

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN AGRONÓMICA E ÍNDICE DE EXPANSIÓN DEL
GRANO TOSTADO O “POP” EN LÍNEAS DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Deysi Honorio Villca

LA PAZ – BOLIVIA

2023

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**“EVALUACIÓN AGRONÓMICA E ÍNDICE DE EXPANSIÓN DEL GRANO
TOSTADO O “POP” EN LÍNEAS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)”**

Tesis de grado presentada como requisito
parcial para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

DEYSI HONORIO VILLCA

ASESOR

Ing. Ph.D. Alejandro Bonifacio Flores

TRIBUNAL REVISOR

Ing. Rene Calatayud Valdez

Ing. Limbert Telesforo Laura Huanca

Ing. M.Sc. Paulino Ruiz Huanca

APROBADO

Presidente Tribunal Examinador

2023

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por haber permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

Dedico este trabajo de investigación a mi amada familia: a mis padres Ricardo Honorio Mayta, Carmen Villca, por poner en mí toda su fe, confianza, y por los ejemplos de perseverancia quienes me inculcaron valores inquebrantables que aprendí, para ser una mejor persona tanto en la vida personal y profesional.

A mis hermanos Diego Honorio Villca, Hortencia Honorio Villca y Wilma Honorio Villca, por su apoyo y estar presente en cada momento.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, a los docentes por haberme formado como profesional.

A la Fundación PROINPA por haberme aceptado y facilitado de realizar el trabajo de investigación en el Centro de Investigación K´iphak´iphani.

A mi asesor Ing. Ph. D. Alejandro BONIFACIO FLORES por haberme brindado su apoyo, paciencia, confianza y asesoramiento en el desarrollo de la presente investigación.

A los miembros del Comité Revisor: al Ing. M.Sc. Paulino RUIZ HUANCA, Ing. Rene CALATAYUD VALDEZ, Ing. Limbert Telesforo LAURA HUANCA por las correcciones y sugerencias realizadas en la investigación.

A los profesionales que trabajan en el Centro de Investigación K´iphak´iphani al: Tec. Sup. Miriam ALCÓN, Ing. Fernando PEÑASCO VARGAS por brindarme el apoyo incondicional y sugerencias durante el proceso de investigación.

A mis compañeras tesisistas: Silvia CONDORI APANQUI, Ruth Marlene QUISPE, Jeanette CHOQUE, quienes me acompañaron en el transcurso del trabajo de investigación.

A mis compañeros de la Facultad de Agronomía – UMSA por la amistad durante mi formación profesional.

CONTENIDO

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice General	iv
Índice de Tablas	viii
Índice de Figuras	ix
Índice de Anexos	x
Resumen.....	xi
Summary	xii

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
2.3. Hipótesis	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. Origen de la quinua	3
3.2. Domesticación.....	4
3.3. Distribución geográfica.....	4
3.4. Producción de quinua en Bolivia	5
3.4.1. Cadena productiva de la quinua	6
3.5. Clasificación taxonómica.....	6
3.6. Descripción botánica	7
3.7. Fases fenológicas	9

3.7.1.	Fase cotiledonal.....	9
3.7.2.	Dos hojas verdaderas.....	9
3.7.3.	Cuatro hojas verdaderas	10
3.7.4.	Seis hojas verdaderas	10
3.7.5.	Ramificación	10
3.7.6.	Inicio de panojamiento.....	10
3.7.7.	Panojamiento.....	10
3.7.8.	Inicio de floración.....	10
3.7.9.	Floración o antesis.....	10
3.7.10.	Grano lechoso	11
3.7.11.	Grano pastoso	11
3.7.12.	Madurez fisiológica	11
3.8.	Sanidad	11
3.8.1.	Plagas.....	11
3.8.2.	Enfermedades	14
3.9.	Cosecha y postcosecha	14
3.10.	Características del grano de quinua	16
3.10.1.	Forma del grano	17
3.10.2.	Diámetro del grano	17
3.10.3.	Almidón.....	17
3.10.4.	Peso hectolítrico	19
3.11.	Formas de consumo de la quinua.....	19
3.12.	Industrialización	20
3.13.	Valor nutricional de la quinua.....	21

3.14.	Alternativas para la transformación del grano de quinua	22
3.15.	Características de la quinua Pisankalla	23
3.16.	Expandido de quinua (Pisankalla).....	23
3.17.	Procesos tecnológicos de los expandidos de quinua.....	24
3.18.	Parámetros de calidad de los expandidos	25
3.18.1.	Humedad	25
3.18.2.	Presión	26
3.18.3.	Tiempo de reposo.....	27
3.18.4.	Índice de expansión.....	27
3.18.5.	Pérdidas de nutrientes del proceso de expandido	27
3.19.	Fragilidad del germen de la quinua	28
3.20.	Descripción del grano tostado de la quinua	28
4.	LOCALIZACIÓN	29
4.1.	Ubicación geográfica.....	29
4.2.	Características generales de la zona de estudio.....	30
4.2.1.	Clima	30
4.2.2.	Vegetación.....	30
4.2.3.	Suelo	30
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
5.1.	Materiales.....	30
5.1.1.	Material biológico.....	30
5.1.2.	Material y equipo de campo.....	31
5.1.3.	Material de laboratorio	31
5.1.4.	Material de gabinete	32

5.1.5.	Material de cocina.....	32
5.2.	Metodología	32
5.2.1.	Procedimiento y labores culturales.....	32
5.2.2.	Metodología experimental	34
5.3.	Variables de respuesta.....	35
5.3.1.	Variables de la planta	35
5.3.2.	Determinación del índice de cosecha y rendimiento.....	36
5.3.3.	Evaluación del grano tostado o pop de quinua	36
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
6.1.	Variables de la planta.....	37
6.1.1.	Altura de planta.....	37
6.1.2.	Peso de planta.....	39
6.1.3.	Diámetro de tallo.....	40
6.2.	Tamaño de panoja en la etapa de cosecha	41
6.2.1.	Diámetro de panoja	41
6.2.2.	Longitud de panoja	43
6.3.	Determinación del índice de cosecha y rendimiento	44
6.3.1.	Índice de cosecha.....	44
6.3.2.	Peso de grano por planta	46
6.4.	Características del grano	47
6.4.1.	Diámetro del grano	47
6.4.2.	Peso hectolítrico del grano	49
6.5.	Evaluación del grano tostado o pop de quinua	50
6.5.1.	Volumen de expansión	50

6.5.2. Índice de expansión.....	51
7. CONCLUSIONES	54
8. RECOMENDACIÓN.....	55
9. BIBLIOGRAFÍA.....	56
10. ANEXO	66

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Comparación del incremento de tamaño después del expandido	18
Tabla 2. Características de valor nutritivo	21
Tabla 3. Análisis bromatológico de las pipocas de amaranto.....	24
Tabla 4. Determinación de la humedad óptima del proceso de expandido	26
Tabla 5. Determinación de la presión óptima del proceso de expandido	26
Tabla 6. Determinación del tiempo de reposo óptimo del proceso de expandido	27
Tabla 7. Pérdida de nutrientes en el proceso de expandido de quinua.....	28
Tabla 8. Características del expandido de pop de quinua.....	29
Tabla 9. Características del material biológico	31
Tabla 10. Análisis de varianza para altura de planta.....	38
Tabla 11. Análisis de varianza para peso de planta	39
Tabla 12. Análisis de varianza para diámetro de tallo	40
Tabla 13. Análisis de varianza para diámetro de panoja	42
Tabla 14. Análisis de varianza para longitud de panoja	43
Tabla 15. Análisis de varianza para índice de cosecha.....	45
Tabla 16. Análisis de varianza para peso de grano por planta.....	46
Tabla 17. Análisis de varianza para diámetro de grano	48

Tabla 18. Análisis de varianza para peso hectolítrico del grano.....	49
Tabla 19. Análisis de varianza para volumen de expansión.....	50
Tabla 20. Análisis de varianza para índice de expansión.....	52

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Formas de Inflorescencia: A) Amarantiforme B) Glomerulado	8
Figura 2. Formas de Grano de la Quinoa: 1. Lenticular 2. Cilíndrica 3. Elipsoide 4. Cónica	17
Figura 3. Ubicación del Área de Estudio	29
Figura 4. Croquis de la Parcela Experimental	35
Figura 5. Representación gráfica de la prueba Duncan para altura de planta	38
Figura 6. Representación gráfica de la prueba Duncan para peso de planta.....	40
Figura 7. Representación gráfica de la prueba de Duncan para diámetro de tallo....	41
Figura 8. Representación gráfica de la prueba de Duncan para diámetro de panoja	42
Figura 9. Representación gráfica de la prueba Duncan para longitud de panoja	44
Figura 10. Representación gráfica de la prueba Duncan para índice de cosecha	45
Figura 11. Representación gráfica de la prueba Duncan para peso de grano	47
Figura 12. Representación gráfica de la prueba Duncan para diámetro de grano	48
Figura 13. Representación gráfica de la prueba Duncan para peso hectolítrico	49
Figura 14. Representación gráfica de la prueba Duncan para volumen de expansión	51
Figura 15. Representación gráfica de la prueba Duncan para índice de expansión .	52

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Datos registrados de las variables de estudio.....	66
Anexo 2. Análisis de varianza de las variables de estudio	67
Anexo 3. Parcela de estudio de la Líneas de quinua	68
Anexo 4. Pesaje de muestras individuales	68
Anexo 5. Cosecha de Líneas de quinua.....	68
Anexo 6. Medición de longitud y diámetro de panoja	68
Anexo 7. Medición de diámetro de grano	68
Anexo 8. Determinación del peso hectolítrico	68
Anexo 9. Preparación de la muestra para tostado o pop	68
Anexo 10. Hidratación o acondicionamiento de los granos.....	68
Anexo 11. Tiempo de reposo	68
Anexo 12. Precalentamiento de la olla de arcilla o <i>jiwk'í</i> y tostado	68
Anexo 13. Expansión de las Líneas de quinua pisankalla.....	68
Anexo 14. Volumen e índice de expansión del grano tostado.....	68

RESUMEN

En los últimos años ha incrementado la demanda de productos agroindustriales de la quinua, principalmente por su valor nutricional para el consumo humano, por lo que surge la necesidad de agregar valor a la materia prima (grano). En el Centro Experimental de K'hipak'hipani dependiente de la Fundación PROINPA, localizado en el municipio de Viacha, provincia Ingavi del Departamento de La Paz, durante la campaña agrícola 2020 - 2021 se llevó a cabo el trabajo de investigación titulado "Evaluación agronómica e índice de expansión del grano tostado o "pop" en Líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)". Los objetivos del trabajo de investigación fueron evaluar las características agronómicas de las Líneas de quinua Pisankalla y determinar el índice de expansión del grano tostado o pop.

Se estudiaron 11 Líneas de quinua Pisankalla para determinar las características agronómicas, para ello se tomaron las siguientes variables: altura de planta, diámetro de panoja, longitud de panoja, diámetro de grano, peso hectolítrico y rendimiento por planta.

Para seleccionar las mejores Líneas que tienen mejor respuesta en el tostado, se evaluaron el volumen de expansión e índice de expansión como variables de respuesta en la elaboración del expandido de quinua Pisankalla como se conoce localmente.

En los resultados de las variables agronómicas, algunas variables registraron diferencias significativas como en peso de planta, diámetro de tallo y rendimiento, destacándose la Línea 4 y la Línea 1 por la mayor cantidad de producción de grano, en cambio, la Línea 3 registró valores mínimos en cuanto a las variables agronómicas.

En las pruebas de tostado, las Líneas 2 y 3 fueron las que registraron mayor volumen de expansión y la Línea 5 fue uno de los tratamientos que registró menor volumen de expansión.

En conclusión, las líneas 4 y 1 sobresalen en características agronómicas y en rendimiento, mientras en el a volumen de expansión e índice de expansión, se determinó que los valores más altos corresponden a las Líneas 2 y 3. Estos resultados de evaluación de Líneas de quinua ofrecen oportunidad para seleccionar por sus características agroindustriales.

SUMMARY

In recent years, the demand for agroindustrial quinoa products has increased, mainly due to its nutritional value for human consumption, which is why the need arises to add value to the raw material (grain). At the K'hipak'hipani Experimental Center dependent on the PROINPA Foundation, located in the municipality of Viacha, Ingavi province of the Department of La Paz, during the 2020 - 2021 agricultural campaign, the research work titled "Agronomic evaluation" was carried out. and toasted grain expansion index or "pop" in quinoa lines (*Chenopodium quinoa* Willd.). The objectives of the research work were to evaluate the agronomic characteristics of the Pisankalla quinoa lines and determine the expansion index of the roasted grain or pop.

11 Pisankalla quinoa lines were studied to determine the agronomic characteristics, for this the following variables were taken: plant height, panicle diameter, panicle length, grain diameter, hectoliter weight and yield per plant.

To select the best Lines that have the best response in roasting, the expansion volume and expansion index were evaluated as response variables in the preparation of the Pisankalla quinoa expanded as it is known locally.

In the results of the agronomic variables, some variables recorded significant differences such as plant weight, stem diameter and yield, with Line 4 and Line 1 standing out for the greatest amount of grain production, however, Line 3 recorded values minimum in terms of agronomic variables.

In the roasting tests, Lines 2 and 3 were those that registered the highest volume of expansion and Line 5 was one of the treatments that registered the lowest volume of expansion.

In conclusion, lines 4 and 1 stand out in agronomic characteristics and performance, while in the expansion volume and expansion index, it was determined that the highest values correspond to Lines 2 and 3. These evaluation results of Lines Quinoa offer the opportunity to select for its agroindustrial characteristics.

1. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) presenta gran diversidad en características agronómicas como en color y textura del grano, por lo que se constituye en el recurso vegetal para la seguridad alimentaria de la población rural y urbana.

El grano de quinua es un alimento de alto valor nutricional, debido al porcentaje de proteína y con una gran potencialidad en la agroindustria, esto nos permite consumir en diferentes presentaciones.

La quinua, cañahua y amaranto son especies reconocidas por su elevado valor nutricional debido a la calidad de proteína, las combinaciones adecuadas de aminoácidos esenciales que compone, ayuda a las madres gestantes - lactantes, mantener, reponer y formar los músculos del cuerpo, desarrollo de la inteligencia y favoreciendo el crecimiento, además proporciona al organismo de minerales como: calcio, fósforo y hierro (Pinto *et al.* 2010). Como fuente de proteína vegetal, Rojas *et al.* (2010) mencionan que, los granos andinos ayudan al desarrollo y fortalecimiento del organismo, conservando el calor y energía del cuerpo, además tienen la facilidad de ser digerido y también de ser combinado con otros alimentos, formando una dieta completa y balanceada que permite sustituir a alimentos de origen animal.

La quinua posee una diversidad genética que expresa en colores en la planta y semilla (blanco, amarillo, crema, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café claro y café negro), inflorescencia, formas de planta, valor nutritivo y ciclo del cultivo; las cuales la convierten un cultivo con potencial para producir alimentos de alta calidad. Este conocimiento e información que contempla la diversidad genética, debe ser utilizado y aprovechado aún más las bondades que proporciona la quinua y particularmente en la industria (Rojas *et al.* 2014).

En los últimos años se han iniciado con la transformación y exportación de productos y derivados a base de quinua, los productos son elaborados con quinua mezclada (diferentes variedades) y por ello en la agroindustria no es posible alcanzar la calidad similar entre uno y otro preparado del producto. En consideración a lo indicado, es importante estudiar la calidad industrial que brinda la diversidad genética de la quinua (Rojas *et al.* 2014).

La calidad industrial se refiere a las propiedades físicas y químicas del grano de quinua. En ese sentido las variedades brindan diferentes características, ya sea para: harina, hojuelas, pastas, pop entre otros usos y la calidad adecuada para cada proceso depende de la variedad (Bonifacio *et al.* 2014).

En la colección de quinua boliviana Rojas *et al.* (2014), ha caracterizado 66 colores de granos y cuatro formas por su aspecto del endosperma, con el fin de incrementar la diversidad de productos transformados a base de quinua. Bonifacio *et al.* (2014) señalan que, en este contexto PROINPA ha encarado la generación de variedades orientada a las siguientes prioridades: variedades precoces de grano grande (Altiplano Sur), variedades precoces de grano grande y con resistencia al mildiu (Altiplano Centro), variedades con resistencia al mildiu (Altiplano Norte y Valles) variedades amargas (con saponina) y dulces (libre de saponina) y variedades aptas para la agroindustria.

La diversidad de colores del grano, tiene relación con el uso culinario y tradicional, por ejemplo, los granos de color blanco se emplean en forma similar al arroz o son transformados en harina, en cambio los granos negros, café y rojo se emplean para tostado o “pop” para luego ser manufacturado para el consumidor final.

En el Centro de investigaciones K´iphak´iphani se han seleccionado Líneas de quinua Pisankalla por su aptitud de uso en pop. Este material genético requiere de la evaluación agronómica que favorecería al cultivo y las características agroindustriales para dar valor agregado a la materia prima que es el grano de quinua.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar las características agronómicas e índice de expansión del grano tostado o “pop” en Líneas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar las principales características agronómicas de 11 Líneas de grano tipo Pisankalla en la fase de madurez.
- Determinar el índice de cosecha y el peso de grano de las Líneas de quinua.
- Evaluar el peso hectolítrico del grano de las Líneas de quinua.

- Determinar el índice de expansión del grano tostado o pop de quinua.

2.3. Hipótesis

Ho: Las principales características agronómicas de las 11 Líneas de grano de tipo Pisankalla son similares.

Ho: El índice de expansión del grano tostado o pop de quinua no presenta variaciones significativas.

Ha: Al menos en una de las principales características agronómicas de las 11 Líneas de grano es diferente en el tipo de Pisankalla.

Ha: El índice de expansión del grano tostado o pop es diferente en al menos en una de las Líneas de quinua Pisankalla.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Origen de la quinua

El origen de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) aún presenta una complejidad, especialmente debido a que están involucradas muchas posibilidades. Debido a su variabilidad genética puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y por tal una diversificación múltiple (Mujica *et al.* 2004).

Se registraron importantes hallazgos arqueológicos que los granos andinos eran abundantemente consumidos en épocas prehispanicas. Towle, citado por Tapia (2022) menciona que, se han encontrado varios hallazgos de quinua compuesta de semillas en diversas regiones del Perú y las zonas costeras de Arica, Chile. El descubrimiento más antiguo de quinua, que se encuentra en un avanzado estado de domesticación, tuvo lugar en Bolivia. De acuerdo con Gandarillas (1979) la mayor variación de quinuas cultivadas se encuentra alrededor del lago Titicaca.

Babot (2011), mediante análisis de granos de almidón encontrados en los artefactos de molienda en Antofagasta de la Sierra (Puna Meridional de Argentina), encontró granos de almidón de papa silvestre, de semilla de *aff. Chenopodium quinoa*, *Ch. pallidicaule* entre otras en el lapso comprendido entre 5000 a 4500 a.C.

3.2. Domesticación

Planella (2014) menciona que, se desconoce exactamente dónde y cuándo fue domesticado, pero se sabe que fue domesticado en América del Sur, independientemente de México (*Chenopodium berlandieri* spp *nuttalliae*) y Estados Unidos (*Chenopodium berlandieri* spp *jonesianum*). En la domesticación ocurrió cambios morfológicos en la planta y en los frutos. Estos cambios son: la compactación de la infrutescencia, la pérdida de mecanismo de dehiscencia y la uniformidad en la maduración de los frutos y cambios que facilitan su producción siendo la mayor evidencia el cambio en el diámetro del grano (Mujica, citado por Planella 2014).

Uno de los cambios es la disminución en el grosor del episperma o testa que recubre el embrión y al perisperma en la semilla, lo que lleva a la germinación inmediata. En las formas domesticadas se produce una pigmentación que tiende a un color más claro debido a la reducción de la lignificación en la epidermis (Planella 2014).

3.3. Distribución geográfica

Troll, citado por Tapia (2022) se propuso dividir los Andes en cadenas norteñas "más verdes" y más húmedas; Los Andes centrales se encuentran en la zona "amarilla" o semihúmeda, mientras que los Andes del sur se encuentran en la zona "marrón" más seca. Los Andes septentrionales o del norte ubicadas desde el sur de Colombia, Ecuador, recorriendo hasta el norte de Perú, los Andes centrales desde el centro del Perú al altiplano llegando a los alrededores del lago Titicaca y los Andes meridionales o del Sur, desde el sur de Bolivia hasta el norte de Argentina y Chile. En los Andes centrales y del sur, también una de las regiones con mayor diversidad de especies nativas, conocimiento y tradiciones han preservado y concentrado la mayor diversidad genética de este tipo de cultivos como la quinua.

Para el cultivo de quinua Rojas *et al.* (2010), presenta las siguientes zonas de producción:

- En **Colombia** la quinua se cultiva en el departamento de Nariño, en las localidades de Ipiales, Puesres, Contadero, Córdova, San Juan, Mocondino y Pasto.

- En **Ecuador** el cultivo de la quinua ha persistido gracias al ardua labor de los campesinos del área de Carchi, Imbaburo, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Loja.
- En el **Perú** se destacan las zonas de Cajamarca, Callejón de Huayllas, Valles del Mantaro, Andahuayllas, Cusco y Puno.
- En **Bolivia** en el altiplano de La Paz, Oruro, Potosí y en los vales interandinos de Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Tarija.
- En **Chile** en el altiplano chileno (Isluja e Iquique) y Concepción.
- En **Argentina** se cultivan en la Puna en pequeñas áreas de unos 100 a 1000 m² en las tierras altas de Jujuy y Salta en el norte.

La especie ha tenido la mayor distribución geográfica en el continente americano desde el último tercio del siglo XX, extendiéndose desde la región andina hasta otros países de América del Sur. Con el tiempo, fue distribuido a Centroamérica (México y Guatemala) con fines de investigación y luego puesto en producción. En Estados Unidos y Canadá, inicialmente la quinua se distribuye como producto étnico consumido por inmigrantes andinos (Perú, Bolivia y Ecuador), posteriormente comercializado como productos orgánicos, naturales, industriales y abastecimiento de restaurantes para la preparación de comida vegetariana. (IICA 2015).

3.4. Producción de quinua en Bolivia

En Bolivia según Ormachea y Ramírez (2013), el cultivo de quinua se desarrolla principalmente en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, y en menores cantidades en Chuquisaca, Cochabamba y Tarija. En los valles interandinos y el altiplano, la quinua se ha mantenido como un cultivo de autoconsumo de las familias campesinas lo cual aprecian por su alto valor nutricional (Tapia 2022).

Bolivia ha experimentado un aumento significativo en la producción y exportaciones de quinua, tanto en valor como en volumen. El aumento más significativo de las exportaciones de quinua se produjo en el período 2008 - 2013. El volumen de exportación alcanzó su máximo en 2013 con 34 mil toneladas y el mayor valor exportado se produjo en 2014, ascendiendo a 196 millones de dólares estadounidenses. Después de estos años, vemos la diferencia entre volumen y valor. Los volúmenes exportados disminuyeron hasta 2015, luego tendieron a aumentar hasta llegar a 37.000 t en 2020 (Puña *et al.* 2021).

En la región del Altiplano de Bolivia se analiza la situación actual de la quinua en cuanto a superficie y características de producción, así como las variedades utilizadas, las cuales se diferencian de las regiones del Altiplano Sur, Salares, Altiplano Norte, Altiplano Central y los Valles interandino (Rojas *et al.* 2013).

Bonifacio *et al.* (2015) menciona que, en el Altiplano Sur y parte del Centro la producción de quinua, representa un porcentaje mayor al 70 % de la producción nacional, en su gran mayoría destinada al mercado de exportación y mientras que para el consumo local la quinua proviene de la producción del Altiplano Norte y Zonas de Valle.

La producción de quinua ha aumentado significativamente desde 2007 y en 2014 - 2015 fue de 40 mil t (Oruro), 26000 t (Potosí), 8 mil t (La Paz), Cochabamba 270 t, Tarija y Santa Cruz con una producción promedio inferior a 10 t. A esto le siguió una ligera caída en 2016, especialmente en los departamentos de Oruro y Potosí (Puña *et al.* 2021).

3.4.1. Cadena productiva de la quinua

La cadena productiva de la quinua engloba a productores, acopiadores de granos y procesadores bajo los conceptos de: producción, procesamiento y comercialización, donde cada uno se relaciona de alguna manera de llevar la quinua al consumidor final (Duran 2019).

Todas las variedades cultivadas tradicionalmente han encontrado un mercado, la quinua de granos blancos empleados en formas similares al arroz y la quinua de granos oscuros para granos inflados (pipocas) conocidos Phisanqalla (Wilkel *et al.* 2014).

3.5. Clasificación taxonómica

Según Mujica *et al.* (2004) mencionan que, dentro del género *Chenopodium* existen cuatro especies cultivadas como plantas alimenticias: como productoras de grano, *Ch. quinoa* Willd. y *Ch. pallidicaule* Aellen, en Sudamérica; como verdura, *Ch. nuttalliae* Safford y *Ch. ambrosioides* L. en México; *Ch. camoslolum* y *Ch. ambrosioides* en Sudamérica; el número de cromosómico básico del género es nueve, siendo una planta alotetraploide con 36 cromosomas somáticas.

La quinua según el sistema de clasificación APG IV (2016) es un cultivo anual, la posición de clasificación de la quinua según Rojas (2017) es la siguiente:

Dominio:	Eukarya
Reino:	Plantae
División:	Angiospermas
Clado:	Eudicotiledoneas
Clado:	Superastéridas
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthacea
Subfamilia:	Chenopodioideae
Género:	<i>Chenopodium</i>
Especie:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.

3.6. Descripción botánica

Gandarillas, citado por Tapia (1997), hace referencia que el tamaño de la quinua es muy variable y puede alcanzar un crecimiento de 1 m hasta 3,5 m de altura, según los ecotipos, las razas y las condiciones ambientales donde se cultiven.

Las características son las siguientes:

La raíz

La raíz de la quinua es típica pivotante, fibrosa y ramificada, la cual posiblemente este asociado con la resistencia a la sequía y brinda buena estabilidad a la planta, alcanzando en casos de sequía hasta 1,80 cm de profundidad, y teniendo un alargamiento lateral, sus raicillas o pelos absorbentes que nacen de distintas alturas (Gandarillas 1979).

El tallo

El tallo presenta una forma cilíndrica en el cuello de la planta y angular a partir donde nacen las ramas y hojas. Cuando las plantas son tiernas la medula es suave y en la

maduración la medula en su interior desaparece quedando vacía y esponjoso (Gandarillas 1979).

Mujica *et al.* (2004) indican que, la pigmentación del tallo va de verde al rojo, muchas veces presentan estrías y axilas pigmentadas de rojo o púrpura y el diámetro del tallo es variable dependiendo del genotipo, distanciamiento de siembra, fertilización, condiciones del cultivo, llegando a medir de 1 a 8 cm de diámetro.

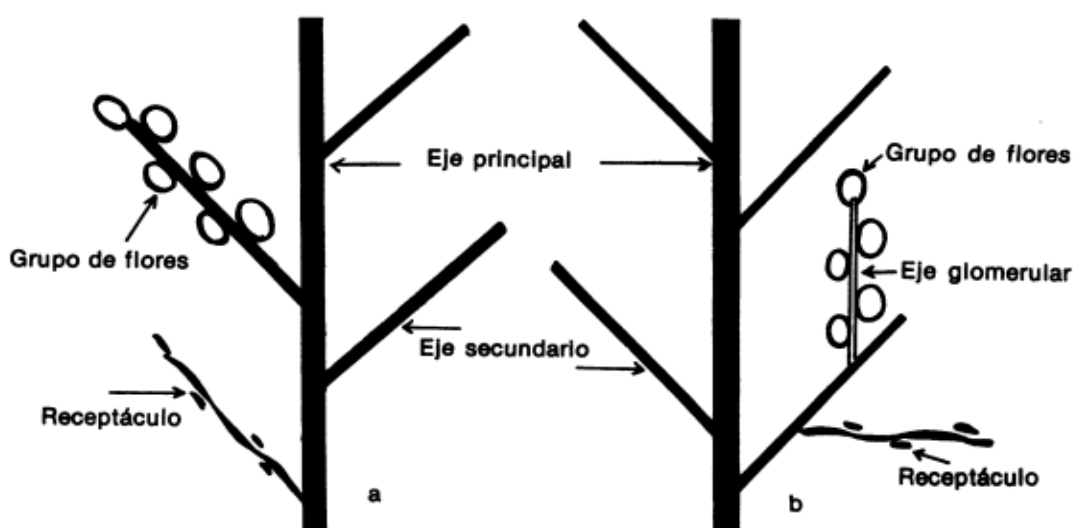
Las hojas

Las hojas son alternas y presenta forma romboidal, triangular o lanceolada, además está cubierta de cristales de oxalato de calcio que favorecen en la retención de humedad, con bordes dentados, aserrados y lisos. La coloración es muy variada de verde a rojo, amarillo y púrpura cuando alcanzan la madurez fisiológica (Gandarillas 1979).

La inflorescencia

La quinua tiene una inflorescencia denominada panoja y por la forma que presenta se clasifica como Amarantiforme (tiene glomérulos alargados y con un eje central que tiene numerosas ramas secundarias y terciarias similar al amaranto) y Glomerulada (con glomérulos que forman grupos compactos y esféricos con pedicelos cortos y muy juntos) como se observa la Figura 1. La panoja puede llegar a medir 70 cm alcanzando un rendimiento de 220 gramos (Gandarillas 1979).

Figura 1. Formas de Inflorescencia: A) Amarantiforme B) Glomerulado



Fuente: Gandarillas (1979).

Flores

Las flores de la quinua son incompletas (desprovistas de pétalos) y pueden ser hermafroditas, masculinas y femeninas (Tapia y Frías 2007).

La planta de quinua es ginomonoica debido a que presenta dos tipos de flores: las flores hermafroditas que están ubicadas en el ápice del glomérulo, son más grande que las pistiladas; tiene 5 tépalos, cinco anteras, un ovario súpero. Las flores pistiladas son pequeñas, se encuentran alrededor y debajo de las flores hermafroditas. La quinua presenta un porcentaje de cruzamiento de aproximadamente del 17 % por lo cual se considera autógama (Gómez y Aguilar 2016), aunque Gandarillas (1979) considera como planta autógama con polinización cruzada frecuente.

La semilla

El grano de quinua consta de tres partes: el epispermo formada de una membrana delgada, el embrión que está constituida por un par de cotiledones y radícula, y el perispermo es un tejido formado por gránulos blancos (Gómez y Aguilar 2016).

3.7. Fases fenológicas

En el estudio de las fases fenológicas efectuado por Mujica *et al.* (2004), son cambios que presentan en el proceso de desarrollo de la planta y están definidas por etapas del ciclo biológico, lo que permite una rápida intervención y planificación para el manejo futuro del cultivo, se describen a continuación:

3.7.1. Fase cotiledonal

La etapa de cotiledón es la etapa en la que la plántula emerge del suelo y forma cotiledones, esto ocurre entre 7 y 10 días después de la siembra. En esta etapa, las plántulas son vulnerables a los ataques de los pájaros.

3.7.2. Dos hojas verdaderas.

Las hojas verdaderas aparecen después de los cotiledones, entre 15 y 20 días después de la siembra. En esta etapa atacan insectos como *Copitarsia turbata* por lo que es necesario protegerlos (Mujica *et al.* 2004).

3.7.3. Cuatro hojas verdaderas

Esto sucede cuando aparece el segundo par de hojas romboidales, esto ocurre a los 25 a 30 días después de la siembra, son resistentes al frío y a la sequía, y son susceptibles al ataque de insectos masticadores como el *Epitrix subcrinita* (Mujica *et al.* 2004).

3.7.4. Seis hojas verdaderas

En esta fase posee tres pares de hojas y los cotiledones se tornan de color amarillento, ocurre a los 35 a 45 días de siembra (Mujica *et al.* 2004).

3.7.5. Ramificación

Tiene cuatro pares de hojas verdaderas, panículas protegidas por hojas y tallos engrosados. Este proceso fisiológico ocurre entre 45 y 50 días después de la siembra (Mujica *et al.* 2004).

3.7.6. Inicio de panojamiento

El inicio de panojamiento ocurre a los 55 a 60 días después de la siembra, se puede observar amarillamiento en el primer par de hojas verdaderas y se produce un crecimiento en cuanto al diámetro y altura del tallo. En esta fase ocurre los primeros ataques de polilla de quinua (*Eurysacca quinoa*) también conocido como *qhona qhona*, formando nidos, enrollando y haciendo minas en las hojas (Mujica *et al.* 2004).

3.7.7. Panojamiento

Para Mujica *et al.* (2004), la fase de panojamiento es cuando la inflorescencia sobresale por encima de las hojas, esto ocurre entre 65 a 70 días después de la siembra.

3.7.8. Inicio de floración

Mujica *et al.* (2004) señalan que, en la etapa de inicio de floración, se observa las primeras inflorescencias a los 75 a 80 días, durante este periodo es bastante sensible a la sequía y helada.

3.7.9. Floración o antesis

La floración se produce cuando el 50 % de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, esto ocurre a los 90 - 100 días. Esta etapa es muy sensible a heladas, la

temperatura debe ser de - 2 y 38 °C, además la planta también elimina las hojas inferiores que son menos activas en la fotosíntesis (Mujica *et al.* 2004).

3.7.10. Grano lechoso

Mujica *et al.* (2004) indica que, los frutos al ser presionados dejan salir un líquido lechoso, esta fase inicia desde los 100 - 130 días después de la siembra, en esta etapa la planta es sensible al déficit hídrico.

3.7.11. Grano pastoso

La fase del grano pastoso ocurre entre los 130 a 160 días, que al ser presionado presenta una consistencia pastosa de color blanco, donde hay la presencia de *qhona qhona* consumiendo granos llegando a causar daños considerables al cultivo (Mujica *et al.* 2004).

3.7.12. Madurez fisiológica

La madurez fisiológica es cuando la planta completa su ciclo biológico, el grano presenta dureza y resistencia, esto ocurre entre los 160 a 180 días. El grano presenta una humedad de 14 a 16 % durante este periodo existe defoliación y amarillamiento de la planta. Bonifacio *et al.* (2012), menciona un ciclo vegetativo de 170 días para la quinua Phisanqalla amarantiforme.

3.8. Sanidad

3.8.1. Plagas

Según Ortiz y Zanabria (1997), el cultivo de quinua sufre daños que son ocasionados por los insectos plaga durante su ciclo fisiológico, estos insectos pueden clasificarse de acuerdo al tipo de daño y son los siguientes: Masticadores y defoliadores, picadores y chupadores, cortador de plantas tiernas minadores y destructor de granos.

- **Gusanos cortadores de plantas tiernas** (*Agrotis ipsilon*).

Según Cruces (2016) los gusanos cortadores, también son conocidos como gusanos de tierra. Desde la eclosión, en la primera etapa se alimentan de las hojas inferiores de la planta de quinua y los últimos estadios que ya son larvas más desarrolladas desde la base de la planta.

Durante el día, las larvas permanecen en el suelo y como medio de protección llegan a construir celdas protectoras y por las noches salen a alimentarse de plantas tiernas (Cruces *et al.* 2016).

- **Polilla de la quinua** (*Eurysacca melanocampta Meyric*)

Quispe *et al.* (2014) mencionan que, *E. melanocampta* conocida comúnmente en el idioma español como pegador de hojas, es una de las plagas insectiles de mayor importancia, causando daños más del 80 % en el cultivo de la quinua.

Los insectos atacan a las plantas en dos periodos: de noviembre a diciembre, las larvas se adhieren a las hojas, donde se esconden durante el día y salen por la noche para alimentarse de las hojas, causando daños indirectos a la planta. Durante el periodo de febrero a mayo, las larvas se alimentan de semillas blandas y maduras, provocando daños directos al cultivo (Quispe *et al.* 2014).

- **Gusano molinero** (*Eurysacca quinoae Povolny*)

En el estadio adulto muestra coloraciones grises parduzco claro con dos manchas oscuras pequeñas. En la primera fase del ciclo vegetativo, las larvas se encuentran entre las hojas apicales de la planta. En la fase de panojamiento se observa mayor incidencia y daño en la formación de grano, también en la madurez fisiológica, y cuando alcanzan a los últimos estadios, llegan a consumir granos maduros e inmaduros.

Quispe *et al.* (2014) evidenció que, causan un daño directo, destruyen las inflorescencias formadas, granos lechosos, pastosos y maduros de la quinua, causando una disminución de 15 y 60 % en el rendimiento.

De acuerdo con Ortiz *et al.* (2004), la población de adultos y larvas de *qhona qhona* no es constante. En la primera generación (septiembre a noviembre) son más numerosas que en la segunda generación (diciembre a enero) debido a factores climáticos y edáficos favorables.

- **Áfidos o pulgones** (*Aphis gossypii* y *Macrosiphun euphorbiae*)

En el cultivo de quinua Zurita-Silva y Quiroz (2015), han observado que ambos áfidos se encontraron atacando las panojas entre los estados fenológicos (grano lechoso y madurez fisiológica). Las panojas infestadas presentan una capa densa y pegajosa

de fumagina cubriendo los granos. A mayor población de áfidos pueden ser portadores de enfermedades virales.

- **Lepidóptera noctuidae** (*Copitarsia decolora*)

Varios estudios llegaron a la conclusión de que hubo una confusión en la identificación de la *Copitarsia decolora* y *Copitarsia turbata* (Quispe *et al.* 2014).

Las larvas se dispersan hacia las hojas y en la etapa de panojamiento se movilizan en la inflorescencia donde se alimentan de flores y granos en la primera etapa de formación.

- **Aves**

Rea *et al.* (1979), en los últimos tiempos el incremento de las aves llega a causar daños de gran magnitud, ocasionándoles inclusive el derribo de la planta. Se alimentan de los granos, producen un desgrane o ruptura de los pedicelos de los glomérulos, puede alcanzar pérdidas del 40 % en variedades dulces.

En el cultivo de quinua, Robles *et al.* (2003) concluyen que, las principales aves-plaga son los jilgueros y palomas ocasionando pérdidas de hasta el 60 %. El gorrión andino (*Zonotrichia capensis*) suelen hacer daño durante la siembra y emergencia de las plántulas, aumentando su ataque durante la formación de los granos hasta la madurez de la misma (Palao-Iturregui *et al.* 2007).

Las principales especies de aves que dañan al cultivo de quinua pertenecen a las familias: Columbidae, Emberizidae, Thraupidae y Fringillidae (Cruces 2016).

La diversidad de aves granívoras del cultivo de quinua incide principalmente en el periodo de madurez fisiológica del grano y en horario matutino. *Patagioenas maculosa* y *Zenaida auriculata* se consideran plagas clave con significativa trascendencia económica debido a su elevada población, por lo que sugieren cosechar la quinua inmediatamente después que alcancen la madurez, y proteger físicamente el emparve (Loza-Del Carpio *et al.* 2016).

El método más eficaz para controlar las aves son tiras de plástico con papeles metálicos, que con el brillo solar reflejado y el ruido frenan su ataque, además de ser un método que no es peligroso y accesible, pueden reciclarse para futuras campañas

agrícolas, adicionalmente se encontraron en el campo de quinua controladores de plagas insectiles como la *Conirostrum cinereum* (Robles *et al.* 2003).

El mecanismo de enmallado ofrece mayor eficiencia de protección (0.00 % de daño), además registra mayores rendimientos. La desventaja de estos métodos no tradicionales, tiene un alto costo para su adquisición por los agricultores (Palao-Iturregui *et al.* 2007).

3.8.2. Enfermedades

Ortiz *et al.* (2004) mencionan que, en los últimos años se presentaron considerablemente enfermedades que atacan a la quinua.

- **Mildiu** (*Peronospora variavilis*)

Según Plata *et al.* (2014), la enfermedad puede dispersarse a través de la lluvia y el viento. Las condiciones favorables son temperaturas de 18 a 22 °C y humedad relativa superior al 80 % son favorables para la formación de esporas y el crecimiento micelial. Los síntomas de la enfermedad son manchas en las hojas y los tallos, inicialmente verdes y luego amarillas, lo que provoca la caída de las hojas.

- **Podredumbre marrón del tallo** (*Phoma exigua var. foveata*)

La enfermedad es causada por un hongo (*Phoma exigua var. foveata*) que ataca los tallos y panojas, se observan lesiones de color marrón oscuro con bordes vítreos que cubren el diámetro del tallo, llegando abarcar de 5 a 15 cm, y los tallos con apariencia de "succionado", el tejido enfermo se seca, lo que provoca a que se estreche (Plata *et al.* 2014).

3.9. Cosecha y postcosecha

Según PROINPA (2011), la época óptima para el corte de las plantas depende de varios factores como: la variedad, humedad, y temperatura predominante. Si a la madurez del cultivo hay un periodo de humedad ambiental alta (superior al 70 %) conduce a la oxidación y cambio de color en el grano, lo que deriva en la pérdida de calidad del grano. El aumento de la humedad ambiental debido al exceso de lluvias puede provocar la germinación de los granos en la panoja, lo que lleva a una reducción del rendimiento (Nieto y Valdivia 2004).

De acuerdo con Rea *et al.* (1979), la quinua debe ser cosechada cuando las plantas llegan a su madurez fisiológica donde se puede evidenciar por las hojas inferiores cuando se tornan de color amarillenta y el grano presenta resistencia a la presión entre las uñas.

Otros indicadores de cosecha utilizados en campo son de carácter visual y físico como por ejemplo panojas crujientes, caídas de hojas y semillas de la misma dureza de las semillas sembradas (Veas y Cortes 2016).

Para Mujica *et al.* (2004), los trabajos se dividen en cinco etapas:

- **Siega o corte:** el corte se realiza a una altura que oscila entre 10 a 15 cm desde la superficie del suelo. Esta práctica permite que los restos de tallo y raíz queden protegiendo el suelo para luego convertirse en materia orgánica. Los productores de quinua paulatinamente van incorporando la práctica de siega mediante el uso de herramienta como la hoz, azadones o segadoras mecánicas (Quiroga *et al.* 2014). El corte debe realizarse en las primeras horas de la mañana, cuando los glomérulos presentan una consistencia húmeda y no así en la tarde debido a la fuerte radiación porque provoca el derrame de los granos.
- **Formación de parvas:** la formación de arcos o también denominados parvas se realiza con la finalidad de secar las plantas para la trilla, también es una forma de proteger de las inclemencias del tiempo (lluvia y granizo). Las plantas se mantienen en las parvas por un periodo de 7 a 15 días o hasta que tengan una humedad apropiada para la trilla. Para Marconi (2007), en el emparve se producen pérdidas de 2 al 3 % por el ataque de roedores y aves en la parva.
- **Trilla:** consiste en separar o desprender los granos de la inflorescencia de la quinua, utilizando herramientas tradicionales como *jawq'aña* o huactanas para la trilla en superficies pequeñas y para extensiones grandes se utilizan trilladoras estacionarias como parte de la mecanización en la trilla, donde los granos al momento de la trilla deben conservar una humedad de 12 a 15 %. Marconi (2007), menciona que se producen pérdidas según el método que se emplea: el 20 % con la trilla mecánica y 10 % con la trilla tradicional.
- **Venteadado y limpieza de grano:** esta labor consiste en separar los granos de la broza (fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio y pequeñas ramas)

preferible realizar esta actividad por las tardes para aprovechar las corrientes del viento de tal manera que el grano quede completamente limpio de impurezas. Actualmente esta labor se está mecanizando con el uso de venteadoras mecánicas manuales o propulsadas por un motor.

- **Selección del grano:** una vez que el grano quede completamente limpio se procede a la selección por tamaño (pequeños, medianos y grandes). Lo cual permitirá un mejor aprovechamiento para diferentes productos transformados, donde los granos pequeños para moliendas, los granos medianos tienen usos en sémola, hojuela y pop, los granos grandes son empleados para los perlados.
- **Almacenamiento:** se debe almacenar en un ambiente apropiado seco y con ventilación para la conservación de los granos, también debe estar seguro del alcance de roedores y polillas. El contenido de humedad de grano no debe ser mayor al 13 % en el almacén (Soto 2010). Es importante revisar periódicamente la temperatura y humedad del almacén para verificar el estado sanitario de los granos y detectar la presencia de moho o insectos (Gómez y Aguilar 2016).

3.10. Características del grano de quinua

Las características del grano han sido estudiadas por Gómez y Aguilar (2016), quienes describen la anatomía del grano de quinua y presentan tres partes bien definidas en la semilla, las cuales son: epispermo, embrión y perisperma.

Para Tapia (1997), el epispermo es la capa que cubre la semilla y está adherida al pericarpio, y también describe la presencia de cuatro capas:

- Una capa externa que determina el color de la semilla y que es la superficie rugosa, quebradiza y seca que se desprende fácilmente con el vapor.
- El color de la segunda capa difiere de la primera y se observa solo cuando la primera capa es translúcida.
- La tercera capa es una membrana delgada, opaca de color amarillo.
- La cuarta capa es translúcida y está formada por una sola hilera de células que cubre el embrión.

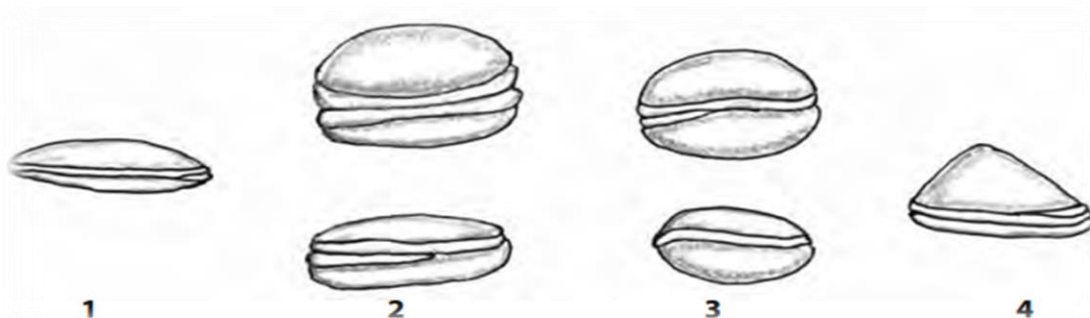
El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula que constituye aproximadamente el 30 % del volumen total de la semilla y envuelve al perispermo como un anillo. La radícula muestra una pigmentación de color castaño oscuro. El

perispermo es el principal tejido de almacenamiento que reemplaza al endospermo y está constituido mayormente por gránulos de almidón (50 - 60 %) es de color blanquecino y representa el 60 % de la semilla (Tapia 1997).

3.10.1. Forma del grano

Rojas y Pinto (2013), mencionan que los granos de quinua cuando alcanzan la madurez fisiológica expresan diferentes formas como cilíndricas y lenticulares, dependiendo del contenido de almidón (amilosa y amilopectina) se puede elaborar productos como: flanes y budines, asimismo dependiendo del diámetro de los gránulos de almidón pueden ser aptos para tostado o pop. En la Figura 2, se presentan las distintas formas del grano de quinua.

Figura 2. Formas de Grano de la Quinua: 1. Lenticular 2. Cilíndrica 3. Elipsoide 4. Cónica



Fuente: Rojas y Pinto (2013).

3.10.2. Diámetro del grano

IBNORCA citado por Rojas y Pinto (2013), el grano de quinua se clasifica en cuatro categorías: tamaño “extragrande” (mayores a 2,20 mm), tamaño “grande” (1,75 a 2,20 mm), tamaño “mediano” (1,35 a 1,75 mm) y tamaño “pequeño” (menores a 1,35 mm).

3.10.3. Almidón

El almidón en las plantas se encuentra en forma de gránulos y los gránulos de cada especie tienen tamaño y forma característico.

El almidón es el polisacárido más utilizado en la industria alimentaria como ingrediente debido a su gran versatilidad y su costo relativamente bajo y los carbohidratos de la semilla de la quinua contienen entre 58 a 68 % de almidón. La variación genética del tamaño del gránulo de almidón de la colección boliviana de quinua varía entre 1 a 28 μm , permitiendo a una orientación agroindustrial (Arzapalo *et al.* 2015).

El almidón de la quinua tiene un importante valor para la agroindustria por las propiedades físico-químicas y funcionales que presentan, siendo empleado como agente espesante, ligante y estabilizantes de geles y emulsiones. El almidón se ubica en el perisperma en gránulos pequeños (2 µm), diferenciando de los de más cereales que lo almacenan en el endospermo (Maza 2020).

El almidón es una mezcla específicamente de dos polisacáridos, estos son: la amilosa, cuando hay una alta concentración produce geles más fuertes pero propensos a la retrogradación. La amilopectina tiene contenidos altos que produce geles más estables, pero a la vez mas blandos, estas propiedades definen al almidón (Corzo 2018). Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, debido a que su estructura está altamente organizada, porque presenta una gran estabilidad debido a sus dos polisacáridos. Asimismo, el grado de gelatinización del almidón es de interés ya que realza la apariencia, el sabor, la textura y la digestibilidad de los alimentos (Repo-Carrasco *et al.* 2011).

Los almidones son ampliamente usados en la agroindustria del beneficiado de alimentos para varios propósitos como productos de adherencia, estabilizante de emulsiones, estabilizador de espumas, retenedor de humedad, espesantes gelificantes, entre otros.

Reynaga *et al.* (2011), muestra en la Tabla 1, las variedades y ecotipos con mayor y menor tamaño del gránulo de almidón lo cual influye en el expandido de quinua, realizado por el Laboratorio Química Industrial en el año 2009.

Tabla 1. Comparación del incremento de tamaño después del expandido

Variedades / Ecotipos	Gránulo de almidón en micras	Diámetro externo del grano en mm	Diámetro externo del expandido en mm.	Porcentaje de incremento de tamaño %	Rendimiento %
Aynoq´a	2,2	2,7	3,94	146	70,23
Blanquita	2,5	2,08	3,39	163	72,87
Surumi	8,3	2,57	4,5	175	68,3
Toledo	3,15	2,69	5,11	190	72,94
Pandela	1,15	2,59	4,74	183	75,24
Pisankalla	0,95	2,6	5,07	195	73,2
Q. Negra	1,62	2,32	3,99	172	74,55
Rosa blanca	2,11	2,63	5	190	72,57
Chillpi R.	9,56	2,54	4,19	165	67,33
Mock´o	2,65	2,59	5,05	195	74,44

Variedades / Ecotipos	Gránulo de almidón en micras	Diámetro externo del grano en mm	Diámetro externo del expandido en mm.	Porcentaje de incremento de tamaño %	Rendimiento %
Achachino	1,25	2,69	5,06	188	78,47
K'ellu	1,8	2,65	4,93	186	73,88
Utusaya	2,56	2,5	4,48	179	75,21
Ajara	1,6	2,09	3,36	161	45,5
Real Blanca	1,27	2,52	4,21	167	73,53

Fuente: Análisis realizado por LAYSSA, citado por Rojas y Pinto (2013).

3.10.4. Peso hectolítrico

Reynaga *et al.* (2011), han estudiado sobre los parámetros que afectan el peso hectolítrico las cuales son:

- Gravedad específica de cada grano de quinua.
- La humedad y la presencia de agua hacen en los granos, cuando más humedad tenga el grano, más bajo será el peso hectolítrico (el agua posee una gravedad específica más baja que la del grano).
- Forma de grano: cuanto más espacio exista entre granos, menor será el peso hectolítrico.
- Espesor de la corteza o perispermo es la gravedad específica de la corteza o afrecho.
- Porcentaje de impurezas, la presencia de impurezas disminuye el peso hectolítrico, impidiendo que los granos sean agrupados en forma compacta.

3.11. Formas de consumo de la quinua

PROINPA (2011) señala que, el cultivo de quinua fue catalogado por la FAO en 1996 como un alimento promisorio para la humanidad, como una alternativa para solucionar graves problemas nutricionales. Existen varios derivados a base de quinua como insuflados, harinas, fideos, hojuelas, granolas, barras energéticas. Sin embargo, para la producción de productos más elaborados requiere de equipos tecnológicos avanzados como la extracción de aceite de quinua, almidón, la saponina, colorantes de la hoja y semilla, concentrados proteicos.

La quinua tiene una amplia versatilidad para su procesamiento, sea primario o industrial, obtiene gran diversidad de productos por su sabor, color o formas de presentación (Repo-Carrasco y Solorzano 2020).

Usos tradicionales: el consumo de estos alimentos varía de acuerdo a las épocas del año y a las actividades que se desarrollan en el campo, se tienen las siguientes preparaciones: sopa de quinua, lawa, p'ísqi, kispíña, tacti o tactacho (panecillos fritos), mucuna (panecillos cocidos a vapor), phiri, p'ísara, k'usa (chicha de quinua), ullphu ullphi (bebida a base de pito), ch'íwa (hojas tiernas de quinua) y juchacha que es sopa andina (PROINPA 2011).

En el aspecto agroindustrial se puede elaborar productos como: expandidos, sean extrusados y/o insuflados, harinas integrales, leudantes, tipo 000, 0000, malteadas, hojuelas sean estas crudas o instantáneas, harinas precocidas, almidones, colorantes, proteínas concentradas, quinua germinada, néctar, jaleas, fideos, pastas gluten free, manjares, leche y jugos nutritivos (Alcocer 2009).

3.12. Industrialización

FAO y ALADI (2014) señalan que la industrialización es un proceso de transformación fundamental enfocado en molienda de granos y prepararlos para el consumo directo como harina o en procesos agroindustriales.

En Bolivia la industria que produce productos procesados de quinua para el mercado local se enfoca principalmente en productos destinados al mercado institucional, como desayunos escolares y subsidios. Por su parte, la industrialización de la quinua para exportación, se caracteriza por un mayor grado de desarrollo y diversificación, y algunas empresas, por ejemplo, Coronilla en Cochabamba, han logrado producir cantidades muy notables de producto (quinua). Alto nivel de conversión, conforme a estándares de calidad muy altos (Pacheco y Blajos 2015).

Vargas *et al.* (2013), mencionan que los cultivos andinos, especialmente la quinua se caracteriza por una serie de variaciones genéticas que no son adecuadamente aprovechadas por el desconocimiento de su potencial, su diversidad y sus diferentes formas de utilización.

Tapia (2022), desde la década 60 del siglo pasado ya se señalaba la necesidad de procesar y transformar los granos andinos convirtiendo en productos más accesibles y los procesos de transformación previos a su consumo ya se elaboraban de manera casera y artesanal.

La quinua es uno de los cultivos que se puede consumir en su totalidad (hojas, tallos y los granos), se están estudiando diferentes procesos tecnológicos con el propósito de comprender mejor el comportamiento de las distintas variedades de la quinua. La industria aporta valor agregado ofreciendo distintos productos como la quinua perlada, hojuelas, expandido, germinados, harina, pastas, extruidos, bebidas de malteado y colorantes en el mercado nacional e internacional (Mujica *et al.* 2006).

3.13. Valor nutricional de la quinua

La quinua tiene un alto valor nutricional debido a su alto contenido en proteínas, por lo que es superior a los cereales (maíz, avena, trigo y arroz). Cabe mencionar que las proteínas de la quinua son altamente digeribles, por tanto, el ser humano aprovecha casi el 100 % de la proteína ingerida (Alcocer 2009).

según Alcocer (2009), la quinua por ser un grano altamente nutritivo, permite un mejor aprovechamiento de sus cualidades nutritivas, mayor disponibilidad y potenciando su valor nutricional.

Su calidad nutricional está ligada por la composición de aminoácidos, debido a que contiene todos los aminoácidos esenciales que requiere el ser humano. Es el único alimento de origen vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales las cuales son: lisina, isoleucina, fenilalanina, treonina y valina y la fracción lipídica es también de suma importancia, debido a la presencia de varios ácidos grasos esenciales (Repo-Carrasco *et al.* 2011).

En la Tabla 2, nos muestra valores máximo y mínimo del gránulo de almidón realizado por el laboratorio LAYSSA. En la agroindustria tiene la importancia que el gránulo de almidón sea pequeño, para así facilitar en el proceso de texturado y tenga la facilidad de insuflar de gránulo a gránulo permitiendo el acceso de introducir mayor cantidad de aire para el intercambio y formación de burbujas de aire, permitiéndonos expandidos de excelente calidad (Rojas y Pinto 2013).

Tabla 2. Características de valor nutritivo

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Proteína (%)	10,21	18,39	14,33	1,69
Grasa (%)	2,05	10,88	6,46	1,05
Fibra (%)	3,46	9,68	7,01	1,19
Ceniza (%)	2,12	5,21	3,63	0,5

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Carbohidratos (%)	52,31	72,98	58,96	3,4
Energía (kcal/100 g)	312,92	401,27	353,36	13,11
Granulo almidón (μ)*	1	28	4,47	3,25
Azúcar invertido (%)*	10	35	16,89	3,69
Agua de empaste (%)*	16	66	28,92	7,34

Fuente: Análisis realizado por LAYSSA, citado por Rojas y Pinto (2013).

3.14. Alternativas para la transformación del grano de quinua

Para elaborar productos de alta calidad, la agroindustria requiere de materia prima de calidad, productos estandarizados (tamaño, color y sabor), inocuidad, libre de impurezas (pajas, ramas, piedrecillas, materia fecal de aves y ratón). Para Marca *et al.* (2011), deben alcanzar y cumplir los parámetros requeridos y pasar por la etapa de proceso y beneficiado del grano.

Para la transformación industrial es necesario diferenciar dos tipos o niveles: la transformación primaria, la elaboración de productos intermedios, es decir, productos listos para el consumo y libre de saponina se obtiene el grano seleccionado o también el grano perlado y por otro lado productos transformados como: harina, hojuelas, pipocas y extrusados. La transformación de productos finales como; pan, galletas, refrescos, hamburguesa y postres (Pacheco y Blajos 2015).

El proceso de expansión tradicional es la elaboración del tostado de quinua empleando variedades de uso específico para este propósito, una de ellas es la variedad "Pisankalla" que es de grano café y tiene uso especial para pop de quinua (Bonifacio 2006).

Jacobsen *et al.* (2003) mencionan que, existe un uso específico y característico para cada genotipo y los genotipos adecuados para tostado no podrán ser utilizados con las mismas ventajas para la elaboración de fideos, así como las variedades harineras no podrán usarse eficientemente para las sopas. Sin embargo, debido a la gran versatilidad de la quinua en la alimentación, cualquier genotipo de quinua puede ser transformado con características de calidad y propiedades organolépticas.

La agroindustria de quinua tiene una baja participación en la producción nacional de quinua y representó el 2,2 del PIB agrícola de Bolivia en 2001 (Bonifacio 2006).

3.15. Características de la quinua Pisankalla

Apaza *et al.* (2013), presenta las características de la variedad INIA 415 – PASANKALLA que tiene alto contenido de proteína, grasa, fibra, cenizas y en la agroindustria tiene diferentes usos (Expandida, perlada, laminada, molienda y extruida), en el consumo tradicional son empleados en guisos, ensalada, postres, panecillos y bebidas.

La quinua Pisankalla tiene una adaptación y se desarrolla mejor en la zona altiplánica que comprende de 3815 a 3900 m.s.n.m. con un clima frío y seco, con precipitaciones que oscilan de 400 a 550 mm y temperaturas menores a 15 °C (INIA 2006).

La arquitectura de la planta para la fase del grano lechoso presenta un hábito de crecimiento ramificada, con tipo de panoja amarantiforme, en la etapa de madurez fisiológica presenta pigmentaciones variables. Los granos presentan un color café rojizo con forma cilíndrica biconvexo cuando llega a la etapa final del ciclo vegetativo (Bonifacio *et al.* 2012).

De acuerdo con Pérez y Roma (2016), la quinua roja Pasankalla tiene un alto contenido de proteína del 17,4 % y la calidad de grano para la transformación agroindustrial depende del porcentaje de proteína en el proceso de tostado o pop de quinua.

3.16. Expandido de quinua (Pisankalla)

Para Mujica *et al.* (2006), el pop de quinua se obtiene cuando los granos se exponen a alta temperatura y cierta presión que conducirá a un proceso de plastización para obtener el producto. El grano que resulta del proceso de transformación es mayor al grano normal y tiene una consistencia porosa y las pipocas también forman parte de varios productos finales (Pacheco y Blajos 2015).

El pop de quinua es un producto de alta calidad nutritiva y tiene una buena aceptación en el mercado (Reynaga 2016). En el análisis bromatológico de los componentes mayoritarios realizados en el grano de amaranto tienen las siguientes características Tabla 3.

Tabla 3. Análisis bromatológico de las pipocas de amaranto

Muestra	Humedad %	Grasa %	Proteína %	Fibra %	Cenizas %	Hidratos de Carbono %	Energía (kcal/100g)
Pipocas de amaranto	3,25	11,21	14,3	5,11	2,87	63,26	409,8

Fuente: Reynaga (2016).

3.17. Procesos tecnológicos de los expandidos de quinua

Mujica *et al.* (2006) mencionan que, el proceso de expansión de la quinua se basa en la evaporación explosiva del agua en el interior del grano de quinua.

Existen varias tecnologías que realizan el proceso de expandido de la quinua, entre ellos se tiene a la Tostadora volcabletost 60, es un equipo adecuado para tostar granos como: cebada, trigo, avena, tarwi y quinua y posee las siguientes características: tiene una productividad de 0,1 TM de quinua tostada/hora, voltaje 220 - 380 - 440/Balón de gas, con una vida útil de 6000 horas de operación, peso 125 kg y tiene una elevada resistencia a variación térmica por ser de material acero inoxidable (Moreno y Sánchez 2013).

Los pasos para el expandido de quinua son las siguientes:

- **RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA:** Es la etapa donde se da inicio al proceso de transformación con la selección de granos grandes, color, homogeneidad y libre de piedrecillas (Alcocer 2009).
- **HIDRATACIÓN:** es el proceso de subir la humedad del grano para elaboración del tostado o pop, donde el grano debe tener una humedad del 14 y 15 % para el procesamiento del producto (Quiroga *et al.* 2014).
- **PRECALENTAMIENTO:** es el proceso donde el cañón esponjador debe de llegar a una temperatura homogénea para obtener calidad en el producto del tostado (Mujica *et al.* 2006).
- **ALIMENTACIÓN:** consiste en introducir los granos de quinua a la capacidad requerida del equipo que ya está condicionada a la humedad adecuada.
- **EXPANDIDO:** Es el proceso de cocción a una temperatura y presión alta, donde son expulsados al exterior sufriendo cambios bruscos de temperatura y caída de presión lo que ocasiona la expansión brusca de los granos y expulsión

de la humedad interna en forma de vapor provocando el reventado (Quiroga *et al.* 2014).

- **RECEPCIÓN:** la recepción de pop de quinua se realiza en materiales adicionales (telas) para el manejo de alimentos y esto ayuda a recolectar el producto del expandido asépticamente.
- **SELECCIÓN:** es una actividad que se realiza antes del envasado y para Talavera, citado por Mujica *et al.* (2006), en el producto final debe ser seleccionado los granos no reventados, granos quemados y otras irregularidades del grano tostado para la calidad del producto, también debe ser tamizado para uniformizar el producto final.
- **ENVASADO:** es el proceso donde el producto va terminar en el consumidor final y el manufacturado es de suma importancia para garantizar los estándares de calidad y evitar la contaminación del producto.

3.18. Parámetros de calidad de los expandidos

Para obtener un producto de alta calidad organoléptica y química debe ser controlada los siguientes parámetros (Mujica *et al.* 2006).

3.18.1. Humedad

El grano seco posee una humedad que varía de 6,88 a 20,70 % y la estandarización del porcentaje de humedad de la quinua previo al proceso debe basarse en la cantidad de agua, tiempo de remojo y secado. Los productos ya procesados deben poseer un porcentaje de humedad para inhibir y evitar proliferación de microorganismos contaminantes (hongos, bacterias y otros agentes). Para el expandido de quinua la humedad promedio se registra del 5,5 % (Talavera, cita por Mujica *et al.* 2006).

Reynaga *et al.* (2011), muestran los parámetros en base a la determinación de humedad óptima en los granos de quinua que fue realizado por el Laboratorio Química Industrial en el año 2009. Dentro de la Tabla 4, se muestra los parámetros desde 15 hasta 24 % de humedad.

Tabla 4. Determinación de la humedad óptima del proceso de expandido

Nro. De Prueba	Humedad del grano %	Densidad Aparente inicial	Densidad Aparente final	Diferencia de la densidad aparente	Aspecto de la pipocas
1	15.0	73.9	70.9	3.0	Pésimo
2	18.0	73.10	69.8	4.1	Malo
3	18.8	73.11	67.5	6.4	Regular
4	19.5	73.12	66.4	7.5	Regular
5	20.8	73.13	66.1	7.8	Muy bueno
6	21.0	73.14	66.6	7.3	Bueno
7	22.0	73.15	67.0	6.9	Malo
8	24.0	73.16	67.2	6.7	Muy malo

Fuente: Análisis realizado en el Laboratorio Química Industrial, Citado por Reynaga *et al.* (2011).

3.18.2. Presión

La presión de trabajo para los expandidos puede variar de acuerdo a las características del grano y la zona donde se la procesa, fluctuando más o menos de 100 a 200 lb/pulg² de presión, estos parámetros de humedad y presión inciden en forma directa en la calidad química y organoléptica del expandido de quinua, es decir a mayor humedad y presión se obtienen productos de excelente calidad y con menor humedad y presión se obtienen un producto expandido de quinua de baja calidad (Chura, citado por Mujica *et al.* 2006).

Los parámetros evaluados por Reynaga *et al.* (2011) se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Determinación de la presión óptima del proceso de expandido

Nro. de Prueba	Humedad del grano%	Presión en la olla lb/pl ²	Densidad aparente inicial	Densidad aparente final	Aspecto del Expandido (pipocas)
1	19	145	73,9	71,8	Malo
2	19	150	73,9	71,7	Regular
3	19	160	73,9	68,1	Regular
4	19	165	73,9	67,9	Bueno
5	19	170	73,9	67,5	Muy bueno
6	19	175	73,9	67,9	Malo
7	19	178	73,9	69	Malo

Fuente: Análisis realizado en el Laboratorio Química Industrial, Citado Reynaga por *et al.* (2011).

3.18.3. Tiempo de reposo

A medida que va incrementado el tiempo de reposo los granos sometidos al cañón expandidor, tienden a que el producto se queme y que pueda llegar a partirse minimizando el volumen de expandido.

Reynaga *et al.* (2011), muestran los parámetros en base a la determinación de tiempo de reposo para el proceso de expandido donde fue realizado por el Laboratorio Química Industrial en el año 2009, en la Tabla 6 se muestran los parámetros de reposo de 15 a 180 min, dentro de estos valores el tiempo de reposo óptimo es de 60 min.

Tabla 6. Determinación del tiempo de reposo óptimo del proceso de expandido

Nro. de Prueba	Humedad del grano %	Tiempo de reposo en minutos	Aspecto del expandido
1	82	15	Muy bueno
2	82	30	Muy bueno
3	82	60	Muy bueno
4	82	90	Muy bueno y partido
5	82	120	Muy bueno y partido
6	82	150	Muy bueno y partido
7	82	180	Muy bueno y partido

Fuente: Análisis realizado en el Laboratorio Química Industrial, Citado por Reynaga *et al.* (2011).

3.18.4. Índice de expansión

El índice de expansión es un parámetro que permite observar el incremento del tamaño de grano por el efecto de expansión (Egas *et al.* 2010). Para la determinación del parámetro de índice de expansión se utiliza la siguiente formula: $IE = \text{Volumen Final} / \text{Volumen Inicial}$ (Mujica *et al.* 2006).

El índice de expansión incrementa a medida que la presión y humedad aumenta, por consiguiente, el tamaño del producto expandido llega a medir más que el tamaño original (Mujica *et al.* 2006) y según Alcocer (2010), tiene suma importancia el tamaño del granulo de almidón donde tiene un factor determinante para la calidad del producto.

3.18.5. Pérdidas de nutrientes del proceso de expandido

Para Quiroga *et al.* (2014), cuando se somete a altas temperatura y presión, la calidad nutricional puede deteriorarse en el proceso, y en la Tabla 7 se muestran las variedades y ecotipos, que tienen pérdidas de ceniza, materia grasa y proteína (Reynaga *et al.* 2011).

Tabla 7. Pérdida de nutrientes en el proceso de expandido de quinua

Variedades/Ec otipos	Grano de quinua beneficiada			Expandido de quinua		
	Materia grasa (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Materia grasa (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)
Aynoq´a	5,11	12,9	2,48	4,11	8,89	2,01
Blanquita	4,58	14,48	2,82	3,41	7,93	1,57
Surumi	8,15	10,22	2,29	6,24	6,64	1,31
Toledo	5,92	11,57	2,64	3,97	7,42	1,51
Pandela	5,65	12,27	2,63	4,05	7,63	1,35
Pisankalla	3,55	14,32	2,91	3,01	9,27	1,89
Q. Negra	4,88	17,45	2,05	2,91	6,63	1,59
Rosa blanca	3,24	12,92	1,42	2,1	7,08	1,24
Chillpi R.	7,57	14,44	1,98	5,23	8,46	1,23
Mock´o	5,88	12,85	1,52	4,08	6,55	1,07
Achachino	5,99	10,14	2,14	4,35	6,2	1,48
K´ellu	2,77	10,21	2,53	2,31	6,9	1,31
Utusaya	4,22	12,02	2,73	2,98	8,77	1,24
Ajara	5,51	12,21	2,69	4,3	9,77	1,88
Real Blanca	6,98	12,4	2,85	4,02	8,15	1,03

Fuente: Fuente: Análisis realizado en el Laboratorio Química Industrial, Citado por Reynaga *et al.* (2011).

3.19. Fragilidad del germen de la quinua

El grano de quinua posee un germen más grande que otros granos andinos, lo cual representa la cuarta parte del grano concentrando la mayor cantidad de nutrientes. El germen se ubica en la superficie del grano y por ello tiene la facilidad de desprenderse al momento de frotarlo cuando se ejerce demasiada fuerza o algún otro mecanismo, y lo mismo ocurre durante el proceso del expandido cuando se lo somete al cañón esponjador causando la pérdida total del germen y esta situación se debe tomar en cuenta para la preservar la calidad y el valor nutritivo en la transformación del grano de quinua (Tapia y Frías 2007). El proceso de expandido tiene su desventaja debido a que ocasiona mayor pérdida de nutrientes.

3.20. Descripción del grano tostado de la quinua

En los procesos de transformación del grano de quinua existen cambios como la (textura, color y sabor) y contiene aminoácidos esenciales para la alimentación humana que puede suplir a la leche y huevo, también ayuda al desarrollo de las células cerebrales, fortaleciendo a la memoria (NOP s.f.). El producto del grano tostado es recomendado para aquellas personas que sufren intolerancia al gluten, donde las características físicas del pop de quinua se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Características del expandido de pop de quinua

características físicas	
Apariencia	Grano esférico poroso
Color	Blanco o crema
Sabor y olor	Característico
Humedad	7 %
Saponina	Ausencia

Fuente: NOP s.f. programa nacional orgánico

4. LOCALIZACIÓN

4.1. Ubicación geográfica

El trabajo de investigación se realizó en los predios del Centro de investigaciones K'iphak'iphani dependiente de la Fundación PROINPA (promoción e investigación de productos andinos), localizada en el municipio de Viacha, provincia Ingavi, del departamento de La Paz (Figura 3); las coordenadas geográficas del centro experimental son 16°40'27.19" Latitud Sur y 68°17'58.1" Longitud Oeste a una altitud de 3873 m.s.n.m.

Figura 3. Ubicación del Área de Estudio



Fuente: Centro de Investigación de K'iphak'iphani (PROINPA) (Google Earth 2023).

4.2. Características generales de la zona de estudio

4.2.1. Clima

El Centro de Investigación K'iphak'iphani se caracteriza por presentar un clima frío y con vientos, con una precipitación media anual de 625 mm. Donde en los meses de diciembre a febrero presentan una estación lluviosa acompañado de fuertes tormentas debido al cambio climático (Mamani *et al.* 2013). La temperatura promedio oscila de 3 - 5 °C durante la noche y en el día con 23 °C.

4.2.2. Vegetación

La vegetación predominante del lugar son las especies nativas de tipo herbáceo y la mayoría pertenece a la familia Poaceas (gramíneas) perennes, además de otras especies herbáceas y arbustivas, Mamani *et al.* (2013) evidenciaron que cuenta con especies cultivadas como: la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), papa (*Solanum tuberosa*), haba (*Vicia faba*), cebada (*Hordeum vulgare*), cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), con un manejo de rotación entre los cultivos, siempre y cuando las condiciones de suelo permitan establecer cultivos oportunamente y la extensión superficial de cada cultivo es compatible para el manejo con rotación.

4.2.3. Suelo

El suelo del área de estudio es de origen aluvial, con sedimento fino, profundidad de 30 cm con escasa presencia de materia orgánica y la textura que presenta es franco arcilloso, arenoso y pedregoso con un pH ligeramente básico, el suelo del lugar de estudio tiene la facilidad de laboreo y responde adecuadamente a la incorporación del material orgánico (PTDI-Viacha 2020).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material biológico

El material biológico que se utilizó para el trabajo de investigación está integrado por 11 Líneas de quinua (material genético proveniente de la Fundación PROINPA) seleccionadas por su color de grano café y que tiene una aptitud para “pop” de quinua. En la Tabla 9 se puede apreciar las características que presentan las semillas de las Líneas.

Tabla 9. Características del material biológico

Tratamiento		Genotipo	Color de grano
1	(7)	RRdd	Café
2	(12)	RR	Café
3	(22)	rrdd	Café
4	(25)	Café
5	(29)	rrdd	Café
6	(37)	rrdd	Café
7	(54)	Café
8	(55)	rrdd	Café
9	(58)	Café
10	(60)	rrdd	Café
11	(2)	cf (2014)	Café

Donde:

Color de planta

Saponina

rr = Verde

dd = Dulce

RR = Rojo

5.1.2. Material y equipo de campo

- Tractor agrícola
- Marbetes
- Azadón y rastrillo
- Lonas
- Cinta métrica
- Cuerda
- Letreros para cada tratamiento
- Cuaderno de campo
- Papel periódico
- Marcador permanente
- Hoz
- Cámara fotográfica

5.1.3. Material de laboratorio

- Vernier
- Balanza de precisión

- Probeta de 50 cc
- Bañadores de plástico
- Bolsita de polietileno 15 x 10
- Tamizadores de quinua de diferentes medidas
- Marcador indeleble

5.1.4. Material de gabinete

- Computadora
- Calculadora científica
- Cámara digital
- Celular
- Libros (textos de consultas)

5.1.5. Material de cocina

- Cocina a gas
- Platos
- *Jawriña*
- Bañadores
- Papel toalla
- Olla de arcilla o *jiwk'i*

5.2. Metodología

5.2.1. Procedimiento y labores culturales

5.2.1.1. Roturado del suelo

La labor de la preparación del suelo se realizó en el mes de octubre del año 2020, empleando maquinaria agrícola, donde el roturado fue con arado de disco, posteriormente se realizó el rastrado para tener el área experimental homogénea.

5.2.1.2. Siembra

La siembra de la quinua se realizó el 20 de octubre del 2020, para esta actividad se adoptó el método de surcos empleando una sembradora mecánica y la distribución de las semillas fue a chorro continuo.

El área destinada para la investigación fue de 297 m² con las dimensiones de 22 m de largo x 13,5 m de ancho donde fueron distribuidas en 4 bloques separados por pasillos de 0,5 m y cada bloque fue constituida de 11 tratamientos de 4 surcos cada uno (cada surco de 3 m de largo con distanciamiento entre surcos de 0,5 m). El tapado de las semillas fue superficial utilizando rastrillos facilitando cubrir la semilla al doble del diámetro de la semilla.

5.2.1.3. Marbeteo

El marbete es un material que nos ayudará a identificar a las plantas en estudio, donde se elaboró marbetes adecuados, posteriormente la identificación de las plantas en estudio y se tomaron 5 plantas al azar por Línea.

5.2.1.4. Toma de datos

Los datos fueron tomados de las 5 plantas identificadas por tratamiento de las variables en estudio, todos los datos fueron registrados en un cuaderno de registros para realizar los análisis correspondientes.

5.2.1.5. Labores culturales

- **Purificación:** la actividad fue realizada a lo largo del ciclo vegetativo con el objetivo de mantener la pureza varietal que consiste en eliminar plantas que no sean de la misma variedad.
- **Deshierbe:** es una de las labores culturales que se realizó para eliminar plantas consideradas malas hiervas, donde ocasionan competencia de nutrientes y humedad al cultivo principal, para ello se utilizaron herramientas como chuntillos y azadones.

5.2.1.6. Cosecha, trilla y venteo

La cosecha se realizó cuando las plantas de quinua llegaron a la madurez fisiológica cuando todo el ensayo entró a tornar a una coloración de color amarillento. La cosecha se inició primeramente con las muestras individuales identificadas empleando una hoz realizando un corte de tallo aproximado de 5 cm del cuello de la planta y las plantas cosechadas fueron conservadas en sobres manila de forma individual identificadas con marbetes, luego se llevaron al secado a temperatura ambiente.

Una vez seca el material cosechado, se procedió con la trilla manual en forma individual por tratamientos, posterior a la trilla el grano fue separado de las impurezas utilizando una zaranda y finalmente se realizó el venteado empleando recipientes apropiados (platos y bañadores). El grano limpio fue introducido a bolsas de plástico debidamente registrado y finalmente se ha pesado el grano en una balanza digital.

5.2.2. Metodología experimental

5.2.2.1. Diseño experimental

Para el estudio se adoptó el diseño bloques completos al azar (DBCA) con 11 líneas de quinua Pisankalla como tratamientos y establecidos en 4 bloques conformando un total de 44 unidades experimentales, cuyo factor de bloqueo fue la pendiente.

5.2.2.2. Modelo lineal aditivo

Ochoa (2016), describe el modelo lineal aditivo de un diseño de bloques completos al azar de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Una observación

μ = Media general del experimento

α_i = Efecto del tratamiento i – ésimo línea

β_j = Efecto del Bloqueo j – ésimo bloque

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental que se presenta al efectuar la j -ésima bloque observación del i -ésimo tratamiento.

5.2.2.3. Dimensiones y croquis de la parcela

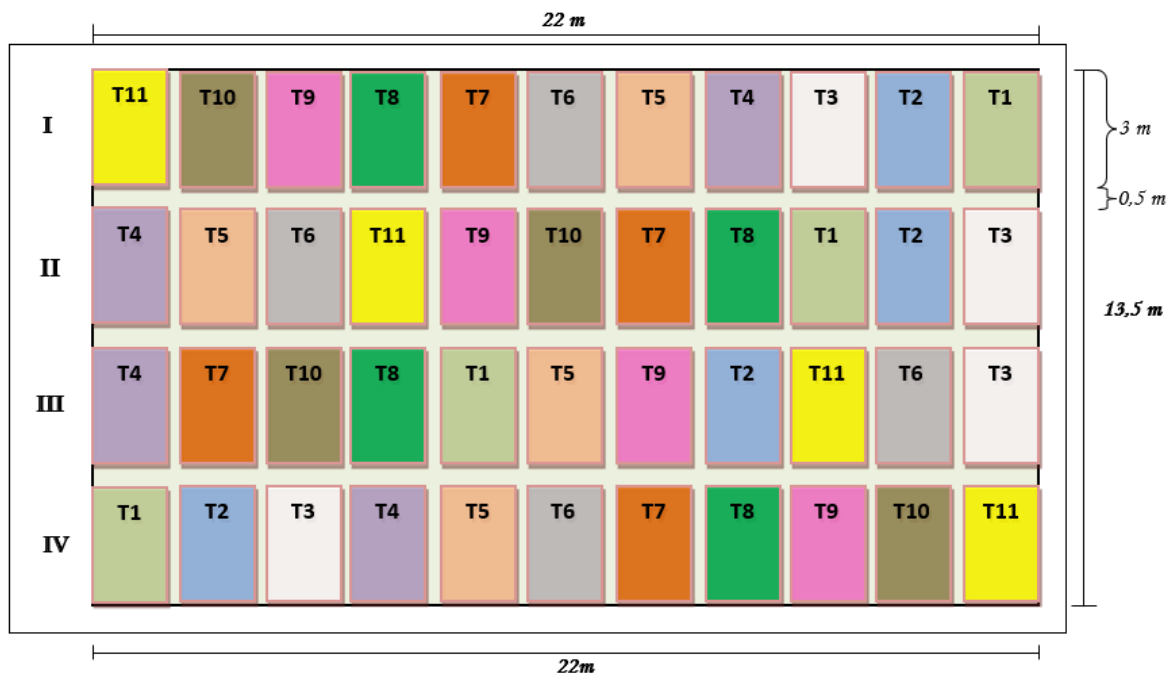
Las dimensiones de la parcela experimental y la distribución de las unidades experimentales en campo se presentan a continuación (Figura 4).

Unidades experimentales	44
Distancia entre surcos	0,5 m
Número de tratamientos	11

Área total del ensayo

297 m²

Figura 4. Croquis de la Parcela Experimental



5.3. Variables de respuesta

5.3.1. Variables de la planta

Para registrar las variables en estudio de la planta, se han identificado cinco plantas al azar por unidad experimental, las mismas fueron identificadas con marbetes y con el registro correspondiente a líneas y bloques. El registro de datos fue a la madurez de la planta.

- **Altura de planta:** la toma de datos se registró empleando una cinta métrica, desde el cuello de la planta hasta el ápice.
- **Peso de planta:** se registró en una balanza digital tomando el peso de plantas individuales cosechadas y secadas a temperatura ambiente tomando en cuenta el tallo, hoja, panoja y descartando la parte de la raíz.
- **Diámetro de tallo:** se registró a empleando un vernier digital, la variable fue tomada en la parte inferior de la planta.
- **Diámetro de panoja:** la variable del diámetro de panoja se registró tomando en el tercio medio de la panoja empleando un vernier digital y registrando el dato en milímetros.

- **Longitud de panoja:** la toma de datos para esta variable se realizó con la ayuda de un flexómetro midiendo desde la base hasta el ápice de la panoja principal y registrando el dato en cm.

5.3.2. Determinación del índice de cosecha y rendimiento

- **Índice de cosecha:** se determinó con datos del peso del grano limpio sobre peso seco de la planta para cada unidad experimental, mediante la siguiente fórmula:

$$IC = \text{Peso de grano limpio} / \text{Peso seco de la planta}$$

- **Peso de grano por planta:** para cuantificar el rendimiento de la quinua, se realizó la cosecha de las plantas individuales, posteriormente los pesos fueron expresados en gramos por unidad experimental.
- **Diámetro del grano:** para la obtención del diámetro del grano se procedió a la limpieza manual del grano, luego se tomó al azar 5 semillas por cada tratamiento y se registró el diámetro del grano con la ayuda de un vernier digital en unidades de milímetro.
- **Peso hectolítrico del grano:** se utilizó una probeta de 10 ml como unidad constante de volumen para luego ser pesado en una balanza de precisión, registrando el peso del grano dentro de la probeta.

5.3.3. Evaluación del grano tostado o pop de quinua

- **Preparación de la muestra**

El grano obtenido de cada línea fue sometida a limpieza y remisión de granos pequeños (menudos e inmaduros), de cada línea, se tomó 20 cc como volumen inicial de la muestra.

- **Hidratación o acondicionamiento del grano**

Cada muestra de grano fue sometida al proceso de hidratación introduciendo el grano en agua de grifo por un tiempo de dos horas siguiendo el procedimiento descrito por Calle (2016).

- **Tiempo de reposo**

Las muestras de grano hidratadas fueron puestas en papel toalla bajo sombra para homogeneizar la humedad del grano por un tiempo de 15 minutos de tal

forma que la muestra pueda ser manipulada sin que se pegue a los dedos antes del tostado.

- **Pre calentamiento**

La olla de arcilla o *jiwk'í* fue puesta a pre calentamiento a fuego mínimo durante 20 a 25 minutos aproximadamente esto para tener la temperatura aproximadamente homogénea.

- **Expandido de quinua**

Los granos de quinua hidratados y puesto a tiempo de reposo fue introducido a la olla de arcilla caliente a fuego intenso removiéndolo constantemente con una *jawriña* y evitando pérdidas por expiandido hacia el exterior del *jiwk'í*, y una vez completado el expandido del grano de quinua Pisankalla se realizó el vaciado en un bañador para el enfriado y posteriormente se lo puso en vasos desechables debidamente identificadas.

- **Registro del volumen expandido**

Se registró el volumen final del expandido del pop de la quinua, para ello se utilizó una probeta de 100 cc. Cabe señalar que el grano tostado o pop de quinua se introdujo a la probeta utilizando un embudo haciendo que la caída tenga la misma velocidad.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Variables de la planta

6.1.1. Altura de planta

El análisis de varianza (ANVA) de la Tabla 10, para bloques se tiene una significancia estadística, lo cual indica que el diseño gana precisión, entre Líneas existe una diferencia altamente significativa para la altura de planta lo que significa que al menos una de las Líneas se registró mayor altura. El coeficiente de variación fue de 9.95 %, esto indica que los datos son confiables por tener buen manejo de las unidades experimentales. En investigaciones a campo abierto el coeficiente de variación no debe superar al 30 % (Ochoa 2016).

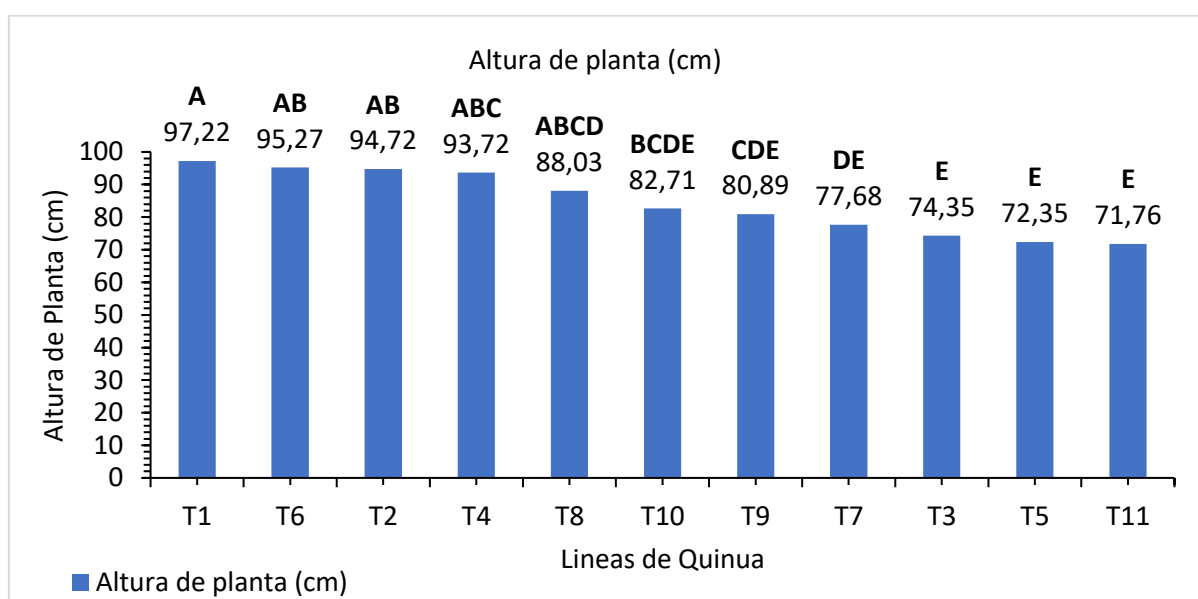
Tabla 10. Análisis de varianza para altura de planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	4048,8	13	311,45	4,41	0,0004
Bloques	227,31	3	75,77	1,07	0,3752 *
Líneas	3821,49	10	382,15	5,41	0,0001 **
Error	2117,75	30	70,59		
Total	6166,56	43			
C.V.	9,95 %				

* = Significativo; ** = Altamente significativo

En la Figura 5, la prueba de medias Duncan muestra como el mejor tratamiento a la Línea 1, formando parte del grupo “A” con una altura de planta en promedio de 97,22 cm, el tratamiento que presentó una altura de planta menor fue la Línea 11 con 71,76 cm perteneciendo al grupo “E”. Para Soraide (2014), el ecotipo Pisankalla puede alcanzar una altura de planta de 116,2 cm mientras que Bonifacio *et al.* (2012) reporta 95 cm para la variedad Pisanqalla.

Figura 5. Representación gráfica de la prueba Duncan para altura de planta



Las diferencias en alturas de planta expuestas anteriormente, se debe al material genético de las Líneas seleccionadas por su aptitud de uso para “POP” de quinua.

Para Mujica *et al.* (2004) la altura de planta de quinua varía entre 30 y 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos y también de las condiciones ambientales donde se las cultiva. Borda (2011), manifiesta que las variedades o accesiones tardías alcanzan mayores alturas a diferencia que las precoces que llegan

a tener alturas menores, mencionando que la diferencia de alturas es de carácter genético.

Gandarillas (1979) indica que, la altura de planta y los colores de la planta y del fruto son buenos caracteres para diferenciar variedades.

6.1.2. Peso de planta

En la Tabla 11, el análisis de varianza muestra las diferencias altamente significativas para bloques, esto nos indica que el diseño planteado para la investigación gana precisión. Las diferencias entre las Líneas Pisankalla muestran una significancia alta en peso de planta, esto nos da a conocer que al menos una de las Líneas tiene mayor peso con respecto a los otros tratamientos. El coeficiente de variación fue de 29,29 %, valor que se considera aceptable en ensayos de campo.

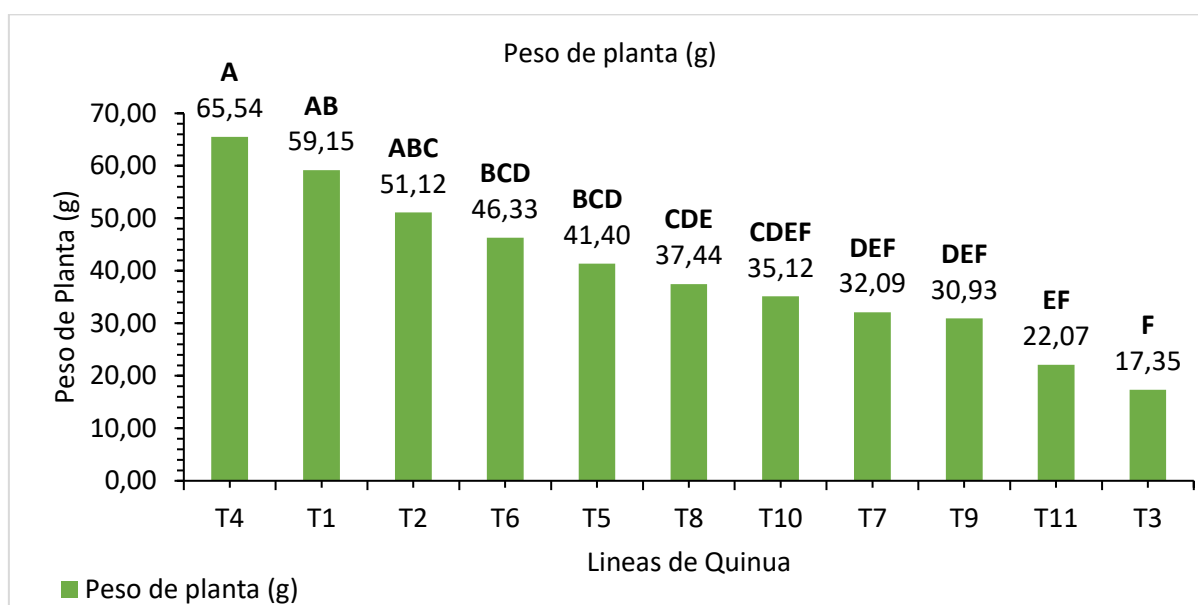
Tabla 11. Análisis de varianza para peso de planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo.	12097,66	13	930,59	6,83	<0,0001	
Bloques	3320,59	3	1106,86	8,12	0,0004	**
Líneas	8777,07	10	877,71	6,44	<0,0001	**
Error	4089,3	30	136,31			
Total	16186,96	43				
C.V.	29,29 %					

** = Altamente significativo

En la Figura 6, de la prueba de medias Duncan para el peso de planta, se clasifica en seis grupos, destacándose la Línea 4 con el mayor peso de 65,54 g y con menor peso de planta la Línea 3 con 17,35 g que se encuentra en el grupo F.

Figura 6. Representación gráfica de la prueba Duncan para peso de planta



En el ensayo se evidenció que el mayor peso de planta registrada fue de 65,54 g con la Línea 4. Para Gabriel *et al.* (2013), las plantas con mayor altura poseen panojas grandes, mayor diámetro de panoja, tallo, rendimiento y resistencia al mildiu y las plantas con menor altura tendrán panojas pequeñas, menor diámetro de panoja, tallo, rendimiento y mayor susceptibilidad a la enfermedad del mildiu.

6.1.3. Diámetro de tallo

Se muestra resultados del análisis de varianza (Tabla 12) del diámetro de tallo en Líneas de quinua Pisankalla, se obtuvieron diferencias significativas para bloques, por lo cual se gana precisión en el diseño planteado, también se encontraron diferencias altamente significativas para las Líneas en estudio, donde el análisis indica que al menos uno de los tratamientos se tiene un diámetro de tallo mayor con respecto a los demás Líneas.

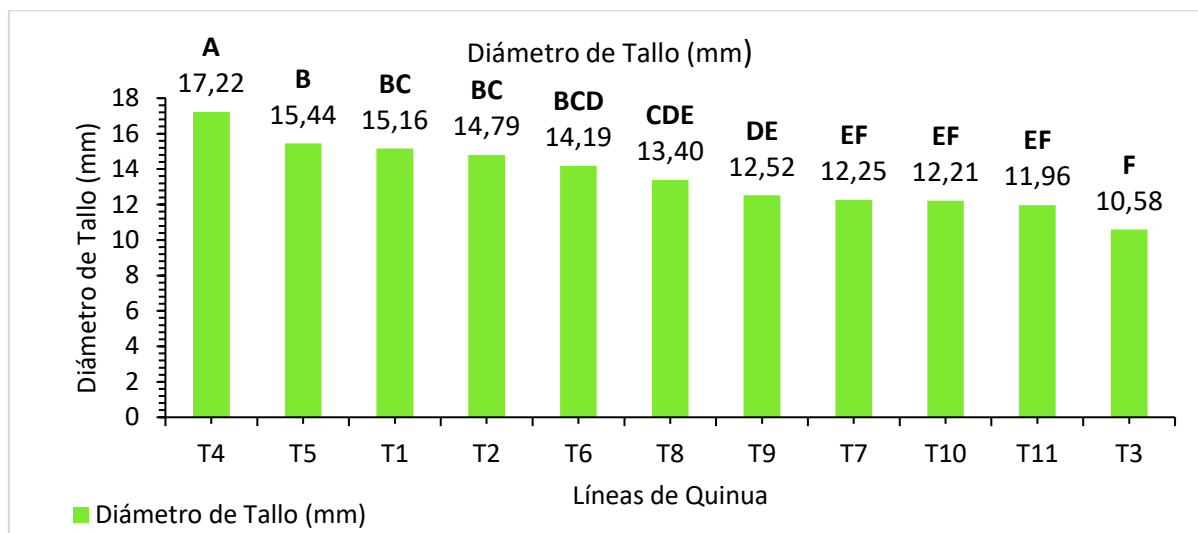
Tabla 12. Análisis de varianza para diámetro de tallo

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	166,5	13	12,81	9,81	<0,0001
Bloques	16,8	3	5,6	4,29	0,0124 *
Líneas	149,7	10	14,97	11,47	<0,0001 **
Error	39,16	30	1,31		
Total	205,67	43			
C.V.	8,39 %				

* = Significativo; ** = Altamente significativo

En la Figura 7, se puede observar que la prueba de medias Duncan para el diámetro de tallo, la Línea 4 mostró mayor diámetro de tallo con 17,22 mm, mientras tanto el menor diámetro obtenido fue en la Línea 3 con 10,58 mm.

Figura 7. Representación gráfica de la prueba de Duncan para diámetro de tallo



Gabriel *et al.* (2013), registraron valores en diámetro de tallo de 10,3 mm en promedio, con un rango de variación de 9,3 a 11,52 mm. Los diámetros menores se presentaron en cultivos procedentes del altiplano, por lo contrario, diámetros mayores se observaron en cultivares del valle. En la investigación la Línea 4 alcanzó 17,22 mm en diámetro de tallo, que es mayor al dato registrado por Gabriel *et al.* (2013), por las condiciones climáticas favorables que se registraron durante el ensayo.

Bonifacio y López, citado por Calle (2016), resalta que en la quinua el diámetro de tallo está asociada con el vigor de la planta.

6.2. Tamaño de panoja en la etapa de cosecha

6.2.1. Diámetro de panoja

El análisis de varianza en la Tabla 13, para el diámetro de panoja en Líneas de quinua Pisankalla, entre bloques no muestra significancia estadística, lo que quiere decir que las condiciones ambientales no fueron homogéneas y el diseño pierde precisión, entre las Líneas existe diferencias altamente significativas donde nos hace conocer que al menos uno de los tratamientos ha tenido un diámetro de panoja diferente respecto a las demás Líneas en estudio. El coeficiente de variación fue de 14,53 %.

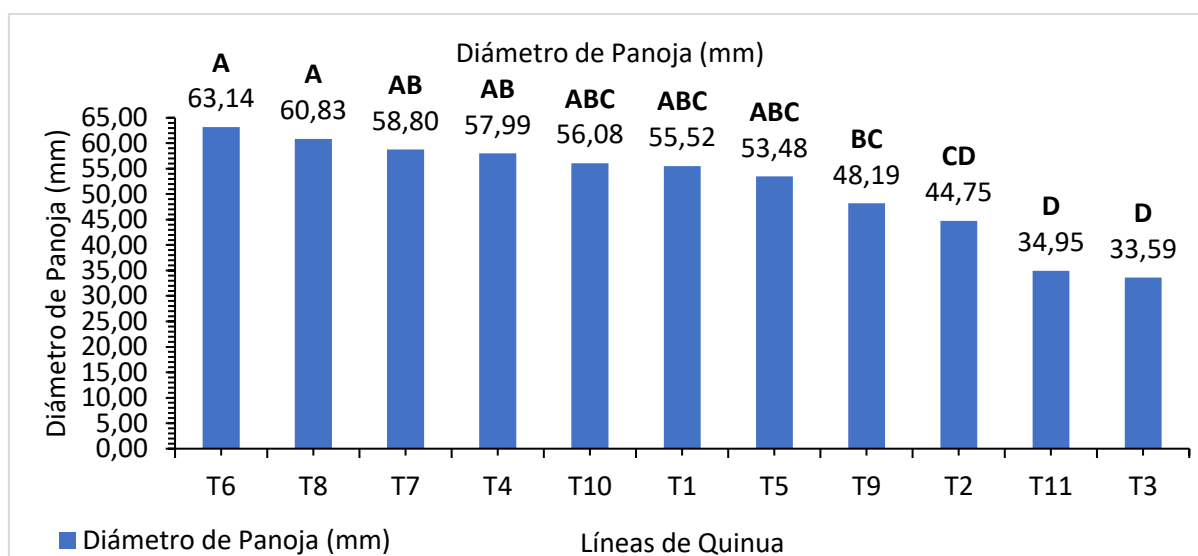
Tabla 13. Análisis de varianza para diámetro de panoja

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	4438,2	13	341,4	6,08	<0,0001
Bloques	396,24	3	132,08	2,35	0,092 NS
Líneas	4041,97	10	404,2	7,2	<0,0001 **
Error	1684,31	30	56,14		
Total	6122,51	43			
C.V.	14,53 %				

NS = No significativo; ** = Altamente significativo

En la prueba de medias Duncan de la Figura 8, se observa cuatro grupos diferentes para el diámetro de panoja, donde la Línea 6 es la que sobresale respecto a las demás Líneas encontrándose en el grupo “A” con 63,15 mm de diámetro de panoja en promedio y la Línea 3 obtuvo un diámetro de panoja de 33,59 mm en promedio constituyéndose en el grupo “D” teniendo un menor desarrollo en el diámetro de panoja.

Figura 8. Representación gráfica de la prueba de Duncan para diámetro de panoja



Apaza *et al.* (2013), reportan valores de diámetro de panoja que varía de 5 a 7 cm en variedad INIA 415 – PASANKALLA con color de pericarpio plomo claro y con episperma de vino oscuro.

Soraide (2014), señala que el método de evaluación para diámetro de panoja se debe realizar en la parte más ancha de la panoja principal, cuyo método fue empleado en

el presente estudio, y por tal razón la Línea 6 alcanzó el mayor diámetro de panoja. Ramos, citado por Serrano (2018) indica que el medio ambiente, el manejo cultural, el aspecto sanitario y las densidades manejadas también pueden tener un nivel de influencia en el tamaño final de panoja que desarrollen las plantas de quinua.

6.2.2. Longitud de panoja

En la Tabla 14, se muestran resultados del análisis de varianza de la longitud de panoja, donde se observa que entre bloques no muestran diferencias significativas, lo cual se puede explicar sobre la base de la homogeneidad de las condiciones del terreno. En cambio, las diferencias observadas entre Líneas son altamente significativas, donde al menos una de las Líneas tiene buen desarrollo de longitud de panoja.

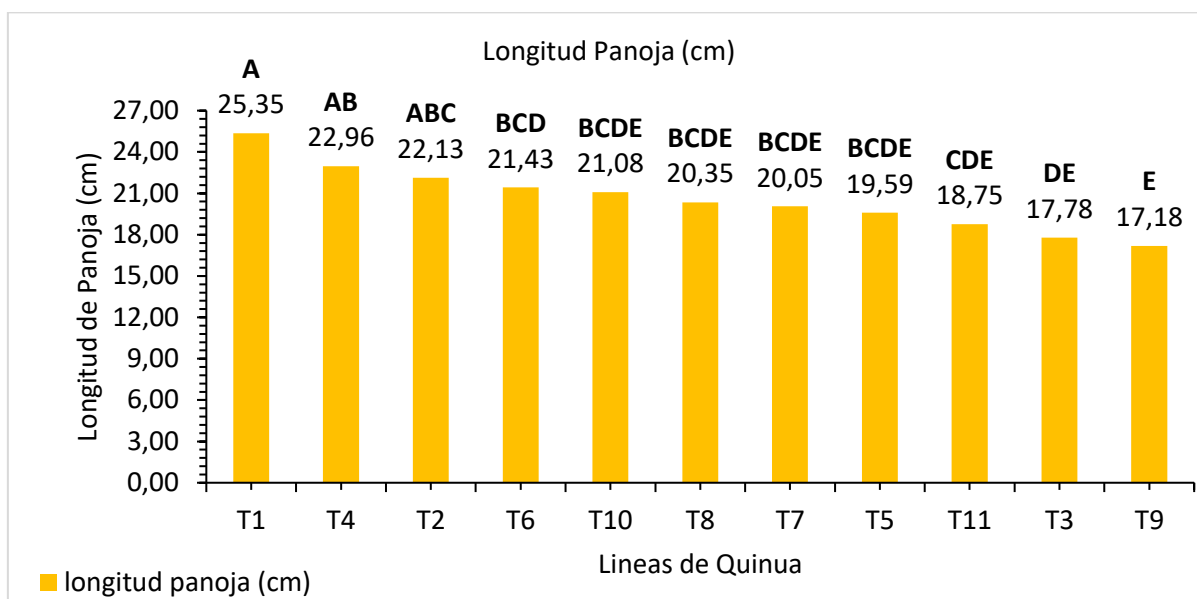
Tabla 14. Análisis de varianza para longitud de panoja

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo.	230,87	13	17,76	2,95	0,0071	
Bloques	7,39	3	2,46	0,41	0,7479	NS
Líneas	223,48	10	22,35	3,71	0,0026	**
Error	180,79	30	6,03			
Total	411,66	43				
C.V.	11,92 %					

NS = No significativo; ** = Altamente significativo

En la prueba de medias Duncan se observa (Figura 9) que para la longitud de panoja se conformaron en cinco grupos, donde la Línea 1 registró mayor longitud de panoja de 25,35 cm siendo la mejor Línea con respecto al resto de las Líneas, y con menor desarrollo de la longitud de panoja fue la Línea 9 con 17,18 cm y se encuentra en el grupo "E". Soraide (2014), describe las características del tipo de panoja que son glomeruladas en el ecotipo Pisankalla, y encontró el registro de 38,3 cm de longitud de panoja.

Figura 9. Representación gráfica de la prueba Duncan para longitud de panoja



Rosas (2015) menciona que, en las variedades tardías alcanzaron mayores valores de: 30,37 cm en Amarilla de Manrangani, 29,1 cm en la Blanca de Hualhuas y 28,57 cm en Rosada de Huancayo, mientras que en las variedades precoces se obtuvieron valores mínimos: Salcedo-INIA con 21,5 cm, Pasankalla con 21,5 cm, Blanca de Juli con 20,1 cm y la Kancolla con 19,9 cm.

6.3. Determinación del índice de cosecha y rendimiento

6.3.1. Índice de cosecha

El análisis de varianza para el índice de cosecha en Líneas de quinua Pisankalla de la Tabla 15, para bloques no se ha obtenido una significancia y entre las Líneas se determinó que existe diferencias altamente significativas, lo que nos indica que en una de las Líneas se tiene mayor índice de cosecha y el coeficiente de variación fue de 14,78 % valor inferior al 30 % que se considera aceptable.

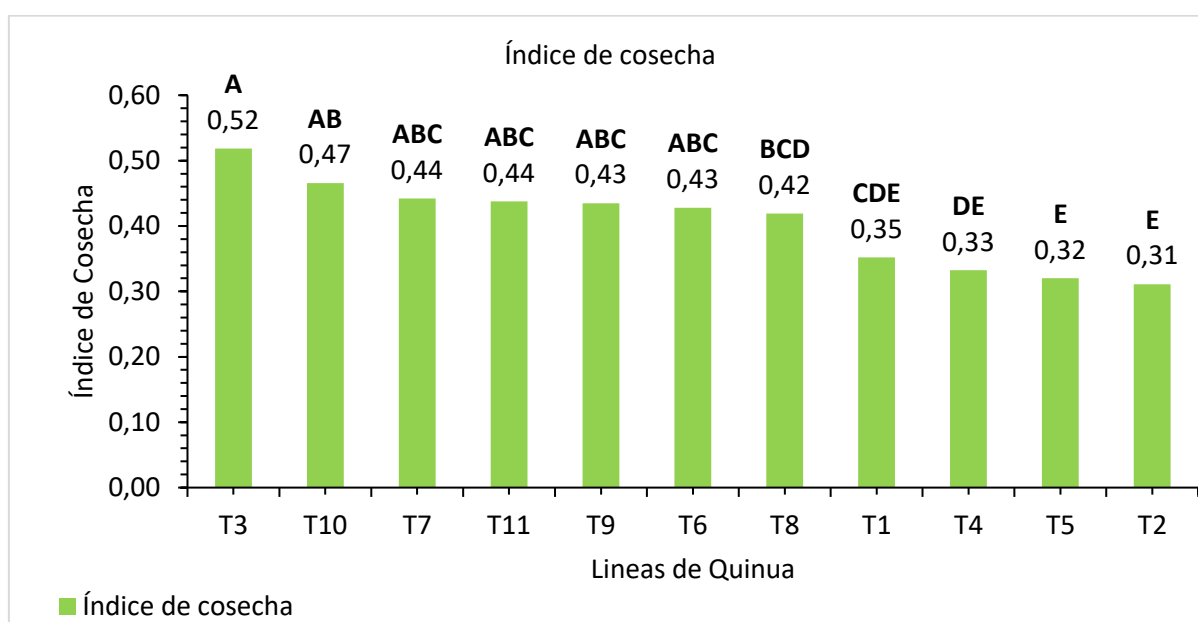
Tabla 15. Análisis de varianza para índice de cosecha

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo.	0,19	13	0,01	4,05	0,0008	
Bloques	0,01	3	1,80E-03	0,49	0,689	NS
Líneas	0,18	10	0,02	5,12	0,0002	**
Error	0,11	30	3,60E-03			
Total	0,3	43				
C.V.	14,78 %					

NS = No significativo; ** = Altamente significativo

En la prueba de medias Duncan se puede observar (Figura 10) que los resultados fueron agrupados en cuatro grupos, la Línea 3 con un índice de cosecha de 0,52 fue el mejor tratamiento perteneciendo al grupo "A" de la clasificación estadística y la Línea 2 resulto con menor índice de cosecha quedando en el último grupo "E" con una media de 0,31 en el índice de cosecha. Cuanto menor es el índice de cosecha de la planta produce más broza que grano (Calle 2016).

Figura 10. Representación gráfica de la prueba Duncan para índice de cosecha



Palma (2007) indica que, el índice de cosecha está influenciado por el genotipo, la distancia entre hileras y no por el número de plantas por metro lineal, el mismo reportó índice de cosecha en la variedad Pisankalla de 0,33. En la investigación se registró un índice de cosecha de 0,52 donde en la planta se obtuvo menos cantidad de broza que grano.

6.3.2. Peso de grano por planta

En la Tabla 16, se aprecian que los datos del análisis de varianza son altamente significativos entre bloques. Entre las Líneas se registró una alta significancia para peso de grano por planta, el análisis nos da a conocer que al menos una de las Líneas tiene buen rendimiento con respecto a las demás Líneas. El coeficiente de variación fue de 28,90 % refleja alta variabilidad en los datos, sin embargo, se encuentra en el rango menor al 30 % y por tanto se considera que son confiables.

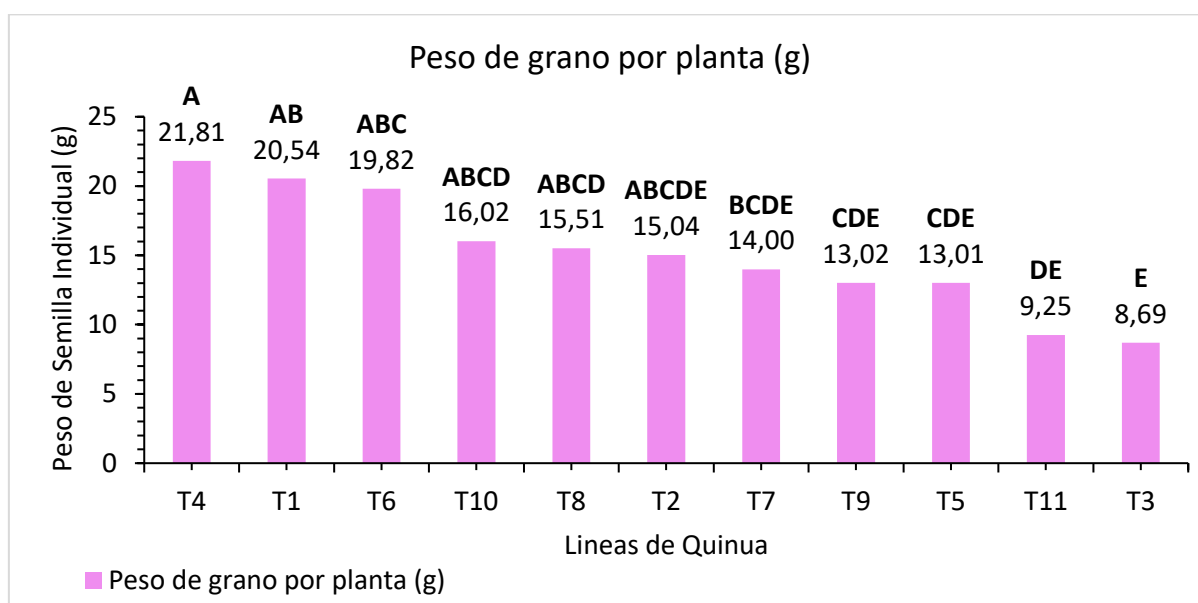
Tabla 16. Análisis de varianza para peso de grano por planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo.	1142,09	13	87,85	4,58	0,0003	
Bloques	409,45	3	136,48	7,12	0,0009	**
Líneas	732,64	10	73,26	3,82	0,0021	**
Error	575,15	30	19,17			
Total	1717,24	43				
C.V.	28,90 %					

* = Significativo; ** = Altamente significativo

La Figura 11, representa a la prueba de medias Duncan para peso de grano por planta donde se clasificaron en cuatro grupos diferentes, la Línea 4 registró mayor producción reflejando buen rendimiento con 21,81 g por planta y en la Línea 3 se alcanzó un rendimiento de 8,69 g siendo una de las Líneas con menor producción y en el análisis estadístico se ha clasificado en el grupo "E".

Figura 11. Representación gráfica de la prueba Duncan para peso de grano



Tapia y Frías (2007) menciona que, los rendimientos están muy relacionados con el nivel de fertilidad del suelo, el uso de abonos químicos, la época de siembra, la variedad empleada, el control de las plagas y la presencia de heladas y granizadas.

Cabe señalar que este parámetro de evaluación posiblemente fue influenciado por la helada que ocurrió en la etapa de madurez. Para Sánchez (2011), los daños por heladas tienen un efecto drástico para la planta llegando a ocasionar mermas y pérdidas en el rendimiento que varía de 52 a 95 % y la quinua es susceptible a la helada en el ciclo vegetativo de prefloración, floración y llenado de grano.

6.4. Características del grano

6.4.1. Diámetro del grano

El análisis de varianza para el diámetro de grano de la Tabla 17, determina que no existe diferencias significativas entre bloques, entre Líneas se tiene diferencias estadísticas altamente significativas, donde al menos en uno de los tratamientos se ha registrado mayor diámetro de grano, y el coeficiente de variación fue de 4,18 % donde los datos obtenidos son confiables.

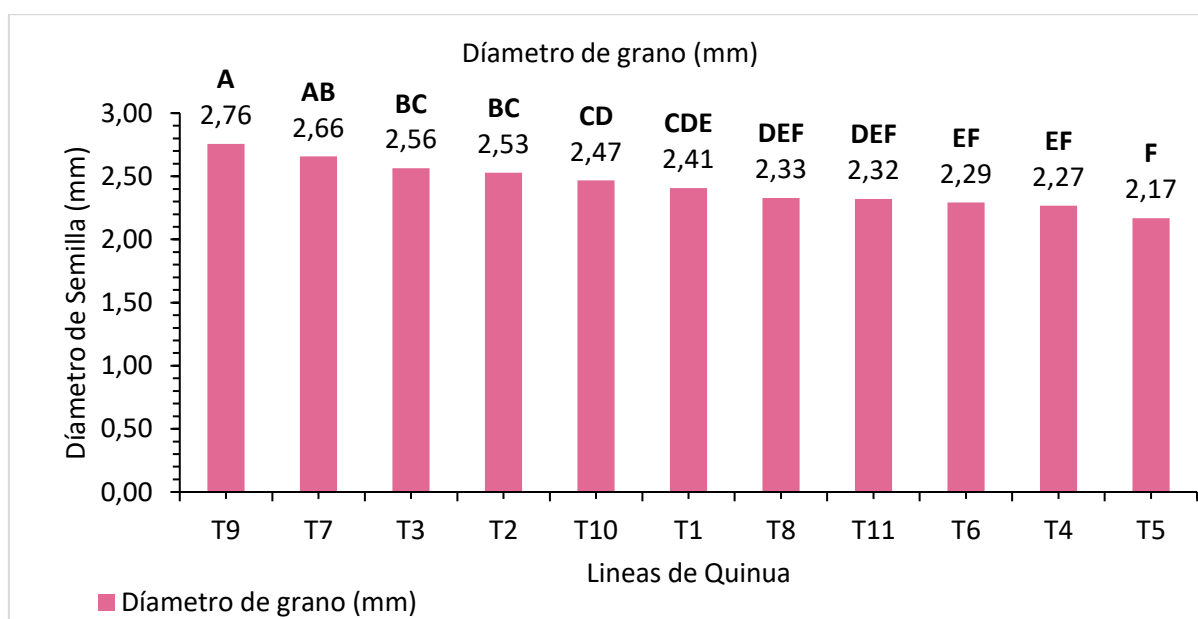
Tabla 17. Análisis de varianza para diámetro de grano

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo.	1,31	13	0,1	9,73	<0,0001	
Bloques	0,02	3	0,01	0,75	0,5287	NS
Líneas	1,29	10	0,13	12,42	<0,0001	**
Error	0,31	30	0,01			
Total	1,62	43				
C.V.	4,18 %					

NS = No significativo; ** = Altamente significativo

La prueba de medias Duncan de la Figura 12, nos indica que el mejor tratamiento fue la Línea 9 alcanzando en diámetro de grano de 2,76 mm estadísticamente fue clasificado en el grupo A y la Línea 5 solo logro alcanzar en diámetro de 2,17 mm llegando a clasificarse en el grupo F.

Figura 12. Representación gráfica de la prueba Duncan para diámetro de grano



Bonifacio *et al.* (2012) reportan valores de diámetro de grano en el ecotipo Phisanqalla amarantiforme con color de grano café, mayor a 2,5 y menor a 1,5 mm, en la investigación se obtuvo un diámetro mayor de 2,76 mm y como el menor diámetro de 2,17 mm, esto puede ser influenciado por los factores edafoclimáticos.

Bonifacio *et al.* (2014), menciona que actualmente en la misma panoja se encuentran tres tamaños de grano variando la proporción de ellos en los diferentes genotipos,

debido a la relación con la proporción de las flores más grandes (hermafroditas) y las flores más pequeñas (pistiladas) en la panoja.

6.4.2. Peso hectolítrico del grano

La Tabla 18, refleja el análisis de varianza ANVA para el peso hectolítrico, donde entre bloques no se tiene significación estadística, entre las Líneas se tiene un nivel de significancia donde hace referencia que al menos uno de la Líneas registró mayor peso hectolítrico con un coeficiente de variación de 1,45 %.

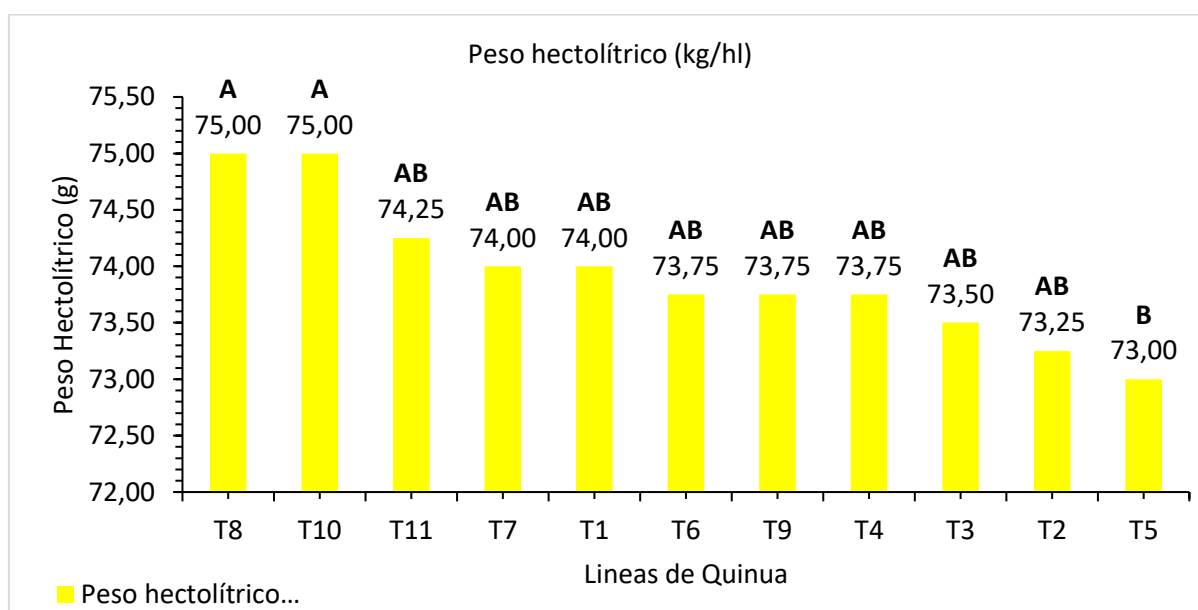
Tabla 18. Análisis de varianza para peso hectolítrico del grano

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	
Modelo.	18,3	13	1,41	1,22	0,3112	
Bloques	2,25	3	0,75	0,65	0,5878	NS
Líneas	16,05	10	1,6	1,4	0,2298	*
Error	34,5	30	1,15			
Total	52,8	43				
C.V.	1,45 %					

NS = No significativo; * = Significativo

En la Figura 13, de la prueba de medias Duncan para el peso hectolítrico la Línea 8 resulto ser el mejor con 75 kg/hl clasificándose en el primer grupo A y la Línea 5 fue la que registró menor peso hectolítrico con 73 kg/hl llegando agruparse en el grupo B.

Figura 13. Representación gráfica de la prueba Duncan para peso hectolítrico



En el catálogo de ecotipos de quinua Bonifacio *et al.* (2012) registraron el peso hectolítrico de 76,8 g/100cc en el ecotipo phisanqalla amarantiforme.

6.5. Evaluación del grano tostado o pop de quinua

6.5.1. Volumen de expansión

El análisis de varianza para el volumen de expansión (Tabla 19), entre bloques se evidenció diferencias significativas, lo que nos indica que el diseño gana precisión. Las diferencias observadas entre líneas, en el análisis estadístico se obtuvieron diferencias altamente significativas, donde quiere decir que al menos una de las Líneas ha obtenido mayor volumen de expansión y el coeficiente de variación fue 5,14 %.

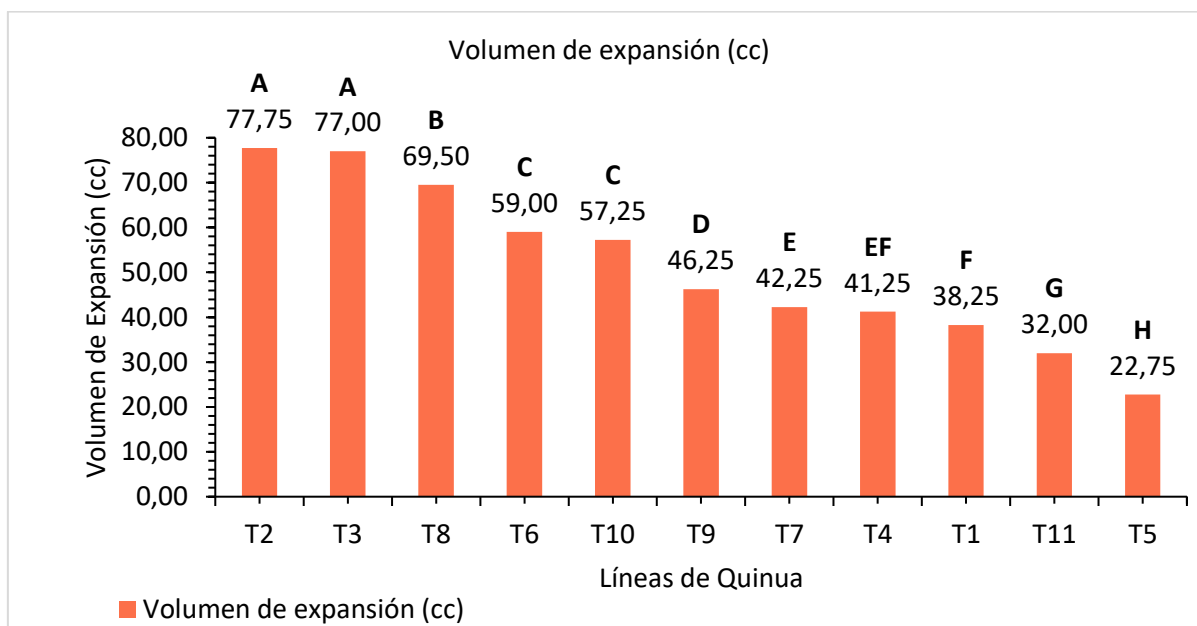
Tabla 19. Análisis de varianza para volumen de expansión

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	13478,98	13	1036,84	149,41	<0,0001
Bloques	70,07	3	23,36	3,37	0,0315 *
Líneas	13408,91	10	1340,89	193,23	<0,0001 **
Error	208,18	30	6,94		
Total	13687,16	43			
C.V.	5,14 %				

* = Significativo; ** = Altamente significativo

En la Figura 14, se observa que la prueba de medias Duncan para el volumen de expansión de la quinua Pisankalla, la Línea 2 y 3 han sido asignadas al grupo A con volúmenes de 77,75 y 77.00 cc en promedio, destacando entre las demás Líneas por su excelente calidad para el expandido de POP, además de presentar un agradable color y aspecto, por el contrario, la Línea 5 obtuvo 22,75 cc, llegando a clasificarse en el grupo "H".

Figura 14. Representación gráfica de la prueba Duncan para volumen de expansión



El volumen de expansión de quinua Pisankalla, permite seleccionar Líneas sobresalientes por su aptitud de uso para la agroindustria. Para Reynaga *et al.* (2011), los mejores rendimientos del volumen expandido son cuando el gránulo de almidón es de menor tamaño, en el ecotipo Ajara se observa un escaso expandido debido a su pericarpio grueso que afecta al expandido, y el tamaño de grano de quinua es de suma importancia para obtener mejores resultados en el expandido.

Cabe mencionar que existe pérdidas de nutrientes en el tostado de quinua Pisankalla. Según Reynaga *et al.* (2011), los granos de quinua antes de someterse a altas temperaturas se tiene valores nutricionales en: materia grasa 3,55 %, proteínas de 14,32 % y en cenizas 2,91 %, sin embargo, una vez sometido el grano de quinua a altas temperaturas presenta pérdidas de materia grasa de 3,01 %, proteínas 9,24 % y en cenizas de 1,89 %.

Durante el proceso del expandido, los granos de quinua sufren una desventaja debido a que se ocasiona la destrucción de gran parte aminoácidos (lisina) y el desprendimiento del germen (Tapia y Frías 2007).

6.5.2. Índice de expansión

El del análisis de varianza de la Tabla 20 nos determinó que existe una alta diferencia significativa entre bloques, para Líneas también existen diferencias con un alto nivel

de significancia, donde nos indica que al menos una de las Líneas tiene buen expandido de grano. El coeficiente de variación fue de 3,70 % que nos indica el buen manejo de las unidades experimentales y la alta confiabilidad de los datos obtenidos.

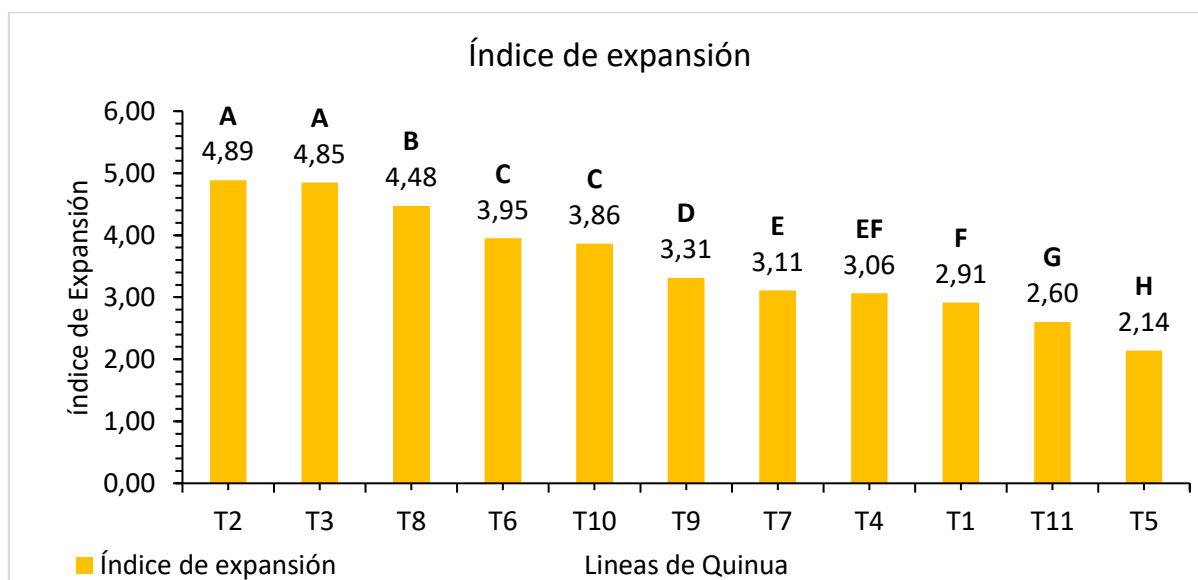
Tabla 20. Análisis de varianza para índice de expansión

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo.	33,7	13	2,59	149,41	<0,0001
Bloques	0,18	3	0,06	3,37	0,0315 **
Líneas	33,52	10	3,35	193,23	<0,0001 **
Error	0,52	30	0,02		
Total	34,22	43			
C.V.	3,70 %				

** = Altamente significativo

La prueba de medias Duncan de la Figura 15, muestra a las Líneas 2 y 3 como las mejores por alcanzar el mayor índice de expansión (4,89 y 4,85) deduciendo que estas Líneas son las adecuadas para el expandido de quinua y la Línea 5 ha logrado registrar menor índice de expansión de 2,14 siendo clasificado en el último grupo H.

Figura 15. Representación gráfica de la prueba Duncan para índice de expansión



El índice de expansión después del tostado en Líneas de quinua Pisankalla fueron evaluados para valorar la calidad del producto final POP, porque a consecuencia del proceso se deduce que no todas las Líneas tienen la aptitud para el proceso de expandido, lo que significa que no todas las Líneas pueden ser explotadas con mayor eficacia para el proceso agroindustrial de la quinua. Calle (2016) reporta valores en

índice de expansión en quinua roja destacando la Línea L-BLHB de 2,60 y con un volumen de 26,39 cc.

En base a los resultados las Líneas con mayor grado de índice de expansión son de color café rojizo que esta dado por el pericarpio, y forma color blanco al expandirse que el producto del perisperma (almidón), por otra parte, se observó que en la investigación conserva el embrión formado por los cotiledones y la radícula en los granos tostados de quinua Pisankalla.

Las Líneas con menor índice de expansión mantienen en su mayoría la integridad de los granos con apariencia de color rojizos, poco porcentaje del perisperma y el desprendimiento de la episperma.

7. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio de las Líneas de quinua Pisankalla se llegaron a las siguientes conclusiones:

La altura de planta de las Líneas evaluadas estadísticamente fueron diferentes y varían entre 97,22 a 71,6 cm que corresponde a la L1 y L11.

El diámetro de tallo refleja diferencias entre Líneas, resaltando las Líneas 4, 5 y 1 con valores de 17,22; 15,44 y 15,16 mm. respectivamente, por lo que se deduce que son plantas vigorosas.

Las Líneas 6, 8 y 7 sobresalen en el diámetro de panoja teniendo valores más elevados de 63,14; 60,83 y 58,8 mm la que registró menor valor fue la Línea 3 con 33,59 mm, mientras que en longitud de panoja las Líneas 1, 4 y 2 registraron valores de 25,35; 22,96 y 22,13 cm, la Línea 9 registró menor longitud de panoja con 17,18 cm.

El índice de cosecha resaltó diferencias estadísticas entre Líneas, obteniéndose valores más altos, los cuales corresponden a las Líneas 3, 10 y 7 con índices de 0,52; 0,47 y 0,44 deduciéndose que son las Líneas más productivas.

La Línea 8 registró el mayor peso hectolítrico de 75 kg/hl, y en cambio la Línea 5 ha reportado un valor de 73 kg/hl.

En cuanto al peso de grano por planta las Líneas 4 y 3 presentaron resultados de 21,81 y 8,69 g. En peso de planta se registraron valores de 65,54 y 17,35 g.

En cuanto a volumen e índice de expansión, se determinó que los valores más altos corresponden a las Líneas 2, 3 y 8 con resultados de 77,75; 77,00 y 69,5 cc de volumen de expansión y en índice de expansión se tienen valores de 4,89; 4,85 y 4,48. Los que alcanzaron valores mínimos en volumen de expansión fue la Línea 5 con 22,75 cc y en índice de expansión fue de 2,14 teniendo valores inferiores con respecto a la Línea 2.

Las Líneas de quinua evaluadas por la expansión del pop de quinua ofrecen oportunidad para seleccionar por sus características agroindustriales.

8. RECOMENDACIÓN

De acuerdo al trabajo de investigación realizada para la elaboración del tostado o pop de quinua Pisankalla, se recomienda lo siguiente:

- Emplear variedades específicas para su elaboración de pop o tostado de quinua.
- Se recomienda estandarizar el porcentaje de humedad del grano previo al tostado, para tener una buena calidad del pop de quinua.
- Desarrollar tostadoras artesanales que faciliten con el tostado o pop de quinua a nivel familiar, para ayudar en la elaboración de tostado o pop en las familias productoras y diversificar el consumo.
- Se recomienda realizar análisis bromatológicos del grano tostado o pop de quinua artesanal, para estimar la cantidad de nutrientes presentes en el tostado.

9. BIBLIOGRAFÍA

Alcocer, E. 2009. Procesos Agroindustriales para 10 productos de Quinoa. Fundación Educación para el Desarrollo – FAUTAPO. Oruro, Bolivia. 51 p.

Alcocer, E. 2010. Tecnologías agroindustriales de los granos andinos. *In* Rojas, W; Soto, JL; Pinto, M; Jager, M; Padulosi, S (eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersity International, Roma, Italia. p. 120 – 128.

Apaza, V; Cáceres, G; Estrada, R; Pinedo, R. 2013. Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. INIA, FAO. Lima, Perú. p. 9 – 79.

Arzapalo, D; Huamán, K; Quispe, M; Espinoza, S. 2015. Extracción y Caracterización del almidón de Tres Variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Negra Collana, Pasankalla Roja y Blanca Junín (en línea). Revista de la Sociedad Química del Perú. 81(1):44-54. Consultado 24 feb. 2023, disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371937641006>

Babot, M. del P. 2011. Cazadores-recolectores de los Andes Centro-Sur y procesamiento vegetal: una discusión desde la Puna Meridional Argentina (CA. 7.000-3.200 AÑOS A.P.). *Chungará (Arica)*, 43(especial): 413 – 432.

Bonifacio, A. 2006. Informe: granos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Perú. Andean Products, High Plateau and Central Valleys, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), Subdivisión de Promoción de Inversión y Tecnología. 34 p.

Bonifacio, A; Aroni, G; Villca, M. 2012. Catálogo etnobotánico de la quinua real. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 123 p.

Bonifacio, A; Gómez-Pando, L; Rojas, W. 2014. Aspectos agronómicos y ecológicos: Mejoramiento genético de la quinua y el desarrollo de las variedades modernas. *In* Bazile, D; Bertero, D; Nieto, C. (eds.). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). p. 203 – 226.

Bonifacio, A; Vargas, A; Aroni, G. 2014. Generación de variedades de quinua en un contexto de mercado y cambio climático. *In* Cultivos de quinua en Bolivia. Revista de agricultura. (54):29-35.

Bonifacio, A; Vargas, A; Mamani, M. 2015. Uso de variedades de quinua y semilla de calidad *In* Fundación PROINPA. Informe Compendio 2011 – 2014. Cochabamba, Bolivia. p. 33 – 43.

Borda, AM. 2011. Análisis de Productividad y Componentes del Rendimiento de Tres Variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Comunidad de Callapa – Altiplano Central. Tesis Lic. Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. 119 p.

Calle, L. 2016. Evaluación de Características Comerciales del Grano de Quinua Roja (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Centro K'iphak'iphani, Provincia Ingavi. Tesis. Lic. Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. 85 p.

Corzo, DL. 2018. Evaluación de las Características del Almidón de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) de Dos Variedades de Cundinamarca como una Posible Alternativa Tecnológica en la Industria de Alimentos. Tesis Lic. Programa de Ingeniería de Alimentos. Bogotá, Colombia, Universidad Nacional Abierta y A Distancia UNAD. 48 p.

Cruces, LM. 2016. Quinua Manejo integrado de plagas: Estrategias en el cultivo de quinua para fortalecer el sistema agroalimentario en la zona andina (en línea). FAO. Santiago, Chile. 189 p. Consultado 5 mar. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/documents/card/en/c/0336fc7c-a013-410d-9dec-ee8d0d0438f0/>

Cruces, LM; Callohuari, Y; Delgado, P. 2016. Guía de identificación y control: De las principales plagas que afectan a la quinua en la zona andina (en línea). FAO. Santiago, Chile. 83 p. Consultado 25 ene. 2023. Disponible en: <https://www.bivica.org/file/view/id/4881>

Duran, T. 2019. Quinua export. Producto milenario, mercado e instituciones en el altiplano boliviano (en línea). Revista Scielo (45):10-35. Consultado. 4 Dic. 2023. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29152019000200002

Egas, L; Villacrés, E; Salazar, D; Peralta, E; Ruilova, M. 2010. Elaboración de un Cereal para Desayuno con Base a Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Expandida. Revista tecnológica ESPOL-RTE 23(2):9-15.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) y ALADI (Asociación Latinoamericana de Integración). 2014. Tendencias y perspectiva del comercio internacional de quinua. Santiago, Chile. 46 p.

Gabriel, J; Luna, N; Vargas, A; Magne, J; Angulo, A; Torre, J; Bonifacio, A. 2013. Biodiversidad y Recursos Genéticas: Caracterización morfológica de 36 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el valle bajo de Cochabamba - Bolivia. In Vargas, M. (ed.). Congreso Científico de la Quinua (*Memorias*), IICA – INIAF – MDRyT – VDRA – Quinua 2013 Año internacional. La Paz, Bolivia. p. 3 – 16.

Gabriel, J; Luna, N; Vargas, A; Magne, J; Angulo, A; Torre, J; Bonifacio, A. 2013. Biodiversidad y Recursos Genéticas: Quinua de valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al Mildiu (*Pernospora farinosa* Willd.). In Vargas, M. (ed.). Congreso Científico de la Quinua (*Memorias*), IICA – INIAF – MDRyT – VDRA – Quinua 2013 Año internacional. La Paz, Bolivia. p. 17 – 30.

Gandarillas, H. 1979. Botánica. In Tapia, M. (ed.). La quinua Y la kañiwa, Cultivos Andinos. CIID (Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo) – IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). Bogotá, Colombia. p. 20 – 44. (serie libros y materiales educativo, n°. 40).

Gandarillas, H. 1979. Genética y Origen. In Tapia, M. (ed.). La quinua Y la kañiwa, Cultivos Andinos. CIID (Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo) – IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). Bogotá, Colombia. p. 45 – 64. (serie libros y materiales educativo, n°. 40).

Gandarillas, H. 1982. El cultivo de la quinua Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. IBTA-CID, La Paz, Bolivia. 21 p.

Gómez, L; Aguilar, E. 2016. Guía de cultivo de la quinua. Universidad Nacional Agraria La Molina, Programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos Facultad de Agronomía (Ed). FAO – Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 121 p.

IICA (Instituto Interamericano de la Cooperación para la Agricultura). 2015. El cultivo de la quinua. In El mercado y la producción de quinua en el Perú. Lima, Perú. p. 15 – 16.

INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria). 2006. QUINUA INIA 415 PASANKALLA (en línea). Puno, Perú. 2 p. Consultado 21 sep. 2023. Disponible en <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/656/1/Trip-Quinoa-INIA415.pdf>

Jacobsen, SE; Mujica, A; Ortiz, R. 2003. La Importancia de los Cultivo Andinos. Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología. 13(36):14-24.

Loza-Del Carpio, A; Clavitea, J; Delgado, D. 2016. Incidencia de aves granívoras y su importancia como plagas en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano peruano (en línea). Bioagro 28(3):139-150. Consultado 21 sep. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85749314001>.

Mamani, A; Bonifacio, A; Vargas, M; Alcón, G; Aroni, G. 2013. Sistema de Producción: La ruta de la semilla en la difusión de variedades mejoradas. In Vargas, M. (ed.). Congreso Científico de la Quinoa (*Memorias*), IICA – INIAF – MDRyT – VDRA – Quinoa 2013 Año internacional. La Paz, Bolivia. p. 203 – 212.

Marca, S; Chaucha, W; Quispe, JC; Mamani, V. 2011. Comportamiento Actual de los Agentes de la Cadena Productiva de Quinoa en la Región Puno – Dirección Regional Agraria Puno – Proyecto Quinoa Regional. Puno, Perú. 81 p.

Marconi, JL. 2007. Evaluación de métodos de cosecha de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para determinar pérdidas y grado de contaminación del grano comercial: Comunidad Sangramaya, Provincia Ingavi, La Paz. Tesis Lic. Carrera de Ingeniería Agronómica, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. 77 p.

Maza, NN. 2020. Extracción y caracterización fisicoquímica y tecno funcional de carbohidratos tipo almidón de cinco variedades de quinua. Tesis Lic. Facultad de industrias de alimentarias. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 163 p.

Moreno, A; Sánchez, L. 2013. Catálogo de Maquinaria para procesamiento de Quinoa (en línea). Cooperación Alemana al Desarrollo – GIZ. Perú. 41 p. Consultado 22 de may. 2023. Disponible en https://energypedia.info/images/e/e1/Maquinaria_para_Quinoa.pdf

Mujica, A; Canahua, A; Saravia, R. 2004. Agronomía del Cultivo de la Quinoa. In Mujica, A; Jacobsen, SE; Izquierdo, J; Marathee, JP (eds.). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro, FAO – UNA PUNO – CIP. Puno, Perú. p.43 – 46.

Mujica, A; Izquierdo, J; Marathee, JP. 2004. Origen y Descripción de la Quinua. *In* Mujica, A; Jacobsen, SE; Izquierdo, J; Marathee, JP (eds.). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro, FAO – UNA PUNO – CIP Puno, Perú. p.1 – 23.

Mujica, A; Ortiz, R; Bonifacio, A; Saravia, R; Corredor, G; Romero, A. 2006. Informe Final del Proyecto Quinua: Cultivo Multipropósito para los Países Andinos. Perú – Bolivia – Colombia, PNUD – CONCYTEC – UNA – PROINPA – UNC. Lima, Perú. s. p.

Nieto, C; Valdivia, R. 2004. Postcosecha, Transformación y Agroindustria. *In* Mujica, A; Jacobsen, SE; Izquierdo, J; Marathee, JP (eds.). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro, FAO – UNA PUNO – CIP. Puno, Perú. p. 254 – 279.

NOP, s.f. Programa Nacional Orgánico, Especificaciones Técnicas – Harina de Quinua, Control Unión Perú. s. p.

Ochoa, RR. 2016. Diseños bloques completos al azar. *In* Diseños Experimentales. La Paz, Bolivia. p. 59 – 72.

Ormachea, E; Ramírez, N. 2013. Propiedad colectiva de la tierra y producción agrícola capitalista: El caso de la quinua en el Altiplano Sur de Bolivia. La Paz, Bolivia, CEDLA. 208 p.

Ortiz, R. y Zanabria, E. 1979. Plagas. *In* Tapia, M. (ed). La quinua Y la kañiwa, Cultivos Andinos. CIID (Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo) – IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). Bogotá, Colombia. p. 121 – 136. (serie libros y materiales educativo, nº. 40).

Ortiz, R; Castro, A; Danielsen, S. 2004. Plagas y Enfermedades. *In* Mujica, A; Jacobsen, SE; Izquierdo, J; Marathee, JP (eds.). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro, FAO – UNA PUNO – CIP. Puno, Perú. p. 94 – 121.

Pacheco, M; Blajos, J. 2015. El clúster de la quinua en Bolivia. *In* Risi, J; Rojas, W; Pacheco, M. (eds.). Producción y Mercado de la Quinua en Bolivia, IICA. La Paz, Bolivia. p. 101 – 156.

Palao-Iturregui, L; Pauro-Flores, L; Delgado-Mamani, P. 2007. Mecanismos de protección para el control de aves en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en salcedo – Puno (en línea). Revista UNAP (7):32-39. Consultado 22 sep. 2023. Disponible en <http://revistas.unap.edu.pe/journal/index.php/RCAGRA/article/view/460/398>.

Palma, G. 2007. Comparación agrofisiológica de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y las consecuencias del raleo en los componentes de rendimiento y la calidad del grano, en el altiplano norte de Bolivia. Tesis Lic. Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. 114 p.

Pérez, F; Roma, O. 2016. Ecología de la quinua. *In* Hupa, Quinua: Semilla Sagrada, Sustento Artesanal; Programa Conjunto Granos Andinos. UNESCO (Organización de las Naciones Unidas Para la Educación, la Ciencia y la Cultura) – SDGF (Fondo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible) – QHAPAQ ÑAN. Lima, Perú. p. 13 – 23.

Pinto, M; Alarcón, V; Soto, JL; Rojas, W. 2010. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos. *In* Rojas, W; Soto, JL; Pinto, M; Jager, M; Padulosi, S (eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersivity International, Roma, Italia. p. 151 – 164.

Planella, MT; López, ML; Bruno, MC. 2014. Botánica, Domesticación y Circulación de Recursos Genéticos: La domesticación y distribución prehistórica. *In* Bazile, D; Bertero, D; Nieto, C. (eds.). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). p. 33 – 48.

Plata, G; Bonifacio, A; Navia, O; Gandarilla, A. 2014. Las enfermedades en el cultivo de la quinua: Hongo. *In* Saravia, R; Plata, G; Gandarillas, A. (eds.). Plagas enfermedades del cultivo de quinua. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. p. 83 – 122.

PROINPA. 2011. La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. FAO. La Paz, Bolivia. p.1 – 49.

PTDI-Viacha. 2020. Plan Territorial de Desarrollo Integral 2016 – 2020. Gobierno Autónomo Municipal de Viacha. 316 p.

Puña; I.C.; Argandoña, F.K; Benavides, J.P. 2021. Producción y mercado de la quinua en Bolivia. Instituto de investigaciones Socio – Económicas (IISEC) Universidad Católica Boliviana. Fundación Hanns Seidel, La Paz, Bolivia. 7 p. (serie ideas y reflexiones, n°. 8)

Quiroga, C; Escalera, R; Aroni, G; Bonifacio, A; Gonzales, JA; Villca, M; Saravia, R; Ruiz, A. 2014. Aspectos técnicos y nutricionales: Procesos tradicionales e innovaciones tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. *In* Bazile, D; Bertero, D; Nieto, C. (eds.). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). p. 258 – 296.

Quispe, R; Saravia, R; Villca, M; Lino, V. 2014. Insectos plaga del cultivo de la quinua: El complejo polilla. *In* Saravia, R; Plata, G; Gandarillas, A. (eds.). Plagas enfermedades del cultivo de quinua. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. p. 49 – 62.

Rea, J; Tapia, M; Mujica, A. 1979. Practicas agronómicas. *In* Tapia, M. (ed). La quinua Y la kañiwa, Cultivos Andinos. CIID (Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo) – IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). Bogotá, Colombia. p. 83 – 120. (serie libros y materiales educativo, n°. 40).

Repo-Carrasco, R; Julio, J; Encina, C. 2011. Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y maíz (*Zea mays* L.) (en línea). Ingeniería Industrial (29):209-224. Consultado 23 sep. 2023. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428495012.pdf>

Repo-Carrasco, R; Solorzano, F. 2020. Granos Andinos: Super Alimentos en la Cocina. Perú. 212p.

Reynaga, A; Castelú, P; Torrez, M. 2016. Investigación y Diseño de un Prototipo de Expansor Continuo de Granos de Amaranto Ciudad de La Paz con fondos IDHA – 1014, Instituto de Investigaciones y Aplicaciones Tecnológicas UMSA. La Paz. p. 44

Reynaga, A; Quispe, M; Guarachi, A; Calderón, I; Soto, JL. Onofre, R; Torrez, M. 2011. Caracterización Físico-Química de Trece Ecotipos de Quinua Real (*Chenopodium quinoa* Willd.) del Altiplano Sur de Bolivia con fines Agroindustriales. Convenio UMSA, Facultad Técnica, Carrera Química Industrial – Cooperación Sueca ASDI/SAREC. La Paz, Bolivia. 90 p.

Robles, J; Jacobsen, S; Rasmussen, C; Otazu, V; Mandujano, J. 2003. Plagas de aves en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y medidas de control en el Perú central (en línea). Revista peruana de entomología 43:147-151. Consultado 21 sep. 2023. Disponible en <https://revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/170/145>.

Rojas, F. (2017). Sistemas vasculares superiores gimnospermas. Facultad de agronomía – UMSA. La Paz, Bolivia. 259 p.

Rojas, R; Pinto, M; Vargas, A. 2014. Potenciales uso de la diversidad genética de la quinua en la agroindustria: Oportunidades y desafíos. *In* Cultivos de quinua en Bolivia. Revista de agricultura. (54):92-99.

Rojas, W; Pinto, M. 2013. Biodiversidad y Recursos Genéticos: La diversidad genética de quinua de Bolivia. *In* Vargas, M. (ed.). Congreso Científico de la Quinua (*Memorias*), IICA – INIAF – MDRyT – VDRA – Quinua 2013 Año internacional. La Paz, Bolivia. p. 77 – 91.

Rojas, W; Pinto, M; Soto, JL. 2010. Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos. *In* Rojas, W; Soto, JL; Pinto, M; Jager, M; Padulosi, S (eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersivity International, Roma, Italia. p. 11 – 23.

Rojas, W; Pinto, M; Soto, JL; Alcocer, E. 2010. Usos tradicionales no tradicionales e innovaciones agroindustriales de los granos andinos. *In* Rojas, W; Soto, JL; Pinto, M; Jager, M; Padulosi, S (eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersivity International, Roma, Italia. p. 129 – 150.

Rosas, G. 2015. Evaluación Agronómica de Diez Variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Bajo Dos Sistemas de Cultivo en la Unión-Leticia, Tarma. Tesis. Lic. Facultad de Agronomía. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria la Molina. 94 p.

Sánchez, V. 2011. Influencia de la plasticidad de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) sobre su constante térmica en el altiplano boliviano. Tesis Lic. Carrera de Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés. 73 p.

Serrano, CM. 2018. Comportamiento agronómico de diez cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) procedentes del altiplano, en la zona árida. Tesis. Lic. Escuela Profesional de Agronomía, Arequipa, Perú, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 94 p.

Soraide, D. 2014. La Quinoa Real del Altiplano Sur de Bolivia. (en línea). Bolivia. 131 p. Consultado 18 jul. 2023. Disponible en https://issuu.com/albertchavez7/docs/la_quinoa_real_altiplano_sur.

Tapia, ME. 1997. Agronomía de los cultivos andinos. *In* Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación. 2 ed. (en línea). FAO. Santiago, Chile. p. 28 – 77. Consultado 20 ago. 2023. Disponible en https://issuu.com/b.mendozaelizabeth/docs/cultivos_andinos_subexplotados_y_s1

Tapia, ME. 2022. Granos Andinos: Potencialidades y Desafíos. Asociación Especializada para el Desarrollo Sostenible – AEDES (ed.). Arequipa, Perú. 169 p.

Tapia, ME; Frías, AM. 2007. Guía de los cultivos andino (en línea). FAO y ANPE. Lima, Perú. 209 p. Consultado 18 ago. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/ai185s/ai185s.pdf>

Vargas, A; Bonifacio, A; Rojas, W. 2013. Agroindustria: Mejoramiento para calidad industrial de la quinua. *In* Vargas, M. (ed.). Congreso Científico de la Quinoa (*Memorias*), IICA – INIAF – MDRyT – VDRA – Quinoa 2013 Año internacional. La Paz, Bolivia. p. 497 – 507.

Veas, E; Cortes, H. 2016. Manual del Cultivo de la Quinoa: Cultivo ancestral como una alternativa eficiente para la adaptación de la agricultura al cambio climático. CONICYT (Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnología) – CEAZA (Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas). Chile. 42 p.

Winkel, T; Álvarez-Flores, R; Bommel, P; Bourliand, J; Chavarría, M; Cortes, G; Cruz, P; Del Castillo, C; Gasselin, P; Joffre, R; Léger, F; Nina, J; Rambal, S; Reviere, G; Tichit, M; Tourrand, J; Vassas, A; Vieira, M. 2014. Contexto del cultivo en su área originaria: Altiplano Sur de Bolivia. *In* Bazile, D; Bertero, D; Nieto, C. (eds.). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). p. 432 – 449.

Zurita-Silva, A; Quiroz, C. 2015. Plagas y enfermedades en el cultivo de quinua. *In* Matus, I (ed.). El cultivo de la quinua en Chile. Boletín N° 362. Instituto de Investigación Agropecuarios. Centro Regional de Investigación Rayentue. Rengo. Chile. p. 87 – 103.

10. ANEXO

Anexo 1. Datos registrados de las variables de estudio.

Bloques	Tratamientos (líneas de quinua)	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Peso de grano por planta (g)	Peso hectolítrico (kg/hl)	Diámetro de grano (mm)	Peso de planta (g)	Diámetro de panoja (mm)	longitud panoja (cm)	Volumen de expansión (cc)	Índice de expansión	Índice de cosecha
B I	T1	105,74	18,15	32,06	73,00	2,48	94,54	69,63	28,70	34,00	2,70	0,34
B I	T2	84,80	14,71	16,36	74,00	2,40	62,40	49,55	21,20	75,00	4,75	0,26
B I	T3	87,50	11,17	10,70	75,00	2,45	25,66	34,65	18,70	75,00	4,75	0,42
B I	T4	88,70	17,58	32,00	74,00	2,35	89,58	60,02	23,02	42,00	3,10	0,36
B I	T5	75,86	14,97	14,14	74,00	2,12	47,20	60,22	19,90	21,00	2,05	0,30
B I	T6	89,34	15,28	31,28	70,00	2,30	70,84	81,99	21,10	64,00	4,20	0,44
B I	T7	86,98	12,99	18,52	74,00	2,80	44,30	63,22	21,50	40,00	3,00	0,42
B I	T8	109,38	14,80	25,40	76,00	2,27	63,44	74,62	23,50	74,00	4,70	0,40
B I	T9	88,90	13,92	14,44	73,00	2,86	36,52	44,60	18,00	49,00	3,45	0,40
B I	T10	85,82	14,42	19,20	74,00	2,53	46,76	55,74	21,20	61,00	4,05	0,41
B I	T11	67,02	12,15	7,70	74,00	2,54	14,08	30,23	14,90	31,00	2,55	0,55
B II	T1	99,80	15,86	23,84	75,00	2,42	60,46	48,79	26,40	42,00	3,10	0,39
B II	T2	95,70	15,08	15,30	73,00	2,59	64,20	43,28	20,90	84,00	5,20	0,24
B II	T3	71,04	11,03	9,00	73,00	2,76	17,80	37,35	17,70	79,00	4,95	0,51
B II	T4	89,78	16,68	16,62	74,00	2,24	45,98	58,50	22,30	44,00	3,20	0,36
B II	T5	71,92	15,04	11,86	73,00	2,10	41,22	40,11	19,64	24,00	2,20	0,29
B II	T6	109,60	14,54	22,86	75,00	2,23	56,38	63,86	25,50	58,00	3,90	0,41
B II	T7	74,02	11,17	10,42	74,00	2,60	20,92	48,65	17,40	43,00	3,15	0,50
B II	T8	81,18	12,22	15,06	75,00	2,31	33,32	59,00	21,40	70,00	4,50	0,45
B II	T9	84,88	12,90	14,72	74,00	2,77	36,00	57,08	18,60	45,00	3,25	0,41
B II	T10	74,50	12,79	14,84	76,00	2,35	33,00	56,78	20,60	59,00	3,95	0,45
B II	T11	72,20	12,44	10,02	75,00	2,08	26,82	36,61	19,40	34,00	2,70	0,37
B III	T1	97,02	13,76	13,98	73,00	2,38	50,98	55,66	26,40	39,00	2,95	0,27
B III	T2	95,48	15,59	14,76	73,00	2,47	34,68	45,32	23,10	74,00	4,70	0,43
B III	T3	67,34	10,75	8,86	73,00	2,60	14,14	34,20	18,30	77,00	4,85	0,63
B III	T4	106,00	18,60	15,26	74,00	2,21	63,24	62,59	23,60	38,00	2,90	0,24
B III	T5	70,20	17,09	15,78	73,00	2,21	45,32	61,19	21,50	23,00	2,15	0,35
B III	T6	88,88	13,16	12,26	75,00	2,28	28,14	49,32	18,70	55,00	3,75	0,44
B III	T7	71,30	11,78	11,24	74,00	2,62	27,28	57,83	20,80	44,00	3,20	0,41
B III	T8	78,36	12,10	8,98	75,00	2,33	20,68	51,11	16,30	65,00	4,25	0,43
B III	T9	79,56	12,82	14,60	74,00	2,69	35,26	49,01	18,00	45,00	3,25	0,41

Bloques	Tratamientos (líneas de quinua)	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Peso de grano por planta (g)	Peso hectolítrico (kg/hl)	Diámetro de grano (mm)	Peso de planta (g)	Diámetro de panoja (mm)	Longitud panoja (cm)	Volumen de expansión (cc)	Índice de expansión	Índice de cosecha
B III	T10	76,52	10,33	11,10	76,00	2,47	21,30	48,95	17,30	52,00	3,60	0,52
B III	T11	73,20	11,78	8,04	74,00	2,33	17,88	32,35	20,70	31,00	2,55	0,45
B IV	T1	86,30	12,86	12,28	75,00	2,35	30,62	48,00	19,90	38,00	2,90	0,40
B IV	T2	102,90	13,78	13,72	73,00	2,65	43,20	40,84	23,30	78,00	4,90	0,32
B IV	T3	71,52	9,38	6,18	73,00	2,44	11,78	28,15	16,40	77,00	4,85	0,52
B IV	T4	90,38	16,01	23,36	73,00	2,27	63,34	50,86	22,90	41,00	3,05	0,37
B IV	T5	71,40	14,67	10,24	72,00	2,25	31,84	52,42	17,30	23,00	2,15	0,32
B IV	T6	93,24	13,77	12,86	75,00	2,36	29,94	57,41	20,40	59,00	3,95	0,43
B IV	T7	78,40	13,05	15,80	74,00	2,61	35,84	65,49	20,50	42,00	3,10	0,44
B IV	T8	83,20	14,48	12,60	74,00	2,41	32,32	58,60	20,20	69,00	4,45	0,39
B IV	T9	70,20	10,42	8,30	74,00	2,70	15,92	42,05	14,10	46,00	3,30	0,52
B IV	T10	94,00	11,31	18,92	74,00	2,52	39,42	62,86	25,20	57,00	3,85	0,48
B IV	T11	74,60	11,48	11,24	74,00	2,33	29,50	40,61	20,00	32,00	2,60	0,38

Anexo 2. Análisis de varianza de las variables de estudio

Análisis de la varianza

Altura de planta (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Altura de planta (cm)	44	0,66	0,51	9,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4048,80	13	311,45	4,41	0,0004
Bloques	227,31	3	75,77	1,07	0,3752
Tratamientos (líneas de qu..	3821,49	10	382,15	5,41	0,0001
Error	2117,75	30	70,59		
Total	6166,56	43			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 70,5918 gl: 30

Bloques Medias n E.E.

B I	88,19	11	2,53	A
B II	84,06	11	2,53	A
B IV	83,29	11	2,53	A
B III	82,17	11	2,53	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 70,5918 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu..	Medias	n	E.E.					
T1	97,22	4	4,20	A				
T6	95,27	4	4,20	A	B			
T2	94,72	4	4,20	A	B			
T4	93,72	4	4,20	A	B	C		
T8	88,03	4	4,20	A	B	C	D	
T10	82,71	4	4,20		B	C	D	E
T9	80,89	4	4,20			C	D	E
T7	77,68	4	4,20				D	E
T3	74,35	4	4,20					E
T5	72,35	4	4,20					E
T11	71,76	4	4,20					E

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

Peso de planta (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de planta (g)	44	0,75	0,64	29,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12097,66	13	930,59	6,83	<0,0001
Bloques	3320,59	3	1106,86	8,12	0,0004
Tratamientos (lineas de qu..	8777,07	10	877,71	6,44	<0,0001
Error	4089,30	30	136,31		
Total	16186,96	43			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 136,3100 gl: 30

Bloques	Medias	n	E.E.	
B I	54,12	11	3,52	A
B II	39,65	11	3,52	B
B IV	33,07	11	3,52	B
B III	32,63	11	3,52	B

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 136,3100 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu..	Medias	n	E.E.						
T4	65,54	4	5,84	A					
T1	59,15	4	5,84	A	B				
T2	51,12	4	5,84	A	B	C			
T6	46,33	4	5,84		B	C	D		
T5	41,40	4	5,84		B	C	D		
T8	37,44	4	5,84			C	D	E	
T10	35,12	4	5,84			C	D	E	F
T7	32,09	4	5,84				D	E	F
T9	30,93	4	5,84				D	E	F
T11	22,07	4	5,84					E	F
T3	17,35	4	5,84						F

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

Díametro de tallo (mm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Díametro de tallo (mm)	44	0,81	0,73	8,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	166,50	13	12,81	9,81	<0,0001
Bloques	16,80	3	5,60	4,29	0,0124

Tratamientos (lineas de qu..	149,70	10	14,97	11,47	<0,0001
Error	39,16	30	1,31		
Total	205,67	43			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,3054 gl: 30

Bloques	Medias	n	E.E.	
B I	14,56	11	0,34	A
B II	13,61	11	0,34	A B
B III	13,43	11	0,34	B
B IV	12,84	11	0,34	B

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,3054 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu..	Medias	n	E.E.				
T4	17,22	4	0,57	A			
T5	15,44	4	0,57		B		
T1	15,16	4	0,57		B	C	
T2	14,79	4	0,57		B	C	
T6	14,19	4	0,57		B	C	D
T8	13,40	4	0,57			C	D E
T9	12,52	4	0,57				D E
T7	12,25	4	0,57				E F
T10	12,21	4	0,57				E F
T11	11,96	4	0,57				E F
T3	10,58	4	0,57				F

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

Díametro de panoja (mm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Díametro de panoja (mm)	44	0,72	0,61	14,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4438,20	13	341,40	6,08	<0,0001
Bloques	396,24	3	132,08	2,35	0,0920
Tratamientos (lineas de qu..	4041,97	10	404,20	7,20	<0,0001
Error	1684,31	30	56,14		
Total	6122,51	43			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 56,1436 gl: 30

Bloques	Medias	n	E.E.	
B I	56,77	11	2,26	A
B II	50,00	11	2,26	A
B III	49,78	11	2,26	A
B IV	49,75	11	2,26	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 56,1436 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu..	Medias	n	E.E.			
T6	63,15	4	3,75	A		
T8	60,83	4	3,75	A		
T7	58,80	4	3,75	A	B	
T4	57,99	4	3,75	A	B	
T10	56,08	4	3,75	A	B	C
T1	55,52	4	3,75	A	B	C

T5	53,49	4	3,75	A	B	C
T9	48,19	4	3,75		B	C
T2	44,75	4	3,75			C
T11	34,95	4	3,75			D
T3	33,59	4	3,75			D

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

longitud panoja (cm)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
longitud panoja (cm)	44	0,56	0,37	11,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	230,87	13	17,76	2,95	0,0071
Bloques	7,39	3	2,46	0,41	0,7479
Tratamientos (lineas de qu..	223,48	10	22,35	3,71	0,0026
Error	180,79	30	6,03		
Total	411,66	43			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 6,0264 gl: 30

Bloques Medias n E.E.

B I	21,07	11	0,74	A
B II	20,89	11	0,74	A
B III	20,43	11	0,74	A
B IV	20,02	11	0,74	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 6,0264 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu.. Medias n E.E.

T1	25,35	4	1,23	A				
T4	22,96	4	1,23	A	B			
T2	22,13	4	1,23	A	B	C		
T6	21,43	4	1,23		B	C	D	
T10	21,08	4	1,23		B	C	D	E
T8	20,35	4	1,23		B	C	D	E
T7	20,05	4	1,23		B	C	D	E
T5	19,59	4	1,23		B	C	D	E
T11	18,75	4	1,23			C	D	E
T3	17,78	4	1,23				D	E
T9	17,18	4	1,23					E

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

Índice de cosecha

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Índice de cosecha	44	0,64	0,48	14,78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,19	13	0,01	4,05	0,0008
Bloques	0,01	3	1,8E-03	0,49	0,6890
Tratamientos (lineas de qu..	0,18	10	0,02	5,12	0,0002
Error	0,11	30	3,6E-03		
Total	0,30	43			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0036 gl: 30

Bloques Medias n E.E.

B III	0,42	11	0,02	A
B IV	0,42	11	0,02	A
B II	0,40	11	0,02	A
B I	0,39	11	0,02	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0036 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu..	Medias	n	E.E.					
T3	0,52	4	0,03	A				
T10	0,47	4	0,03	A	B			
T7	0,44	4	0,03	A	B	C		
T11	0,44	4	0,03	A	B	C		
T9	0,44	4	0,03	A	B	C		
T6	0,43	4	0,03	A	B	C		
T8	0,42	4	0,03		B	C	D	
T1	0,35	4	0,03			C	D	E
T4	0,33	4	0,03				D	E
T5	0,32	4	0,03					E
T2	0,31	4	0,03					E

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

Peso de grano por planta (g)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de grano por planta (...)	44	0,67	0,52	28,90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1142,09	13	87,85	4,58	0,0003
Bloques	409,45	3	136,48	7,12	0,0009
Tratamientos (lineas de qu..	732,64	10	73,26	3,82	0,0021
Error	575,15	30	19,17		
Total	1717,24	43			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 19,1717 gl: 30

Bloques	Medias	n	E.E.	
B I	20,16	11	1,32	A
B II	14,96	11	1,32	B
B IV	13,23	11	1,32	B
B III	12,26	11	1,32	B

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 19,1717 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu..	Medias	n	E.E.						
T4	21,81	4	2,19	A					
T1	20,54	4	2,19	A	B				
T6	19,82	4	2,19	A	B	C			
T10	16,02	4	2,19	A	B	C	D		
T8	15,51	4	2,19	A	B	C	D	E	
T2	15,04	4	2,19	A	B	C	D	E	
T7	14,00	4	2,19		B	C	D	E	
T9	13,02	4	2,19			C	D	E	
T5	13,01	4	2,19				C	D	E
T11	9,25	4	2,19					D	E
T3	8,69	4	2,19						E

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

Diámetro de grano (mm)

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Diámetro de grano (mm)	44	0,81	0,73	4,18	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	1,31	13	0,10	9,73	<0,0001	
Bloques	0,02	3	0,01	0,75	0,5287	NS
Tratamientos (lineas de qu..	1,29	10	0,13	12,42	<0,0001	**
Error	0,31	30	0,01			
Total	1,62	43				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0103 gl: 30

Bloques Medias n E.E.

B I	2,46	11	0,03	A
B IV	2,44	11	0,03	A
B III	2,42	11	0,03	A
B II	2,40	11	0,03	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0103 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu.. Medias n E.E.

T9	2,76	4	0,05	A				
T7	2,66	4	0,05	A	B			
T3	2,56	4	0,05		B	C		
T2	2,53	4	0,05		B	C		
T10	2,47	4	0,05			C	D	
T1	2,41	4	0,05			C	D	E
T8	2,33	4	0,05				D	E F
T11	2,32	4	0,05				D	E F
T6	2,29	4	0,05					E F
T4	2,27	4	0,05					E F
T5	2,17	4	0,05					F

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

Peso hectolítrico (kg/hl)

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
Peso hectolítrico (kg/hl)	44	0,35	0,06	1,45	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18,30	13	1,41	1,22	0,3112
Bloques	2,25	3	0,75	0,65	0,5878
Tratamientos (lineas de qu..	16,05	10	1,60	1,40	0,2298
Error	34,50	30	1,15		
Total	52,80	43			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,1500 gl: 30

Bloques Medias n E.E.

B II	74,27	11	0,32	A
B III	74,00	11	0,32	A
B I	73,73	11	0,32	A
B IV	73,73	11	0,32	A

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,1500 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu..	Medias	n	E.E.		
T8	75,00	4	0,54	A	
T10	75,00	4	0,54	A	
T11	74,25	4	0,54	A	B
T7	74,00	4	0,54	A	B
T1	74,00	4	0,54	A	B
T6	73,75	4	0,54	A	B
T9	73,75	4	0,54	A	B
T4	73,75	4	0,54	A	B
T3	73,50	4	0,54	A	B
T2	73,25	4	0,54	A	B
T5	73,00	4	0,54	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Volumen de expansión (cc)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Volumen de expansión (cc)	44	0,98	0,98	5,14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13478,98	13	1036,84	149,41	<0,0001
Bloques	70,07	3	23,36	3,37	0,0315
Tratamientos (lineas de qu..	13408,91	10	1340,89	193,23	<0,0001
Error	208,18	30	6,94		
Total	13687,16	43			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 6,9394 gl: 30

Bloques	Medias	n	E.E.		
B II	52,91	11	0,79	A	
B I	51,45	11	0,79	A	B
B IV	51,09	11	0,79	A	B
B III	49,36	11	0,79	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Test:Duncan Alfa=0,05**

Error: 6,9394 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu..	Medias	n	E.E.					
T2	77,75	4	1,32	A				
T3	77,00	4	1,32	A				
T8	69,50	4	1,32		B			
T6	59,00	4	1,32			C		
T10	57,25	4	1,32			C		
T9	46,25	4	1,32				D	
T7	42,25	4	1,32					E
T4	41,25	4	1,32					E
T1	38,25	4	1,32					F
T11	32,00	4	1,32					F
T5	22,75	4	1,32					G
								H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Índice de expansión**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Índice de expansión	44	0,98	0,98	3,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
------	----	----	----	---	---------

Modelo.	33,70	13	2,59	149,41	<0,0001
Bloques	0,18	3	0,06	3,37	0,0315
Tratamientos (lineas de qu..	33,52	10	3,35	193,23	<0,0001
Error	0,52	30	0,02		
Total	34,22	43			

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0173 gl: 30

Bloques Medias n E.E.

B II	3,65	11	0,04	A
B I	3,57	11	0,04	A B
B IV	3,55	11	0,04	A B
B III	3,47	11	0,04	B

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

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0173 gl: 30

Tratamientos (lineas de qu.. Medias n E.E.

T2	4,89	4	0,07	A
T3	4,85	4	0,07	A
T8	4,48	4	0,07	B
T6	3,95	4	0,07	C
T10	3,86	4	0,07	C
T9	3,31	4	0,07	D
T7	3,11	4	0,07	E
T4	3,06	4	0,07	E F
T1	2,91	4	0,07	F
T11	2,60	4	0,07	G
T5	2,14	4	0,07	H

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

Anexo 3. Parcela de estudio de la Líneas de quinua



Anexo 4. Pesaje de muestras individuales



Anexo 5. Cosecha de Líneas de quinua



Anexo 6. Medición de longitud y diámetro de panoja



Anexo 7. Medición de diámetro de grano



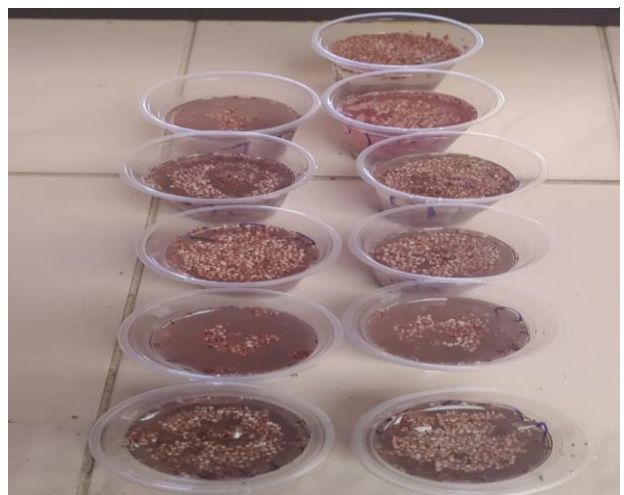
Anexo 8. Determinación del peso hectolítrico



Anexo 9. Preparación de la muestra para tostado o pop



Anexo 10. Hidratación o acondicionamiento de los granos



Anexo 11. Tiempo de reposo



Anexo 12. Pre calentamiento de la olla de arcilla o *jiwk'i* y tostado



Anexo 13. Expansión de las Líneas de quinua pisankalla



Anexo 14. Volumen e índice de expansión del grano tostado

