (*Spolodea recurvalis*), lepidópteros, se presentaron a finales de octubre y noviembre, en la etapa de crecimiento y panojamiento alimentándose de brotes, panojas y granos, con un nivel de daño 2, el cual se incrementó en forma paralela con la temperatura.

A los 75 días después de la siembra se presentó *Myzus persicae* y *Diabrotica sp*, en la etapa de floración y panojamiento; favoreciendo adicionalmente la presencia del hongo de la fumagina, que originó un ligero manchado de panoja y granos.

A finales de noviembre se observó la presencia *Liorhyssus hialynus* de la familia Rhopalidae, del orden Hemiptera en la accesión PEQPC -S/N C, pequeñas ninfas y adultos que se alimentaban de los granos de quinua en estado pastoso (Figura 12). Chanini (2010), menciona que la quinua es atacada por diversas plagas durante todo su desarrollo vegetativo, especialmente en los veranillos en que presenta incrementos de temperatura, falta lluvias y alta insolación, se estima que las pérdidas que ocasionan los insectos son 15 % de la producción. Según PROINPA (2014), la frecuencia e intensidad de los insectos plaga en los campos de cultivo varía con la ubicación geográfica, la presencia de los enemigos naturales y las condiciones ambientales favorables o desfavorables.

4.3.4 PRESENCIA DE AVES SILVESTRES

Los daños por aves se presentaron en el mes de noviembre y diciembre y coincidió con el estado lechoso y pastoso del grano, siendo más frecuentes los ataques partir de las 2 pm. La tabla 19 presenta el nivel de daño identificado en accesiones más afectadas. Las accesiones PEQPC – 2284 Kancolla, PEQPC- 2273 S/N F e Salcedo INIA fueron las más dañadas por aves, calculándose un daño de 15 %, 20 % y 23 %; respectivamente. Por otro lado, las accesiones PEQPC- 2289 Marangani y PEQPC -S/N C y las restantes tuvieron daños muy leves. En general, las accesiones de granos dulces fueron las preferidas por las aves (Figura 13).

Esto es corroborado por un estudio realizado en la sierra central por Zambrano (2001) citado por Robles *et al.*, (2003) que menciona que las variedades con menos contenido de saponinas son las más afectadas por las aves. Robles (2003), señala que la disminución del rendimiento por aves puede llegar hasta 60 % y que es mayor a la que causa los insectos plagas. Chanini (2010), reporta ataques más frecuentes e intensos en las variedades dulces como Salcedo INIA, Sajama, Cheweca y Blanca de Juli, donde las pérdidas alcanzan un 30 – 40 % de la producción.

Tabla 19. Nivel de daño originado por aves silvestres en las accesiones del ecotipo altiplano bajo condiciones de costa central 2014.

Estado Fenológico	Accesión	Observación	Grado
Estado lechoso Pastoso del grano	PEQPC- 2289	4 %	1
	Marangani		
	PEQPC -S/N C	10 %	1
	PEQPC – 2284	15 %	2
	Kancolla		
	PEQPC- 2273	20 %	2
	S/N F		
Salcedo INIA	23 %	3	

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 12. Panoja de quinua en el estado pastoso dañado por *Liorhysus hialynus* en la campaña agosto – enero 2013 – 2014.

FUENTE: Elaboración propia



Figura 13. Panoja de quinua en el estado pastoso dañado por aves en el mes de noviembre de la campaña agosto – enero 2013 – 2014

FUENTE: Elaboración propia

4.3.5 IDENTIFICACION DE MALEZAS

Se observó la presencia de malezas durante todo el ciclo de cultivo, con mayor incidencia en los estados iniciales entre 6 a 8 pares de hojas verdaderas, sin lugar a dudas las etapas más críticas para el cultivo. En el presente estudio se identificó 13 malezas entre hoja ancha y de hoja angosta a lo largo del desarrollo fenológico de las accesiones del altiplano (Tabla 20).

Se observó un mayor porcentaje de malezas de hoja ancha en el campo experimental, se presenta en el siguiente gráfico:

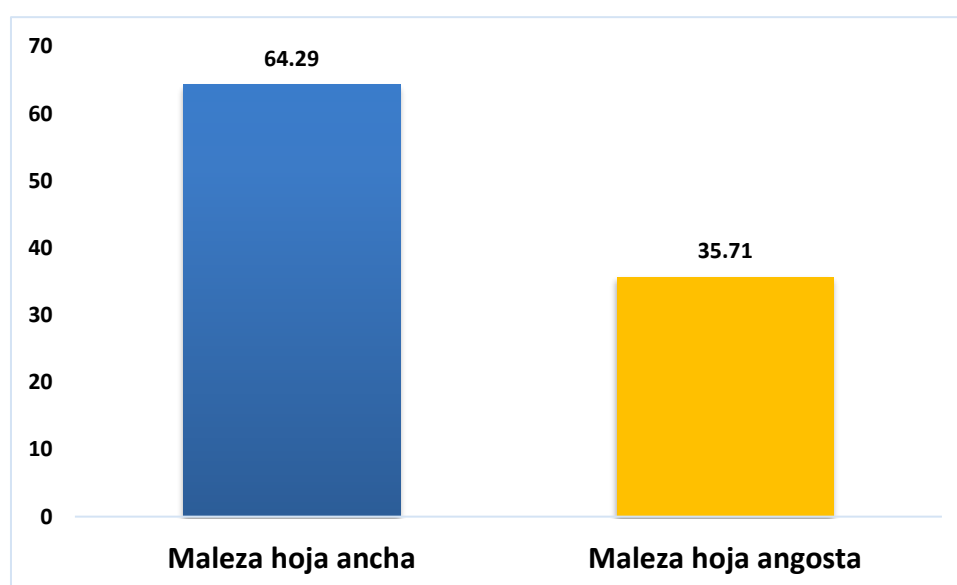


Gráfico 4. Porcentaje de malezas de hoja angosta y ancha presentes en las accesiones de quinua del altiplano de la campaña agosto – enero, 2013 – 214.

FUENTE: Elaboración propia

Cabe resaltar que hubo mayor presencia de *Nicandra physalodes* (Figura 14) que alcanzó en altura a las variedades como PEQPC- 2286, Ecotipo Bebe, PEQPC- 2285 Kamere y PEQPC- 2274 Negra Collana y PEQPC- 2287 S/N IS, causando competencia entre la variedad y la maleza por nutrientes, luz y espacio y por ende en el rendimiento.

Estudios similares realizados bajo condiciones de costa han reportado presencia de las mismas malezas. Tapia (2003), identificó *Sorghum hapelepense* “grama china”,

Cynodon spp. “coquito”, *Portulaca oleracea* “verdolaga”, yuyo, capulí cimarrón entre otros. En Puno, Chanini (2010), reporto malezas como *Bidens pilosa*, *Medicago hispida*, *Erodium cicutarium*, *Bromus uniloides*, *Chenopodium quinoa* y otras especies durante los primeros estadios.

Figura 14. Presencia de *Nicandra physalodes* en el campo experimental.



FUENTE:Elaboración propia

Tabla 20. Malezas identificadas en el desarrollo fenológico de las accesiones del altiplano en la campana agosto – enero, 2013- 2014.

Malezas de Hoja ancha	Malezas de hoja angosta
· <i>Amaranthus spp.</i>	· <i>Sorghum halepense</i>
· <i>Chenopodium album</i>	· <i>Sorghum acaule</i>
· <i>Portulaca oleracea</i>	· <i>Cynodon dactylon</i>
· <i>Nicandra physalodes</i>	· <i>Cyperus rotundus</i>
· <i>Datura stramonium</i>	· <i>Pennisetum clandestinum</i>
· <i>Plantago major</i>	
· <i>Sonchus oleraceus</i>	
· <i>Ricinus communis</i>	
· <i>Bidens pilosa</i>	

FUENTE: Elaboración propia

4.4 SELECCIÓN PRELIMINAR DE ACCESIONES DE MEJOR COMPORTAMIENTO.

La tabla 21 presenta los valores de las variedades comerciales más exitosas en la costa peruana como INIA Salcedo y Pasankalla, obtenidas en la presente investigación, para rendimiento (kg/ha), floración, maduración, altura de planta, índice de cosecha (%), biomasa (kg/ha), proteínas (%) y peso de 1000 granos(g) daño por mildiu (%) y contenido de saponinas (%) como ejemplo.

Tabla 21. Valores de caracteres agronómicos y de calidad de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) del testigo Variedad INIA – Salcedo y Pasankalla observados en el presente experimento.

Criterio del experto mejorador	Rendimiento (kg/ha)	Días al 50% de Floración (días)	Días a la Madurez (días)	Altura de planta (cm)	Índice de cosecha (%)	Bio-masa (Kg/ha)	Proteínas (%)	Humedad (%)	Peso de 1000 granos (g)	Daño por Mildiu (%)	Saponina (%)
Testigo Pasankalla	1807,29	50	89,67	124,05	0,26	4,70	11,61	10,90	3,73	19,50	0,00
Testigo Salcedo INIA	2132,80	52,00	95,00	102,89	0,31	4,17	15,11	11,47	3,47	19,33	0,07

FUENTE: Elaboración propia

Considerando las características mencionadas, se busca encontrar en las 17 accesiones aquellas que reúnan más características con los valores deseados por el experto, o por lo menos similares o superiores a los testigos. Para identificar las accesiones con mejores características se evaluaron 10 caracteres como rendimiento (kg/ha), floración, maduración, altura de planta, índice de cosecha (%), biomasa (kg/ha), proteínas (%), peso de 1000 granos(g), daño por mildiu (%) y contenido de saponinas (%) a los que se atribuyó un valor teórico establecidos en el programa de mejoramiento de quinua de la Universidad Agraria La Molina que se presenta en la tabla 22, el cual presenta los valores máximos y mínimos buscados en una variedad ideal de quinua según la experiencia y el criterio del experto.

Es difícil decir que accesión de quinua es el más adecuado para las condiciones de costa central, ya que se evaluaron diez caracteres al mismo tiempo. Por lo tanto, se usó la distancia euclidiana para lograr identificar las accesiones realizando una

“selección simultánea” de varios caracteres agrícolas. La distancia euclidiana ha sido usada en varios estudios como reconocimiento de los mejores haploides de cebada (Gómez *et al.*, 2009) y selección de mutantes de quinua (Sánchez, 2015), también se han hecho publicaciones en revistas internacionales como “Science and Education Centre of North America” con el artículo científica Selección de nuevas líneas avanzadas de cebada con varios caracteres agrícolas simultáneamente: Comparación de dos procedimientos matemáticos (Gómez *et al.*, 2016).

Tabla 22. Valores de caracteres agronómicos y de calidad de quinua (Chenopodium quinoa) seleccionados para la identificación de las mejores accesiones en condiciones del experimento.

Criterio del experto	Rendimiento (kg/ha)	Días al 50% de Floración (días)	Días a la Madurez (días)	Altura de planta (cm)	Índice de cosecha (%)	Bio-masa (Kg/ha)	Proteína (%)	Peso de 1000 granos (g)	Daño por Mildiu (%)	Saponinas (%)
Valor	mínimo	máximo	máximo	máximo	mínimo	mínimo	mínimo	mínimo	máximo	máximo
	1680,00	60,00	110,00	110,00	0,26	5,24	13,00	3,30	15,00	0,62

FUENTE: Elaboración propia

La tabla 23 presenta los valores de la distancia euclidiana de cada accesión que varió de 1.14 a 2.82. La accesión PEQPC- 2273 S/N E exhibió la mayor distancia lo cual indica que presento menos caracteres deseados por el mejorado. Por el contrario, la accesión PEQPC - 2275 Rosada Taraco exhibió la menor distancia euclidiana y presentó caracteres valiosos por su alto potencial de rendimiento igual a 2851,56 Kg/ha, precocidad con 50,33 días a la floración y 95,67 días a la madurez, con una biomasa igual a 7.23, con un contenido de proteína de grano de 15.52 %, un contenido de saponina de 0.16 %, un peso de 1000 granos de 3.4 g y un daño de mildiú igual a 7.5 %. Las accesiones con una menor distancia euclidiana son las que poseen mayor número de caracteres con valores cercanos a los establecidos por el mejorador y el criterio del experto por el contrario ocurre con los valores de mayor distancia euclidiana. De los diez caracteres estudiados la accesión PEQPC - 2275 Rosada Taraco presentó más caracteres positivos buscados por el experto. Otras accesiones valiosas como: PEQPC-2278 S/N A y PEQPC- 2289 Marangani también fueron seleccionados porque obtuvieron caracteres positivos. Posteriormente se hicieron las comparaciones entre las accesiones de menor y mayor valor de distancia euclidiana con los testigos Pasankalla y Salcedo INIA según el criterio del mejorador.

Tabla 23. Distancia euclidiana promedio de las 14 accesiones ecotipo del altiplano, una accesión de valle y 2 testigos (Salcedo INIA y Pasankalla) bajo el criterio del experto, considerando caracteres agronómicos y de calidad de calidad en condiciones de la Molina. Campana 2013 – 2014.

Valor Distancia Euclidiana	Orden ascendente de Distancia Euclidiana	Material Genético	Rendimiento (kg/ha)	Días al 50% Floración (días)	Días a la Madurez (días)	Altura de planta (cm)	IC (por ciento)	Biomasa (Kg/ha)	% proteína	% saponina	% humedad	Peso de mil granos (g)	Daño por Mildiu (%)
1.14	1	PEQPC - 2275 Rosada Taraco	2851,56	50,33	95,67	118,68	0,23	7230	15,52	0,16	11,40	3,4	7,50
1.15	2	PEQPC-2280 S/N C	2386,72	47,33	95,67	112,00	0,27	5170	11,54	0,00	10,90	3,7	20,00
1.16	3	PEQPC-2278 S/N A	2591,15	49,00	89,67	99,17	0,29	580	14,98	0,16	11,33	3,2	30,33
1.23	4	PEQPC- 2284 Kancolla	2132,80	49,00	93,67	106,61	0,31	4330	12,59	0,08	11,03	3,1	24,17
1.27	5	PEQPC- 2289 Marangani	2320,31	57,67	97,33	113,63	0,28	5930	16,15	1,13	11,47	3,8	17,5
1.28	6	Pasankalla (testigo)	1807,29	50,33	89,67	124,05	0,26	4721	11,61	0,00	10,90	3,7	23,33
1.34	7	PEQPC-2283 Blanca de Juli	2351,56	48,67	89,33	109,37	0,26	6774	13,29	0,75	11,50	3,5	18,33
1.37	8	PEQPC- 2285 Kamere	1765,63	49,00	86,00	97,89	0,33	3875	15,75	0,50	11,50	3,8	28,33
1.40	9	PEQPC- 2276 Toledo Blanca	2046,88	52,33	95,67	116,33	0,30	4036	17,97	0,99	11,20	3,3	30
1.44	10	PEQPC- 2274 Negra Collana	1855,47	44,67	89,67	91,23	0,27	3972	12,67	0,72	11,10	2,2	18,33
1.48	11	PEQPC-2286 Ecotipo Bebe	2003,91	49,67	93,67	96,41	0,31	3975	15,24	0,93	11,43	3,1	27,5
1.51	12	Salcedo INIA (testigo)	2132,81	52,00	95,00	102,89	0,31	4170	15,11	0,07	11,47	3,5	23,33
1.54	13	PEQPC- 2288 Choclito Bolivariano	2082,03	49,00	89,33	124,04	0,33	4430	15,05	1,14	11,43	3,5	32,55
1.57	14	PEQPC-2282 S/N F	2222,66	46,33	89,33	124,84	0,23	521	11,80	0,04	11,67	3,9	28,33
2.09	15	PEQPC- 2287 S/N IS	346,15	40,00	74,00	46,67	0,28	7801	16,39	1,48	11,33	1,5	57,33
2.22	16	PEQPC-2279 S/N B	1445,31	58,67	115,00	157,06	0,10	9230	8,85	1,33	10,90	2,4	36,67
2.82	17	PEQPC-2273 S/N E	721,09	71,00	132,33	202,78	0,03	9470	8,98	1,13	11,23	1,5	41,67

V. CONCLUSIONES

1. Evaluar los caracteres agronómicos y de calidad de accesiones del Ecotipo Altiplano en condiciones de costa central.

En condiciones ambientales de la costa central campaña 2013-2014, con un rango de temperatura de 12.9 a 27.9 grados centígrados y con las temperaturas más altas en floración y llenado de grano y condiciones de humedad mayores a los 70%; 14 accesiones de quinua de origen altiplánico presentaron rendimientos de granos de 346.15 a 2851.65 kg/ha, alcanzaron el 50% de floración entre los 40 a 71 días, la madurez entre los 74 a 132 días, una altura de planta de 46.7 a 202.8 cm, un índice de cosecha de 0.03 a 0.33%, un peso de biomasa de 521 a 9470 kg/ha, un contenido de proteína de grano 8.85 a 17.97%, un contenido de saponina de grano de 0 a 1.48%, un peso de 100 granos de 1.5 a 3.9 g. Las variaciones identificadas en los caracteres evaluados muestran la respuesta diferencial de las accesiones a las condiciones climáticas en las que se realizó el experimento.

2. Identificación de los factores bióticos que limitan o favorecen su cultivo como mildiú, insectos y malezas.

Se identificaron como factores bióticos limitantes para el cultivo de quinua en costa central: la enfermedad de mildiú causado por el hongo *Peronospora variabilis* “mildiu”, los insectos: *Lyriomiza huidobrensis* “mosca minadora”, el gusano pegador de brotes (*Spodoptera eridania*), la polilla de la quinua (*Spolodea recurvalis*), *Myzus persicae*, *Diabrotica sp.*, y *Liorhyssus hialynus*, las malezas de hoja ancha y angosta sobresaliendo *Nicandra phisalodes* y aves silvestres causantes de daños en el estado lechoso y pastoso del grano produciendo reducciones del rendimiento principalmente en accesiones con bajo contenido de saponina.

3. Selección preliminar de accesiones de mejor comportamiento.

Se identificaron dos accesiones del ecotipo del altiplano con el mayor número de caracteres valiosos para la quinua y su cultivo en costa. Estas accesiones son PEQPC - 2275 Rosada Taraco y PEQPC-2278 S/N A.

VI. RECOMENDACIONES

- Determinar las épocas de siembra que favorezcan al cultivo en condiciones de costa central, para determinar con mayor exactitud cómo afectan a las variables agronómicas y de calidad.
- Realizar ensayos con accesión PEQPC - 2275 Rosada Taraco en diferentes partes de la costa y sierra para observar su comportamiento frente a otras condiciones climáticas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Aragón, L. M. 1991. El mildiu en cuatro especies de *Chenopodium*. Tesis de Ing. Agr. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 72 p.
2. Apaza, W. E. 1995. Efectos de densidad y niveles de fertilidad en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en costa central. Tesis de Ing. Agr. Lima, PE. UNALM.112 p.
3. Bukasov, S.M. 1965. Las plantas cultivadas en México, Guatemala y Colombia. IICA. Publicación Miscelánea no.20. 261p.
4. Bálsamo, M. 2002. Desarrollo y evaluación de un método afrosimétrico mecánico para la determinación de saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd)”. Tesis para optar el título de Ing. en Industrias alimentarias. UNALM.
5. Barnett, A.M. 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego por goteo. Tesis de Ing. Agr. Lima, PE. UNALM. 137 p.
6. Baziled, D. 2014. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 p.
7. Chacchi, K. 2009. Demanda de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a nivel industrial. Tesis para optar el grado de Magister Sc. Lima, PE. UNALM.106p. (en línea). Disponible en: <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/07/AGR-16-34-TM.pdf>.
8. Chanini, M. 2010. Propuesta para la implementación de estrategias de control etológico para el control de aves plaga en el cultivo de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la localidad de Salcedo-Puno. Tesis M. Sc. Lima, PE. UNALM. 108 p.
9. Chuchon, E. 2015. Cálculo de demanda de agua y necesidad de riego para cultivo anual, forraje y frutal con aplicación de CROPWAT 8.0- FAO-Tambillo, Ayacucho. V Congreso Nacional-IV Congreso Iberoamericano de riego y drenaje.Expo Riegos. Consultado el 05 marzo del 2017. Disponible en http://www.lamolina.edu.pe/eventos/agricola/2015/V_congreso_agua/PDF/DIA1/PONENCIA/08.Pdf

10. Cordero, J.V; Herrera, R. 2001. La gestión del conocimiento y su tecnología. (en línea). Consultado 15 jun.2014. Disponible en www.gestiondelconocimiento.com/documentos2/olga/debatelimites. PDF de setiembre 2002.
11. Cruces, L.M., Callohuari, Y., Delgado, P.2016. Guía de identificación y control de las principales plagas que afectan a la quinua en la zona andina. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. FAO. Santiago- Chile. (en línea). Consultado 08/04/2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i5519s.pdf>.
12. Davis, J.1981. Conceptos básicos de genética de frijol. En curso intensivo de adiestramiento Postgraduado en investigación para la producción de frijol en el Perú. Centro Internacional de la papa. Lima-Perú.
13. Danielsen, S.; Ames, T. 2000. El mildiu de la quinua en la zona andina. Manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno. Centro Internacional de la papa. The royal veterinary and agricultural university. Royal Danish Ministry of Foreign affairs.
14. De La Torre, J; González, J.L; Martínez, E.2015. Efecto del fotoperiodo y la temperatura sobre la concentración de saponina en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) provenientes de tres latitudes. (en línea). ResearchGate. Consultado 06 marzo 2017. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/27801775>.
15. Delgado, P. 2012. Aves plaga del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y alternativas de control. Instituto Nacional de Innovación Agraria. (en línea). CONCYTEC. Consultado 06 marzo 2017. Disponible en http://portal.concytec.gob.pe/images/stories/images2013/agosto/quinua/presentacion_pedro_delgado_mamani.pdf.
16. Echegaray, T. 2003. Evaluación de métodos de cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de costa. Tesis para optar el título de Ing. Agr. UNALM.
17. Espindola, G.1980. Estudio de componentes directos e indirectos del rendimiento en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Tesis para optar el título de Ing. Agr., Cochabamba, Bolivia.Universidad Mayor de San Simon, 91p.
18. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO), 2012. Quinua. Disponible en <http://www.fao.org/quinoa/es/>.

19. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT), 2015. <http://faostat.fao.org/>

20. Franco, T. L.; Hidalgo, R. 2003. Análisis Estadístico de datos de caracterización Morfológica de recursos Filogenéticos. (en línea). Boletín técnico no. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89p. Consultado 28 diciembre 2016. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=B55XG3WiugC&pg=PA19&dq=distancia+euclidiana&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwies6i_n5fRAhXMdSYKHchHBiYQuwUIUDAK#v=onepage&q=distancia%20euclidiana&f=false

21. Gómez, L.; Jiménez J.; Eguiluz, A.; Aguilar, E.; Falconi, J.; Ibanez, M.; Varela, M.; Lorenzo C. 2008. Field performance of new in vitro androgenesis-derived doubled haploids of barley. *Euphytica journal*. DOI 10.1007/s10681-008-9840-0

22. Gómez, L., Aldaba, G., Ibanez, M., Argumedo, K., Lorenzo, J. 2016. Selection of new barley advanced lines considering several agricultural traits simultaneously: Comparison of two mathematical procedures. *Agricultural Science*, 1- 5 p. Disponible en http://www.todayscience.org/asarticle?paper_id=447100049.

23. Gómez, L.; Eguiluz, A. 2011. Catálogo del banco de Germoplasma de Quinoa. (*Chenopodium quinoa* Wild). Programa de cereales y granos nativos de la UNALM. Primera Edición. Ministerio del Ambiente. Lima –Perú. 183 p.

24. Gómez, L; Aguilar, E. 2016. Guía del cultivo de la quinoa. (en línea). Consultado 20 nov. 2016. Disponible en www.gestiondelconocimiento.com/documentos2/olga/debatelimites. PDF de Marzo 2016.

25. Gordon, A. 2011. Sistemas de cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.) y su efecto en el rendimiento y calidad en condiciones de verano en la Molina. Tesis de Ing. Agr. Lima, PE. UNALM. 121 páginas.

26. Hernández, B.E. 2015. Investigación de potenciales propiedades alelopáticas de dos especies de leguminosas *Calliandra carbonaria* y *Vicia faba* L. sobre malezas del cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild.). Tesis de Ing. Agr. Quito, EC. Universidad Central del Ecuador. (en línea). Consultado 16 nov. 2015. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6440/1/T-UCE-0004-28.pdf>.

27. Herrera, A. 2000. Clasificación numérica y su aplicación en la ecología. Primera ed. Santo Domingo, Instituto tecnológico de Santo Domingo. 88p. (en línea). Consultado 27 diciembre. 2016. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=1aH3Ozrly0C&pg=PA32&dq=distancia+euclidiana&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi9yZSglZPRAhXB5iYKHQrICBAQ6AEIITAB#v=onepage&q=distancia%20euclidiana&f=false>
28. Hussain, N; Muhammad, R. 2009. Genetic competition among lentil (*lens culinaris*) candidate lines for yield and yield components under rained conditions. Consultado el 15 de enero de 2017. Disponible en http://www.jar.com.pk/upload/1395915151_112_6._4231.pdf
29. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), 2015. Características morfológicas de las variedades Pasankalla y Salcedo INIA.
30. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2015. El mercado y la producción de quinua en el Perú. Lima. Consultado el 10 de diciembre de 2016. Disponible en <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2016/b3857e.pdf>.
31. Jacobsen, Sven; Risi, J. 2001. Distribución geográfica de la quinua fuera de los países andinos. Capítulo III.FAO. Santiago de Chile.
32. Jacobsen, S-E; Stephen, S.2002. Cultivo de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), Centro Internacional de la Papa (CIP) y Catholic Relief Services (CRS). Quito. Ecuador. (en línea). Consultado el 02 de enero del 2016. Disponible en https://books.google.com.br/books?id=s73gc3GcptcC&pg=PA72&lpg=PA72&dq=malezas+que+presentan+en+la+quinua&source=bl&ots=gpkYZbrNuZ&sig=VxBQS-wuCPzcvXOdsomJTpgh2CY&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj7zt_i4KXTAhXBJiYKHeYVBq8Q6AEIOzAF#v=onepage&q&f=false
33. León, R. 2014. Respuesta del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild.) línea mutante la molina 89 -77 a tres regímenes de riego, en condiciones de la molina. Tesis de Ing. Agr. Lima, PE. UNALM. 121p.

34. Lesjak, J; Calderini, D.2013. Efecto del aumento de la temperatura sobre el peso de grano de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el sur de Chile. (en línea). Escuela de graduados, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Consultado 26 de enero del 2017. Disponible en <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/2013/IV%20Congreso%20Mundial%20de%20la%20Quinoa/CD%20congreso%20quinua/AutoPlay/Docs/POSTER%20CHILE/CH%20Q%20JURKA%20LESJAK%20poster%20EFECTO%20DEL%20AUMENTO%20DE%20LA%20TEMPERATURA%20SOBRE%20EL%20PESO%20EN%20EL%20SUR%20DE%20CHILE.pdf>
35. Ministerio de agricultura y Riego – Oficina de estudios económicos y estadísticos. Direcciones Regionales y Subregionales de Agricultura. (MINAG- OEEE),2014. <http://www.minag.gob.pe/portal/herramientas/estadisticas>
36. Mendoza, Y.O. 2013. Índices catastróficos asegurables para el cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Región Puno basado en circulación atmosférica. Tesis M. Sc. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 41p.
37. Mendoza, M.S. 2012. Efecto del fotoperiodo sobre la duración de la fase vegetativa en tres accesiones chilenas de quinoa. Tesis Ing. Agr. Santiago Chile. Universidad de Chile.40 p. Consultado 15 jun. 2015. Disponible en http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111126/mendoza_m.pdf?sequence=1
38. Mercado, V.M. 2001. El mildiú de la quinoa y su transmisión por medio de semillas. Tesis Ing. Agr. Lima-Perú. UNALM. 70 p.
39. Mujica, A. 1988. Parámetros genéticos e índices de selección en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Genética. Montecillos, México. 122 p.
40. Mujica, A. 1997. Cultivo de Quinoa. INIA. Serie Manual RI, No. 1-97. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Dirección General de Investigación Agraria. Lima, Perú.130 p.
41. Mujica, A. 1977. Curso de quinoa. Lima, Perú. Ministerio de Alimentación. Instituto interamericano de ciencias agrícolas. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Fondo Simón Bolívar. 106-107p.
42. Mujica, A.; Jacobsen, S.E.; Izquierdo, J.; y Marathee, J. P. (Editores). 2001 quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.); Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro FAO. Santiago de Chile.

43. Mujica, A; Jacobsen, S; Izquierdo. 2001. Resistencia a factores adversos de la quinua. FAO. Capitulo VII. Santiago de Chile.
44. Mujica, A.; Izquierdo J; Marathee Jean-Pierre. 2001. Origen y descripción de la quinua. Capítulo I. FAO. Santiago de Chile.
45. Mullo, A.D. 2011. Respuesta del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) a tres tipos de abonos orgánicos, con tres niveles de aplicación, bajo sistema de labranza mínima, en las comunidades, Chacabamba Quishuar, provincia de Chimborazo. Tesis de Ing. Agr. Riobamba – Ecuador. Escuela superior politécnica de Chimborazo. 70 p.
46. Nieto, C.; Madera J. 1980. Evaluación agronómica y calidad farinológica de diez ecotipos de quinua. Tesis Ing. Agr. Ecuador. Universidad Central del Ecuador. 79 p. (en línea). Consultado 15 jun. 2015. Disponible en <https://books.google.com/books?id=mrkzAQAAAJ&pg=RA1PA77&dq=plagas+y+enfermedades+en+quinua+tesis&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjJu-6CwfLTAhWIZCYKHc5OCGYQ6AEIKzAC#v=onepage&q=plagas%20y%20enfermedades%20en%20quinua%20tesis&f=false>
47. Núñez, L. 1970. La agricultura prehistórica en los Andes meridionales. Universidad del Norte, Editorial Orbe.
48. PROINPA. 2014. Plagas y enfermedades de cultivo de quinua. Disponible en <http://www.ibce.org.tic/pdf/quinua>.
49. Quinoa.pe. 2013. Año Internacional un futuro sembrando hace miles de años. (en línea). Consultado 21 mar. 2017. Disponible en <http://quinua.pe/exportaciones-de-quinua-cayeron-27-en-el-2016-por-menor-produccion-costera/#>
50. Quillatupa, C.R. 2009. Caracterización de las fases fenológicas, determinación de unidades de calor y rendimiento de 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en condiciones de La Molina. Tesis Ing. Agr. Lima-Perú. UNALM. 158p.
51. Quispe, L. 2015. Evaluación de potencial de rendimiento y calidad de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) var. Pasankalla en condiciones de costa central. Tesis de Ing. Agrónomo. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 89 p.

52. Rea, J; Tapia, M. y Mujica, A. 1979. Quinoa y Kañiwua cultivos andinos. Capitulo Practicas Agronómicas. Editorial, IICA. Bogotá, CIID, Oficina Regional para la América latina.
53. Reyes, M; Gómez- Sánchez, I; Espinoza, C; Bravo, F; Ganoza, L. 2009. Tablas peruanas de composición de alimentos. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. Perú. 64p. (en línea). Disponible en <http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla%20de%20Alimentos.pdf>.
54. Reyes, E.A., Ávila, D.P. y Guevara, J.O. (2006) Componente nutricional de diferentes variedades de quinoa de la región Andina. Investigación en Ingeniería. 5. 86 -97 p. Citado por la FAO, 2013. (en línea). Disponible <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/>
55. Ríos, A M. 2010. Caracterización morfológica de 76 accesiones de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en la costa central del Perú. Tesis Ing. Agr. Lima, PE. UNALM. 150 pp.
56. Risco, A. 2014. Severidad de *Peronospora variabilis* GAUM. en *Chenopodium quinoa* Willd. “PASANKALLA” como respuesta aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes. Tesis M. Sc. Lima, PE. UNALM . 92 p.
57. Robles, J; Jacobsen, S-E; Rasmussen, C; Otazu, V; Mandujano, J. 2003. Plagas de aves en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y medidas de control en el Perú central. Valle del Mantaro, Junín. (en línea). ResearchGate. Consultado 14 marzo 2017. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Claus_Rasmussen2/publication/271214029_Plagas_de_aves_en_Quinoa_Chenopodium_quinoa_Willd_y_medidas_de_control_en_el_Peru_central/links/54c2936f0cf2911c7a493ed2/Plagas-de-aves-en-Quinoa-Chenopodium-quinoa-Willd-y-medidas-de-control-en-el-Peru-central.pdf.
58. Rodríguez, MA; Álvarez, S; Bravo, E. 2001. Coeficientes de asociación. (en línea). Libro Google. Consultado el 28 de diciembre 2016. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=hitW9gbEGwoC&pg=PA46&dq=distancia+euclidiana&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwies6i_n5fRAhXMdSYKHchHBiYQ6AEILTAD#v=onepage&q=distancia%20euclidiana&f=false.
59. Ruiz, R; Bertero, D. 2008. Light interception and radiation use efficiency in temperate quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. European Journal of Agronomy. 152 p. ResearchGate. (en línea). Consultado el 24 de diciembre 2015.

- Disponible en
https://www.researchgate.net/publication/222884579_Light_interception_and_radiation_use_efficiency_in_temperate_quinoa_Chenopodium_quinoa_Willd_cultivars
60. Salazar, S.A. 1994. Evaluación comparativa de la fenología de 20 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de Callejón de Huaylas. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, PE. UNALM. 89 p.
 61. Sánchez, M.D.R. 2015. Identificación preliminar de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con mayor eficiencia en el uso de nitrógeno. Tesis de Ing. Agrónomo. Lima, PE. UNALM. 114p.
 62. Saravia, R; Mujica, A y Canahua, A. 2001. Agronomía del cultivo de la quinua. Capítulo II.FAO. Santiago de Chile.
 63. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). 2003. Atlas de energía solar del Perú. (en línea). Consultado el 22 de oct. 2016. Disponible en www.senamhi.gob.pe/pdf/atlas_solar.pdf. PDF junio 2003.
 64. Tapia M.: Gangarillas H, Mujica A. 1979.La quinua y la kañiwa, cultivos andinos. CIID. Oficina Regional para la América Latina, Bogotá, 228p.
 65. Tapia, ME. 2000. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. FAO. Segunda edición. Santiago, Chile. 36 p.
 66. Tapia, F. 2003.Influencia de dos tecnologías de cultivo en la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* wild) en Costa". Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae. Lima, PE. UNALM. 113 p.
 67. Timaná, Gustavo. 1992. Dosis y momentos de aplicación de Cycocel y su efecto a niveles crecientes de nitrógeno en el rendimiento de quinua (Ch. quinua W). Tesis de Ing. Agr. Lima, PE. UNALM.132p.
 68. Torres, H; Minaya, I.1980. Escarificadora de quinua- diseño y construcción. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas. Lima, PE. 25p. (en línea). Disponible en https://books.google.com.br/books?id=kKbd95hcD_EC&pg=PA6&dq=color+de+grano+en+quinua&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiotKDc48DTAhXI7oMKHfICCSwQ6AEIQTAH#v=onepage&q=color%20de%20grano%20en%20quinua&f=false

69. Trinidad, R. 2017. Revista para el Desarrollo. Agro Noticias. no 433:16-27.
70. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA), National Nutrient Database for Standard Reference, Release 18. Nutrient Data Laboratory 2005. Base de datos en Internet. Washington DC: USDA/ARS.2005. (en línea). Disponible en: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>.
71. Yang, A., Akhtar, S.S., Amjad, M., Iqbal, S., Jacobsen, S.-E. 2016. Growth and Physiological Responses of Quinoa to Drought and Temperature Stress. J Agro Crop 202 (2016) 445–453
72. Valencia, W.D.2015. Evaluación de la aclimatación de cinco variedades de *Chenopodium quinoa* Willd en el caserío la Victoria, distrito Cachicadán, provincia Santiago de Chuco – La Libertad. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional de Trujillo.101p

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Fases fenológicas de la quinua y periodos susceptibles al clima.

Fase fenológica	Helada	Sequía	Inundación	Viento	Humedad	Altas temperaturas	granizo	nevada
Emergencia		x	x	X				
Dos hojas verdaderas		X	x	x				
Cuatro hojas verdaderas		x	x	X				
Seis hojas verdaderas	<- 5.3 °C		X	X				
Ramificación	<- 10.0 °C		X	x				
Inicio de panojamiento	x		x	x				
panojamiento	x							
Inicio de floración	X	x						
Floración	X	X	x	X	x	x	x	X
Grano lechoso	X	X	X	x			X	x
Grano pastoso	x	x	x	X	X		x	X
Madurez fisiológica			X	x	x		x	x

X: “ Es susceptible a”. Fuente: Vega, 2011.

Anexo 2. Resultados de estudios con diferentes variedades de quinua en condiciones de Costa Central.

Año	Variedad	Localidad	Temporada	Campaña	Rendimiento (kg/ha)	Plagas, enfermedades y malezas encontradas	Altura	Temperatura grados	humedad	Autor
1987	Variedad la Molina 89	Lima -La Molina	Primavera-verano	Octubre-Febrero	2890	Diabrotica(masticador de hoja) y pulgones (incremento en la sexta semana), primeros estadios mildiu	129.81 cm	octubre 17.5 - 23.1 febr	88 - 83	Timana Serrato Gustavo
1991	Blanca de Junin y La Molina 89	Lima -La Molina	Primavera-verano	Setiembre-Febrero	2741 kg la molina 89 no llevo formar granos	Lyriomiza huidrensis, Prodenia eridania, aves en la fase de llenado y secado	182.83 - 130.75	16.3 - 22.1	84-78	Apaza tapia Walter
2001	Variedad la Molina 89 y Variedad Amarilla de Marangani	Lima -La Molina	verano-otono	Febrero - junio	970.2- 1010.7	Presencia de Prodenia eridania, Mildiu y aves en llenado de granos.	129.5- 122.9	24.4 - 15.6		Echegaray Buezo Tania
2001	Amarilla de marangani y La Molina 88	Lima -La Molina	verano-otono	Enero Junio	995 - 1360 rendimientos bajos comparados a los informadas por Apaza	Diabrotica sp y Myzus persicae (primeros estadios) control de mildiu hubo mayor daño a traves de las enfermedades por la alta humedad que hubo en estadios maduros. Presencia de grama china, coquito, verdolaga, yuyo capuli cimarron	138.1 - 143.9	25.4- 15.6		
2002	Rosada de Huancayo, Blanca de Hualhuas, La Molina 89	Lima -La Molina	primavera-otono	Noviembre - Abril	626.1 kg/ha, 708 kg/ha y 6324.3 kg/ha	Spolodea recurvalis, Spodoptera eridania, No se presentó Lyriomiza, thrips, aranita roja y aves.	137.9 ,145.3, 165.15 cm	22.7- 29.3	79 - 85	Barnett Malpartida Abel
2006	76 accesiones de quinua (Chulpe gigante)	Lima -La Molina	verano-invierno	Febrero - Setiembre	89 g	Spodoptera, Agrotis y pudricion radicular	132			Rios Chiri Angela Maria
2009	16 genotipos (Puno 1,2, 3 y 4)	Lima -La Molina	primavera-otono	Octubre-Mayo	3863.33 kg/ha,2736.67 kg/ha,3418.33 y 2923.33 kg/ha	Presencia de Lyriomiza, Spodoptera eridania, Spolodea recurvalis,Phoma exigua y Peronospora farinosa.	202, 200, 208	20 - 30	71 - 87	Quillatupa Astete Carlos
2011	Pasankalla	Lima -La Molina	primavera-otono	Octubre-Mayo	1662.11 kg/ha	Spodoptera eridania, Prodenia eridania, Eurysacca quinoae	122.33	15.4 - 23.5	71 - 87	Gordon Villena Alexander
2013	Rosada de Huancayo y Puno (3 accesiones) , 21 accesiones	Lima -La Molina	Primavera-verano	Octubre-Febrero	19,30 - 311.60 PUNO, 1007.30 PEQPC - 357 / CUZCO	Spodoptera eridania, Lyriomyza Huidobrensis, Thrips y aves , Peronospora farinosa y Rhyzoctonia solani	1.45 m - 1.48 PUNO, 1.66 m PEQPC - 648 Cuzco	16.6 - 24. 3	92,74 - 60, 86	Mendoza Soto Vanessa

Anexo 3. Valores máximos y mínimos de cada accesión ecotipo del altiplano por cada variable en estudio.

MIN	Material Genético	Rendimiento (kg/ha)	Días al 50% Floración (días)	Días a la Madurez (días)	Altura de planta (cm)	IC (por ciento)	Biomasa (Kg/ha)	% proteína	% saponina	% humedad	Peso de mil granos (g)	Daño por Mildiu (%)
1	PEQPC-2280 S/N C	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
2	PEQPC-2283 Blanca de Juli	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
3	PEQPC- 2284 Kancolla	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
4	PEQPC- 2285 Kamere	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
5	PEQPC-2286 Ecotipo Bebe	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
6	INIA SALCEDO (testigo)	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
7	PEQPC- 2288 Chochito Bolivariano	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
8	PEQPC- 2289 Marangani	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
9	PEQPC- 2276 Toledo Blanca	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
10	PEQPC- 2274 Negra Callena	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
11	PEQPC - 2275 Rosada Taraco	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
12	PEQPC-2278 S/N A	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
13	PEQPC-2279 S/N B	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
14	PEQPC-2273 S/N E	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
15	PEQPC-2282 S/N F	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
16	PEQPC- 2287 S/N IS	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
17	Pasankalla (tesitgo)	346.15	40.00	74.00	46.67	0.03	0.78	8.85	0.00	10.90	1.53	7.50
MAX	Material Genético											
1	PEQPC-2280 S/N C	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
2	PEQPC-2283 Blanca de Juli	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
3	PEQPC- 2284 Kancolla	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
4	PEQPC- 2285 Kamere	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
5	PEQPC-2286 Ecotipo Bebe	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
6	INIA SALCEDO (testigo)	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
7	PEQPC- 2288 Chochito Bolivariano	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
8	PEQPC- 2289 Marangani	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
9	PEQPC- 2276 Toledo Blanca	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
10	PEQPC- 2274 Negra Callena	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
11	PEQPC - 2275 Rosada Taraco	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
12	PEQPC-2278 S/N A	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
13	PEQPC-2279 S/N B	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
14	PEQPC-2273 S/N E	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
15	PEQPC-2282 S/N F	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
16	PEQPC- 2287 S/N IS	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50
17	Pasankalla (tesitgo)	2851.56	71.00	132.33	202.78	0.33	9.47	17.97	1.48	11.67	3.87	57.50

Anexo 4. Estandarización de los valores de cada accesión ecotipo del altiplano por cada variable en estudio.

Rendimiento (kg/ha)	Días al 50% Floración (días)	Días a la Madurez (días)	Altura de planta (cm)	IC (por ciento)	Biomasa (Kg/ha)	% proteína	% saponina	% humedad	Peso de mil granos (g)	Daño por Mildiu (%)	Peso de mil granos (g)	Daño por Mildiu (%)
1	PEQPC-2280 S/N C	0.81446449	0.23655914	0.37142857	0.41850832	0.80181336	0.50479846	0.29568713	0	0	0.94285714	0.25
2	PEQPC-2283 Blanca de Juli	0.8004324	0.27956989	0.26285714	0.40162919	0.76691769	0.6890595	0.4872076	0.50561798	0.7826087	0.85714286	0.2166
3	PEQPC- 2284 Kancolla	0.71312157	0.29032258	0.33714286	0.38400273	0.92103586	0.40882917	0.41081871	0.05617978	0.17391304	0.65714286	0.3334
4	PEQPC- 2285 Kamere	0.56656411	0.29032258	0.20571429	0.32812333	0.97847154	0.35508637	0.75694444	0.33707865	0.7826087	0.97142857	0.4166
5	PEQPC-2286 Ecotipo Bebe	0.66167055	0.31182796	0.33714286	0.31866419	0.91372575	0.36660269	0.70138889	0.62696629	0.69565217	0.68571429	0.4
6	INIA SALCEDO (testigo)	0.71312157	0.38709677	0.36	0.36013068	0.912195	0.38963532	0.68640351	0.72359551	0.73913043	0.82857143	0.3166
7	PEQPC- 2288 Chochito Bolivariano	0.69285299	0.29032258	0.26285714	0.49563342	1	0.42034549	0.67982456	0.76629213	0.69565217	0.85714286	0.5
8	PEQPC- 2289 Marangani	0.78795942	0.56989247	0.4	0.42897102	0.84338126	0.59309021	0.80116959	0.08539326	0.73913043	0.97142857	0.2
9	PEQPC- 2276 Toledo Blanca	0.67882089	0.39784946	0.37142857	0.44626652	0.88307601	0.37428023	1	0.66516854	0.39130435	0.77142857	0.45
10	PEQPC- 2274 Negra Callena	0.60242391	0.15053763	0.26857143	0.28548246	0.79350346	0.36660269	0.41885965	0.48764045	0.26086957	0.28571429	0.2166
11	PEQPC - 2275 Rosada Taraco	1	0.33333333	0.37142857	0.4612773	0.67604641	0.7428023	0.73135965	0.11011236	0.65217391	0.8	0
12	PEQPC-2278 S/N A	0.89605854	0.29032258	0.26857143	0.33630133	0.84713734	0.57773512	0.67214912	0.11011236	0.56521739	0.71428571	0.4566
13	PEQPC-2279 S/N B	0.43871612	0.60215054	0.70285714	0.70712959	0.23641224	0.9731286	0	0.8988764	0	0.37142857	0.5834
14	PEQPC-2273 S/N E	0.14965491	1	1	1	0	1	0.01425439	0.76404494	0.43478261	0	0.6834
15	PEQPC-2282 S/N F	0.74898137	0.20430108	0.26285714	0.50073666	0.65991458	0.50863724	0.32383041	0.0247191	1	1	0.4166
16	PEQPC- 2287 S/N IS	0	0	0	0	0.82392508	0	0.82675439	1	0.56521739	0.71428571	1
17	Pasankalla (tesitgo)	0.58319474	0.33333333	0.26857143	0.49571883	0.74807501	0.45105566	0.30336257	0	0	0.94285714	0.3166

Anexo 5. Fórmula y cálculo de la distancia Euclidiana por cada accesión del ecotipo del altiplano por cada variable en estudio.

After standardization of data, the Euclidian distance to the expert criteria was calculated for each genotype and replicate, according to:

$$\text{Euclidean distance to the expert criteria} = \sqrt{\left(\text{Yield} - \text{Expert criterion for best yield}\right)^2 + \left(\text{Plant height} - \text{Expert criterion for best plant height}\right)^2 + \left(\text{No. of days to flowering} - \text{Expert criterion for best no. of days to flowering}\right)^2 + \left(\text{No. of days to maturity} - \text{Expert criterion for best no. of days to maturity}\right)^2 + \left(\text{Coefficient of infection with } A. \text{solitaria s. sp. hordei} - \text{Expert criterion for best coefficient of infection with } A. \text{solitaria s. sp. hordei}\right)^2 + \left(\text{Grain protein content} - \text{Expert criterion for best grain protein content}\right)^2 + \left(\text{Mass of 1000 grains} - \text{Expert criterion for best mass of 1000 grains}\right)^2 + \left(\text{Hectoliter mass} - \text{Expert criterion for best hectoliter mass}\right)^2}$$

Fuente: Gómez, *et al.*, 2008

	Material genético	Rendimiento (kg/ha)	Días al 50% Floración (días)	Días a la Madurez (días)	Altura de planta (cm)	IC (por ciento)	Biomasa (Kg/ha)	% proteína	% saponina	% humedad	Peso de mil granos (g)	Daño por Mildiu (%)
1	PEQPC-2280 S/N C	0.03442342	0.05596023	0.13795918	0.17514921	0.03927794	0.24522456	0.49605661	0	0	0.00326531	0.0625
2	PEQPC-2283 Blanca de Juli	0.03982723	0.07815932	0.06909388	0.16130601	0.05432736	0.09668399	0.26295604	0.25564954	0.61247637	0.02040816	0.04691556
3	PEQPC- 2284 Kancolla	0.08229923	0.0842872	0.11366531	0.1474581	0.00623534	0.34948294	0.34713459	0.00315617	0.03024575	0.11755102	0.11115556
4	PEQPC- 2285 Kamere	0.18786667	0.0842872	0.04231837	0.10766492	0.00046347	0.41591359	0.059076	0.11362202	0.61247637	0.00081633	0.17355556
5	PEQPC-2286 Ecotipo Bebe	0.11446682	0.09723667	0.11366531	0.10154687	0.00744325	0.40119216	0.0891686	0.39308673	0.48393195	0.09877551	0.16
6	INIA SALCEDO (testigo)	0.08229923	0.14984391	0.1296	0.1296941	0.00770972	0.37254505	0.09834276	0.52359046	0.5463138	0.02938776	0.10023556
7	PEQPC- 2288 Chochito Bolivariano	0.09433929	0.0842872	0.06909388	0.24565249	0	0.33599935	0.10251231	0.58720364	0.48393195	0.02040816	0.25
8	PEQPC- 2289 Marangani	0.04496121	0.32477743	0.16	0.18401614	0.02452943	0.16557558	0.03953353	0.00729201	0.5463138	0.00081633	0.04
9	PEQPC- 2276 Toledo Blanca	0.10315602	0.15828419	0.13795918	0.19915381	0.01367122	0.39152523	0	0.44244919	0.15311909	0.0522449	0.2025
10	PEQPC- 2274 Negra Callena	0.15806674	0.02266158	0.07213061	0.08150023	0.04264082	0.40119216	0.33772411	0.23779321	0.06805293	0.51020408	0.04691556
11	PEQPC - 2275 Rosada Taraco	0	0.11111111	0.13795918	0.21277675	0.10494593	0.06615066	0.07216764	0.01212473	0.42533081	0.04	0
12	PEQPC-2278 S/N A	0.01080383	0.0842872	0.07213061	0.11309858	0.02336699	0.17830762	0.1074862	0.01212473	0.3194707	0.08163265	0.20848356
13	PEQPC-2279 S/N B	0.3150396	0.36258527	0.49400816	0.50003225	0.58306626	0.00072207	1	0.80797879	0	0.39510204	0.34035556
14	PEQPC-2273 S/N E	0.72308676	1	1	1	1	0	0.97169442	0.58376468	0.18903592	1	0.46703556
15	PEQPC-2282 S/N F	0.06301035	0.04173893	0.06909388	0.2507372	0.11565809	0.24143737	0.45720532	0.00061103	1	0	0.17355556
16	PEQPC- 2287 S/N IS	1	0	0	0	0.03100238	1	0.03001404	1	0.3194707	0.08163265	1
17	Pasankalla (tesitgo)	0.17372662	0.11111111	0.07213061	0.24573716	0.0634662	0.30133989	0.4853037	0	0	0.00326531	0.10023556