

INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es un pseudocereal perteneciente a la subfamilia Chenopodioideae de las amarantáceas. Es planta herbácea anual, que normalmente alcanza una altura de 1 a 3 m. Las hojas, alternas, son anchas y polimorfos; el tallo central puede estar más o menos ramificado, dependiendo de la variedad o densidad del sembrado. Con un fruto que es un utrículo (aquenio de pericarpo membranoso) con diámetros de entre 1.8 y 2.2 mm, de color variado: blanco, café, amarillo, rosado, gris, rojo y negro (FAO, 2001).

Se cultiva, principalmente, en la cordillera de los Andes en zonas frías y cálidas dependiendo de las variedades mayormente en el altiplano. Los principales países productores son: Ecuador, Perú, Bolivia, Colombia y Estados Unidos, si bien su cultivo se está expandiendo a diversos países de Europa y Asia, con altos niveles de rendimiento.

Es una planta resistente, tolerante y eficiente en el uso del agua, con una extraordinaria adaptabilidad, pudiendo soportar temperaturas desde -4° hasta 38°C y crecer con humedades relativas desde el 40 % hasta el 88 %.

Debido a su alto valor nutricional, el grano de quinua se constituye en un alimento básico de muchos pueblos, donde llega a ser el principal integrante de la dieta diaria, utilizada en gastronomía y pastelería y otros, adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas (plasticidad genética), tolerancia a suelos salinos, resistencia temperaturas extremas a la poca disponibilidad de agua, la quinua es un cultivo importante en la lucha contra el hambre a nivel mundial. Su contenido proteico varía desde un 12% hasta un 20% en algunas variedades, con una composición balanceada de aminoácidos similar a la caseína (proteína de la leche animal), vitaminas y minerales esenciales (calcio, magnesio, zinc y hierro), así como polifenoles y fibra dietética (FAO, 2001).

La quinua (*Chenopodium quinoa*), fue catalogada por la FAO como uno de los cultivos promisorios de la humanidad no sólo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana.

Su valor nutricional se ve reflejado en el alto perfil de proteína, entre 13,81 y 21.9% dependiendo de la variedad, además que contiene minerales y vitaminas que benefician la salud humana y animal.

Las bondades del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional, el grano de oro, como se lo conoce mundialmente, es considerado como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, superando a los existentes en el trigo, la cebada y la soya.

La quinua posee un excepcional equilibrio de proteínas, grasas y carbohidratos (fundamentalmente almidón). Entre los aminoácidos presentes en sus proteínas destacan la lisina (importante para el desarrollo del cerebro) y la arginina e histidina, básicos para el desarrollo humano durante la infancia. Igualmente es rica en metionina y cistina, en minerales como hierro, calcio y fósforo, y en vitaminas, mientras que es pobre en grasas, complementando sobre la mesa debates referidos a su consumo y venta. Sin embargo, existe todavía una producción de este modo a otros cereales y/o legumbres como las vainitas.

La demanda global del grano de oro ha incrementado la inversión y producción de este cultivo poniendo parcelada en medianas y pequeñas superficies en unidades familiares que son destinadas al autoconsumo y al mercado local. La ventaja de Bolivia, en ese sentido se encuentra en la particularidad de las condiciones climáticas, especialmente la radiación solar y la altura de sus zonas productoras. Sin embargo, el poco trabajo de investigación respecto a su adaptabilidad a determinadas condiciones climáticas, no han permitido su diversificación en otras zonas del Altiplano, pese a la demanda de este producto, tanto por consumidores como por agricultores.

Dentro de la amplia variabilidad genética de la quinua, la quinua real es una de las más propagadas esta desarrolla los granos más preciados del mundo, principalmente

por su tamaño grande. La quinua real es un complejo de ecotipos de diferentes colores, cuya variabilidad fue transferida de generación en generación (FAO, 2001).

Por lo tanto es necesario seguir investigando e identificando características propias de tolerancia y adaptabilidad a condiciones climatológicas adversas a la producción, mediante la evaluación del comportamiento agronómico de diversas variedades mejoradas y originarias de diferentes lugares; así como también, conocer el efecto que ejercen los factores bióticos y abióticos de la zona sobre las plantas ya sea individualmente o en una parcela cultivada y las respuestas que están presentando, con el mismo fin el de aportar con datos para el mantenimiento varietal y dar a conocer métodos para manejar los cultivos en condiciones no óptimas.

2. JUSTIFICACION

A la falta de conocimiento técnico sobre el comportamiento de algunas variedades de quinua para la zona alta del departamento de Tarija, con el presente trabajo de investigación se pretende buscar variedades de quinua con una producción más rentable y una buena adaptabilidad ya que es una zona que cuenta con las condiciones climatológicas adecuadas para producir este cultivo.

Por su adaptabilidad a diferentes medios y además por su creciente demanda en el mercado nacional e internacional, se genera el interés por conocer, investigar y producir este grano andino. Además, por sus reconocidas ventajas nutricionales que posee lo caracteriza más por la calidad que por la cantidad de proteínas que tiene. El tipo de aminoácidos esenciales que la constituyen, es un factor imprescindible para el desarrollo de las células del cerebro y sus funciones de memorización, aprendizaje y raciocinio; asimismo, son indispensables para el crecimiento físico.

Casi todas las partes de la planta y de la semilla (grano) de la quinua, pueden ser empleados para la alimentación humana. La semilla es empleada en forma de grano o harina de grano y las hojas y plántulas tiernas se emplean como reemplazo de las hortalizas de hoja (acelga, espinaca, col, etc.).

La producción de quinua en Bolivia está muy extendida ya que los departamentos de Oruro, Potosí y La Paz son los mayores productores de este cultivo en las zonas altiplánicas y valles, en cambio en el departamento de Tarija no se tiene conocimiento sobre la producción de este cultivo. Sin embargo, últimamente se vio el interés por estudiar el comportamiento agronómico de algunas variedades tanto para el valle central, así como para la zona alta del departamento.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La zona alta del departamento de Tarija carece de conocimientos sobre el manejo del cultivo de la quinua, y la falta de estudio técnico en variedades de quinua que se adapten adecuadamente a las condiciones climatológicas. Últimamente son varios los aspectos que hablan sobre la quinua y las grandes variedades que existe, es por ello que podemos decir que, debido a la falta de estudios técnico en cuanto a variedades, cuya eficacia sigue siendo débil porque hasta el momento no se ha logrado penetrar en la realidad sociocultural de los productores de la zona alta, a través de los servicios y estaciones de experimentación. Como consecuencia de esto la quinua desde la perspectiva del productor, es un cultivo menos importante y se aleja de sus planes de producción.

Por lo que se plantea como problema de investigación que existe poca información sobre evaluación de rendimiento del cultivo de quinua para esta zona productora, desaprovechando el incremento de las áreas de producción de quinua, así como también la oportunidad de insertarnos en la cadena agro productiva de la quinua.

La creciente demanda de alimentos de origen vegetal con alto contenido de nutrientes alimenticios para la humanidad, en especial la demanda insatisfecha en nuestro país, nos obliga a desarrollar nuevas tecnologías de menor costo de producción, que no contamina el medio ambiente; además de identificar cultivares de mayor rentabilidad económica que contribuya a mejorar los ingresos económicos de las familias de los agricultores.

4. HIPOTESIS

Existen diferencias significativas en las características agronómicas de las cuatro variedades de quinua.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el rendimiento y comportamiento agronómico de cuatro variedades de quinua bajo las condiciones climatológicas de la zona alta del departamento de Tarija.

5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar las mejores variedades de quinua adaptadas a las condiciones climatológicas de la zona alta de Tarija.
- Determinar el rendimiento en tn/ha de las cuatro variedades.
- Evaluar el crecimiento y desarrollo de cada variedad de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona alta del departamento.
- Verificar la presencia de plagas y enfermedades.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1. MARCO TEORICO O REVISION BIBLIOGRAFICA

1.1. ORIGEN DE LA QUINUA

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen, según Buskasov se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú (Cárdenas, 1944). Esto fue corroborado por Gandarillas (1979), quien indica que su área de dispersión geográfica es bastante amplia, no sólo por su importancia social y económica, sino porque allí se encuentra la mayor diversidad de ecotipos tanto cultivados técnicamente como en estado silvestre.

La mayoría de los autores coinciden en señalar que la quinua es originaria de los Andes de Perú y Bolivia, Al respecto, Tapia *et al.*, (1979), señala que la mayor variabilidad de quinuas cultivadas se encuentra alrededor del lago.

Titicaca, entre Cuzco - Perú y el lago Poopó – Bolivia. Asimismo, Mujica *et al.*, (2004), coincide en señalar que la quinua presenta mayor diversidad de genotipos y de progenitores silvestres en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia.

Destaca áreas específicas conocidas como centros de origen, los cuales se generan a partir del intercambio de especies entre zonas, donde se adapta diversidad de variedades del cultivo de quinua. Cada uno de estos centros de origen tiene características diferentes en cuanto a latitud, altitud, suelo, vegetación y clima.

1.2. DISTRIBUCION GEOGRAFICA

El cultivo de la quinua, se extiende desde los 5° de Latitud Norte, al sur de Colombia, hasta los 43° Latitud Sur en la décima Región de Chile; en cambio su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar en Chile, hasta los 4000 metros en el altiplano

que comparten Perú y Bolivia. Una considerable parte de la variabilidad genética de la especie está geográficamente asociada (PROINPA, 2001).

Rojas *et al.* (2010), informan que la distribución geográfica de producción mundial de quinua es: Bolivia, Perú y Ecuador, la producción de quinua se encuentra en proceso de expansión hacia diferentes espacios geográficos, por sus extraordinarias características de adaptación.

FAO (2001) Indica que desde el punto de vista de su variabilidad genética puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, siendo la región andina y dentro de ella, las orillas del Lago Titicaca, las que muestran mayor diversidad y variación genética.

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE LA QUINUA

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es un grano nativo de los Andes, por ende las condiciones agrícolas y de cultivo son las más óptimas en las regiones del altiplano y los valles altos de nuestro país. Es un cultivo con buenos rendimientos en lugares áridos y semiáridos.

Se atribuye su origen a la zona andina del Altiplano Perú-boliviano, por estar caracterizada por la gran cantidad de especies silvestres y la gran variabilidad genética, principalmente en ecotipos, reconociéndose cinco categorías básicas, (León, 2003),

La quinua en el altiplano boliviano está comprendida entre tres grupos de variedades o 17 razas. Su período vegetativo varía entre 150 y 240 días con una plasticidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales. Las diferentes variedades 6 presentan una relativa indiferencia respecto a fotoperiodo y a la altitud. Pueden cultivarse desde el nivel del mar hasta los 3,900 m. Toleran suelos en una amplia gama de pH, de 6 a 8.5, (ANAPQUI, 2001).

Actualmente existen dos sistemas de producción de quinua real, el “Convencional” y “el orgánico”, la quinua que más se destina a la exportación y que tiene mayores volúmenes de demanda es la que proviene de la producción “Orgánica” o

“Ecológica”, con precios en el mercado internacional que superan hasta en cinco veces el precio internacional de la soya por tonelada métrica, (ANAPQUI, 2001).

1.4. IMPORTANCIA DE LA QUINUA

La quinua puede desempeñar un papel importante en la erradicación del hambre, la desnutrición y la pobreza, ya que es el único alimento de origen vegetal que tiene todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos, proteínas y vitaminas, y tiene también la capacidad de adaptarse a diferentes ambientes ecológicos y climas.

A medida que el mundo se enfrenta al reto de aumentar la producción de alimentos de calidad para alimentar a una población creciente en el contexto del cambio climático, la quinua ofrece una fuente alternativa de sustento para los países que sufren de inseguridad alimentaria. Por ello, la Asamblea General de las Naciones Unidas ha declarado al año 2013 como el "Año Internacional de la Quinua", en reconocimiento a las prácticas ancestrales de los pueblos andinos, quienes han sabido preservar a la quinua en su estado natural como alimento para las generaciones presentes y futuras, a través de prácticas ancestrales de vida en armonía con la naturaleza (FAO, 2001).

Para la FAO (2006), la importancia de la quinua radica en la nutrición humana, catalogándola como un alimento de gran futuro en el ámbito mundial, señalando que su contenido de proteínas la convierte en un buen sustituto de la carne, los lácteos y los huevos. Asimismo, destaca su alto contenido de proteína (14 a 20%), y su contenido completo de aminoácidos esenciales.

En el campo de la agricultura, su importancia radica en sus características agronómicas, por ser un cultivo tolerante a las adversidades climáticas y edafológicas extremas como la sequía y bajas temperaturas, salinidad de suelos y suelos pobres en nutrientes (Muñoz y Acevedo, 2000). En el ámbito de salud, sus beneficios radican en la prevención de algunas enfermedades tales como la osteoporosis, cáncer de mama, enfermedades del corazón, diabetes, artritis, entre otros (Borja y Soraide, 2007).

Respecto al uso de la quinua, el grano se utiliza principalmente como alimento humano, pudiéndose consumir en mermeladas, helados, dulces, masitas, licores, jarabes y menús

variados. Sus hojas tiernas e inflorescencias se consumen en reemplazo de las hortalizas de hoja e inflorescencias.

Los subproductos de la quinua, como la saponina, se utilizan en elaboración de champus y jabones. También se emplean para el control de plagas y parásitos en animales domésticos (Infoquinua, 2008). Además otros subproductos (tallos y restos de la planta) se utilizan como leña y forraje para la alimentación del ganado (Brenes, 2001).

1.5. TAXONOMIA DE LA QUINUA

Fuente: HERBARIO UNIVERSITARIO (T.B.2019) realizo la clasificación taxonómica de la siguiente manera.

Reino: Vegetal.

Phylum: Telemophytae.

División: Tracheophytae.

Subdivisión: Anthophyta.

Clase: Angiospermae.

Subclase: Dcotyledoneae.

Grado Evolutivo: Archichlamydeae.

Grupo de Ordenes: Corolinos.

Orden: Centrospermales.

Familia: Chenopodiaceae.

Nombre científico: *Chenopodium quínoa*, Willd

Nombre común: Quinua

1.6. CARACTERISTICAS BOTANICAS

La FAO ha catalogado a la quinua como una planta herbácea conocida como un pseudo cereal, ya que debido a su alto contenido de almidón, su uso es de un cereal.

Mientras que botánicamente no pertenece a los cereales como el trigo, maíz o arroz. La quinua es un grano generalmente de color blanco, rojo o negro dependiendo de la variedad, con un alto contenido de proteína.

La planta es erguida alcanza alturas variables de 30 a 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece y de la fertilidad de los suelos (FAO, 2001)

1.6.1 Morfología de la planta

1.6.2. Raíz

Es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número. Cuando la semilla germina lo primero que se alarga es la radícula, que continúa creciendo y da lugar a la raíz, alcanzando en casos de sequía hasta 1.80 cm de profundidad y guarda estrecha relación con la altura de la planta. (Mujica *et al*, 2004).

1.6.3. Tallo

El tallo en la unión con el cuello de raíz es cilíndrico y a medida que se aleja del suelo se vuelve anguloso en las zonas de nacimiento de hojas y ramas. Cuando los tallos son jóvenes la médula es suave, cuando los tallos maduran la médula es esponjosa y seca y en la cosecha se cae y el tallo queda hueco o vacío.

De acuerdo al hábito de ramificación el tallo puede ser de:

Hábito sencillo, con un solo tallo y una inflorescencia terminal definida. Este tipo de tallo; se encuentra predominantemente en variedades de los ecotipos del altiplano y los de los salares.

Hábito ramificado con las variantes: a) las ramas laterales tienen casi la misma longitud que el tallo principal y todas terminan en panojas, y b) el tallo principal tiene mayor longitud que los tallos secundarios dando a la planta una forma cónica con la

base bastante amplia. Este tipo de ramificación es más frecuente en los ecotipos de Valle (FAO, 2016).

1.6.4. Hojas

Las hojas son alternas, las hojas pueden tener márgenes enteros, dentados o aserrados. Las hojas y las partes tiernas de la planta están generalmente cubiertas con una pubescencia vesicular– granular blanca, rosada o púrpura, el color de la lámina predominantemente es verde; en algunas variedades puede observarse hojas de color verde-púrpura (Tapia, 1997).

1.6.5. Inflorescencia

Es una panoja con una longitud variable. Generalmente se encuentra en el ápice de la planta y en el ápice de las ramas. Tiene un eje principal, ejes secundarios y eje terciarios. Considerando la forma y posición de los glomérulos (grupos de flores) se clasifican en amarantiformes, glomeruladas e intermedias.

La longitud de los ejes secundarios y terciarios determina si la inflorescencia puede ser laxa, intermedia o compacta; esta última característica está asociada al tamaño de los granos, siendo los más pequeños, los formados en panojas compactas (FAO, 2016).

1.6.6. Flores

Las flores son sésiles o pediceladas y están agrupadas en glomérulos. Es una planta ginomonoica porque presenta dos tipo de flores en la misma planta; hermafroditas y pistiladas. Las flores hermafroditas se encuentran en el ápice del glomérulo y son más grandes que las pistiladas, Las flores pistiladas se encuentran alrededor y debajo de las flores hermafroditas. Además de ello, algunas variedades de quinua tienen esterilidad masculina.

La quinua se considera autógama con un porcentaje de cruzamiento de 17%, aproximadamente (Bonifacio, 2013).

1.6.7. Fruto

Es un aquenio de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, cubierto por el perigonio sepaloide o las envolturas florales que rodean el fruto y se desprenden 10 con facilidad a la madurez; sin embargo, en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la cosecha y el procesamiento industrial de los granos.

El fruto está constituido del pericarpio (capa del fruto) y la semilla. El pericarpio está adherido a la capa de las semillas y el nivel de adherencia es variable, tiene alveolos en su superficie y la saponina que le da el sabor amargo al grano. El fruto puede alcanzar un diámetro de 1.5 a 3 mm. (FAO, 2016)

1.6.8. Semilla

Presenta tres partes bien definidas que son: epispermo, embrión y perisperma. El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye, aproximadamente, el 30% del volumen total de la semilla y envuelve al perispermo como un anillo, con una curvatura de 320 grados. El perispermo es el principal tejido de almacenamiento; reemplaza al endospermo y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la semilla (FAO, 2001).

1.7. Fases fenológicas de la quinua

Espíndola (1994) citado por Rodríguez (2005) define las siguientes fases fenológicas por las que pasa la planta de quinua:

- **Fase de emergencia.** Caracteriza por la emergencia del embrión a la superficie del suelo, varía de 3 a 5 días desde la germinación hasta la emergencia.
- **Fase cotiledonar.** Posterior al cuarto día, con dos cotiledones expuestos en forma horizontal.

- **Fase de dos hojas verdaderas.** Comprendida entre los 15 a 20 días después de la siembra. Esta etapa finaliza con la completa expansión de las dos primeras hojas basales y la iniciación de las primeras hojas alternas.
- **Fase de 5 hojas.** Caracterizada por la completa expansión de cinco primeras hojas alternas y es la fase del inicio del desarrollo de los diversos órganos de la planta.
- **Fase de 13 hojas alternas.** Fase que implica un notable crecimiento enramado de la planta junto a las dos siguientes fases, como consecuencia del rápido alargamiento de los entrenudos en especial del tercio inferior.
- **Fase de despunte de panoja.** Caracterizada por el despunte de la flurula (inflorescencia) hasta la pre-floración, sin la apertura de ninguna flor. Si la planta es de hábito ramificado, la aparición de ramas laterales aun no es notable por la dominancia de las hojas del tallo principal.
- **Inicio de panojamiento.** La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de los 65 a 70 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento.
- **Panojamiento.** La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; así mismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 75 a los 80 días después de la siembra.
- **Fase de floración.** Se considera esta fase cuando el 50% de las flores están en plena floración y las restantes en antesis.
- **Fase de grano lechoso.** El germen se apresura a definirse en tamaño y forma los carbohidratos son apenas compuestos líquidos incipientes.
- **Fase de grano mamoso.** El tejido peris pérmico sufre de cambio de estado lechoso a estado pastoso semisólido, es un cambio que ocurre a medida que el contenido de almidón aumenta, en tanto que el contenido de agua se reduce.

- **Fase de grano pastoso duro (madurez fisiológica).** Caracteriza cuando las plantas muestran hojas verdes amarillentas y una defoliación de forma gradual. Fase en donde el grano presenta resistencia cuando se comente presión por las uñas, como consecuencia de que las estructuras almidonosas del perisperma se ha solidificado.

1.8. Requerimiento del Cultivo

La quinua se cultiva en diferentes zonas geográficas que van desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. de altura, también en valles interandinos y en el altiplano. En zonas con precipitaciones de 0 a 1000 mm, en suelos de diferentes texturas y con un rango de pH que fluctúa entre 4 a 9. En un rango de temperaturas debajo de cero a más de 30°C. Dentro de estas condiciones variables de clima los estreses más frecuentes son las sequías, las heladas, la salinidad, las plagas y otros factores.

Debido a las diferentes zonas geográficas de producción se da lugar al surgimiento de diversos tipos de quinuas llamados ecotipos y de los cuales deben ser elegidas las variedades a sembrar; para lograr una buena productividad y calidad de granos

Finalmente, la tecnología usada en su cultivo es bastante variable, desde aquella tradicional hasta aquella moderna altamente tecnificada lo que hace que este cultivo cada vez sea más rentable (León, 2013).

1.8.1. Suelo

La quinua puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelos, lo que significa que es una especie adaptada a suelos con cierto nivel de salinidad, pero también se produce en zonas sin contenido de sales, siendo los óptimos los de buen drenaje y francos, semi profundo con un alto contenido de materia orgánica. Con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio.

Sin embargo es aconsejable suelos de textura franca arenoso, con alto contenido de materia orgánica, con una profundidad de 60 a 90 cm y con un buen drenaje y un pH neutro o cercano a la neutralidad, el rango del pH apropiado para la quinua es muy

extenso, puede prosperar en suelos alcalinos con pH de hasta 9, así como en suelos ácidos de 4.5 (SESAN, 2013).

1.8.2. Clima

En cuanto al clima, la quinua por ser una planta muy plástica y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde zonas desérticas, se adapta desde nivel de mar hasta 4000 m.s.n.m. como ser climas caluroso y seco, hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas (SESAN, 2013).

1.8.3. La luz

La radiación es importante, por que regula la distribución de los cultivos sobre la superficie terrestre y además influye en las posibilidades agrícolas de cada región.

La quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su período vegetativo y productivo

La luz es muy favorables para el crecimiento de los tejidos jóvenes de la planta, favorece una fotosíntesis intensa y una producción vegetal importante, y además una RN baja induce pocas necesidades en agua en el cultivo (Castillo, 2013).

1.8.4. La temperatura

Las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 15 a 25°C. Puede tolerar las heladas y temperaturas altas durante las fases de desarrollo vegetativo y la formación de la inflorescencia y no desde la floración hasta el estado de grano pastoso. Tanto las bajas como las altas temperaturas originan esterilidad de polen y afectan el desarrollo y crecimiento de la planta, dando lugar a esterilidad o granos inmaduros, arrugados o de bajo peso, de

esta manera la temperatura forma un papel importante en la producción (Castillo, 2013).

1.8.5. Las precipitaciones

La misma juega un rol fundamental al modificar los efectos ecológicos del cultivo, siendo los periodos más críticos la germinación, floración y llenado de grano, se conoce también que el cultivo de quinua se adapta a diferentes condiciones de precipitación según la zona y el genotipo, produciendo con precipitaciones desde 250 mm anuales, hasta 1500 mm en valles interandinos (Castillo, 2013).

1.8.6. Propagación

La forma de propagación de la quinua generalmente es sexual es decir por semilla, no hay conocimiento sobre propagación asexual. La quinua es de polinización cruzada (Tapia, 1990).

1.9. Variedad

Apaza (2005), refiere que el concepto de variedad o cultivar define a un organismo biológico único y diferente, caracterizado por su constitución genética, lo que constituye su genotipo, y por interacción con el medio ambiente en que se desarrolla, caracteriza su fenotipo.

1.9.1. Ecotipo

Se define como: población vegetal natural que, por haberse desarrollado en unas condiciones naturales definidas, ostenta unas características diferenciales respecto a otras poblaciones de la misma especie (Apaza, 2005).

Los ecotipos se diferencian por sus caracteres agronómicos desde hace bastante tiempo, los agricultores de las comunidades campesinas han cultivado una elevada variabilidad de ecotipos de quinua (Apaza, 2005).

1.9.2. Quinua silvestre

Las quinuas silvestres son los ancestros y parientes cercanos de las quinuas cultivadas, son por un lado malezas, por otro lado constituye un potencial genético para el mejoramiento de la quinua cultivada. El nombre común de la quinua silvestre es "ayara" o "ajara", se encuentra frecuentemente en campos de quinuas cultivadas, deben ser eliminadas antes de la floración para evitar la cruza con quinuas cultivadas.

1.9.3. Variedades mejoradas

Las variedades mejoradas son el resultado de un mejoramiento sistemático, puede ser por selección o por hibridación (cruzas). El proceso de desarrollar una nueva variedad de quinua toma bastante tiempo, de cinco a nueve generaciones según el método de mejoramiento. La vida útil de una variedad está condicionada principalmente por factores bióticos adversos en una determinada zona (Apaza 2005).

1.10. CARACTERISTICAS DE LAS VARIEDADES

1.10.1. Variedad Real blanca (criolla)

Es una variedad que se adapta a diferentes suelos se desarrolla en los departamentos de Potosí y Oruro, se caracteriza por ser una variedad tardía de ciclo vegetativo largo de 184 días. Altura de planta es de 112,4 cm, con una longitud de panoja de 27,0 cm, diámetro de panoja de 4,8 cm., color de panoja crema suave, época de siembra fines de agosto hasta octubre, su rendimiento promedio es de 1200 Kg/ha PROINPA (2002)

1.10.2. Variedad Pisankalla

Es una variedad que se desarrolla en los departamentos de Potosí y Oruro, se caracteriza por ser una variedad tardía de ciclo vegetativo largo de 186 días. Altura de planta es de 116,2 cm, con una longitud de panoja de 38,3 cm, diámetro de panoja de 5,1 cm., color de panoja crema suave, época de siembra fines de agosto hasta octubre, su rendimiento promedio es de 1130 Kg/ha PROINPA (2002)

1.10.3. Variedad Toledo

Es una variedad que se desarrolla en los departamentos de Potosí y Oruro, se caracteriza por ser una variedad tardía de ciclo vegetativo largo de 184 días. Altura de planta es de 126,8 cm, con una longitud de panoja de 24,4 cm, diámetro de panoja de 5,4 cm., color de panoja anaranjado claro, época de siembra fines de agosto hasta octubre, su rendimiento promedio es de 1630 Kg/ha PROINPA (2002)

1.10.3. Variedad Kellu

Esta variedad tuvo la mejor adaptabilidad a la zona de estudio, es una variedad que se desarrolla en los departamentos de Potosí, Oruro y La Paz, se caracteriza por ser una variedad tardía de ciclo vegetativo largo de 181 días. Altura de planta es de 121,2 cm, con una longitud de panoja de 30,0 cm, diámetro de panoja de 5,0 cm., color de panoja anaranjado, época de siembra fines de agosto hasta octubre, su rendimiento promedio es de 1860 Kg/ha PROINPA (2002)

1.11. VALOR NUTRITIVO

Rojas *et al.* (2014), informan que la quinua ha adquirido mayor importancia a nivel internacional por ser el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran cerca de los estándares de nutrición humana. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13,81 y 21,9% dependiendo de la variedad.

Los mismos autores (2014), manifiestan que la fundación PROINPA, está priorizando criterios de valor nutritivo y aptitud agroindustrial para el desarrollo de variedades de quinua, a través del programa de mejoramiento de quinua, con parámetros de mercado, productividad y adaptación al cambio climático.

1.11.1. Principios nutritivos

En estudios recientes se ha determinado la presencia de fibras dietéticas en quinua y su efecto benéfico en la salud humana, existen posibilidades de iniciar trabajos de mejoramiento en estos factores. Se ha determinado que el contenido de fibra en el

grano puede variar entre 3,5 a 9,7%. En Bolivia varias empresas desde hace más de una década han iniciado la transformación de productos, derivados a base de quinua y en los últimos años la diversidad de productos transformados se ha incrementado en forma notable. Sin embargo, estos productos transformados se elaboran con una mezcla de granos de diferentes variedades por lo que la calidad 7 del producto no se mantiene entre una elaboración y otra. Esto motivó a considerar en el programa de mejora nuevos caracteres como: almidón, amilosa, amilopectina, diámetro de gránulo de almidón, azúcares reductores, agua de empaste y otros (Rojas et al. 2010).

Rivera (2006) cita que la quinua se caracteriza por un alto valor nutritivo debido a su composición, cantidad y calidad de proteína. Además, está compuesto de carbohidratos, vitaminas y minerales (calcio, fósforo, hierro y vitamina C entre otros).

1.11.2. Proteína

El grano de quinua contiene de 14 a 20 % de proteínas, grasa 5.7 a 11.3% y fibra 2.7 a 4.2%. Las proteínas en la quinua presentan una proporción de aminoácidos más balanceada que en otros cereales, especialmente en lisina, histidina y metionina, lo que le proporciona una alta calidad biológica (Apaza, 2005). Por su parte León (2003), señala que la mayor importancia de la quinua radica en el contenido de aminoácidos que conforman su proteína (lisina y metionina). Los valores nutricionales en 100 gramos de granos de quinua, fluctúan en: humedad 10.2% a 12%, proteínas 12.5% a 14%, grasas 5.1% a 6.4%, cenizas 3.3% a 3.4%, carbohidratos 59.7% a 67.6% y fibra 3.1% a 4.1%.

1.12. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE QUINUA EN BOLIVIA

Blajos *et al.* (2014), informan que la producción de quinua en Bolivia, en el año 2000 fue de 23,000 toneladas, cultivada en una superficie aproximada de 36,000 hectáreas, incrementándose en el año 2013 a 61,000 toneladas, cultivada en una superficie de 130,000 hectáreas. Esta extensión desmedida, explica el boom de la quinua, que ha promovido el aprecio de los consumidores a nivel mundial, a esto se suma el reconocimiento del año internacional de la quinua por las Naciones Unidas, que tras una serie de eventos nacionales e internacionales de promoción, ha logrado posicionarla entre los alimentos de mayor estándar culinario.

Los mismos autores (2014), manifiestan que el incremento de la producción se dio a través de la ampliación de superficie cultivada, reflejando una clara disminución en el rendimiento. Por la poca o nula reposición de la fertilidad del suelo, la intensidad de los efectos negativos del cambio climático, la dinámica poblacional de plagas y enfermedades y uso de semilla, son los elementos que explican la tendencia negativa del rendimiento.

1.12.1. Ecotipos de la variedad de Quinua, existente y cultivada en Bolivia

Soraide (2011), señala que dentro la quinua real existe una gran diversidad de ecotipos que es una subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico, un ambiente particular o un ecosistema definido, con unos límites de tolerancia a los factores ambientales.

1.13. RENDIMIENTO Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

1.13.1 Rendimiento

Tineo (2012) indica que los rendimientos en general varían de acuerdo a las variedades, puesto que existen unas con mayor capacidad genética de producción que otras. Varían también de acuerdo a la fertilización o abonamiento proporcionado, debido a que la quinua responde favorablemente a una mayor fertilización sobre todo nitrogenada y fosfórica. También dependerá de las labores culturales y controles fitosanitarios oportunos proporcionados durante su ciclo. En general las variedades nativas son de rendimiento moderado, resistentes a los factores abióticos adversos, pero específicas para un determinado uso y de mayor calidad nutritiva o culinaria.

Tineo (2012) nos dice que generalmente se obtiene menos de 1000 kg/ha de grano en cultivos tradicionales y condiciones de secano. Con el empleo de niveles adecuados de abonamiento, desinfección de la semilla, siembra en surcos y control de malezas, hasta 3000 kg/ha, siendo el promedio comercial 1500 - 2500 kg/ha.

Por otra parte Tapia (1990), menciona que los rendimientos están muy relacionados con el nivel de fertilidad del suelo, uso de abonos químicos, la época de siembra, la variedad empleada, el control de enfermedades y plagas. El mismo autor indica que en una evaluación del germoplasma de quinua efectuada en la Estación Experimental Belén (La Paz-Bolivia), los rendimientos variaron entre 200 a 2800 Kg por hectárea,

existiendo panojas con más 100 g de producción individual de grano. Con plantas como estas y una densidad no mayor a 40000 plantas por hectárea se puede esperar hasta 6000 Kg/ha, lo cual indica el potencial productivo cuando se usa apropiadamente la técnica de cultivo.

1.13.2 Componentes del rendimiento

Cárcova *et al.* (2004), mencionan que el rendimiento es un parámetro determinado por un gran número de caracteres y que en la actualidad se definen 17 como el conjunto de estructuras constitutivas de la planta que determinan de forma directa el rendimiento final de un cultivo. Los dos componentes principales del rendimiento son el número de granos por unidad de superficie y el peso promedio unitario de los granos, el rendimiento de un cultivo puede entonces explicarse como el producto de ambos.

Según Leon (2003), los rendimientos varían en función a la variedad, fertilidad, drenaje, tipo de suelo, manejo del cultivo en el proceso productivo, factores climáticos, control de plagas y enfermedades, obteniéndose entre 800 kg/ha a 1400 kg/ha en años buenos. Sin embargo según el material genético se puede obtener rendimientos de 3000 kg/ha.

Alcón (2005) señala, para evitar la confusión generada por varios autores, se define "componentes del rendimiento de un cultivo" a las entidades orgánicas cuantitativas (es decir incluyendo descriptores de la población de plantas ya que el rendimiento se refiere a la producción por unidad de superficie) medidas en el momento de la cosecha, y que multiplicadas entre ellas, permiten calcular directamente el valor del rendimiento.

Según Leon (2003), los rendimientos varían en función a la variedad, fertilidad, drenaje, tipo de suelo, manejo del cultivo en el proceso productivo, factores climáticos, control de plagas y enfermedades, obteniéndose entre 800 kg/ha a 1400 kg/ha en años buenos. Sin embargo según el material genético se puede obtener rendimientos de 3000 kg/ha.

1.14. MANEJO DE CULTIVO DE QUINUA

1.14.1. Preparación del suelo

Al respecto Vilca y Carrasco (2013) sostienen que si en la campaña anterior se sembró un tubérculo como la papa, el terreno sólo requiere una pasada con arado de disco. En caso de terrenos sin muchos terrones, con poca incidencia de malezas y plagas, sólo se debe pasar con rastra.

Luego hacer el nivelado y surcado. En caso de un terreno de rastrojo es recomendable remover el terreno con meses de anticipación, de preferencia entre Mayo y Julio. Esta remoción también ayuda a evitar las malezas ya que expone las semillas y larvas de plagas al sol.

En caso de que el terreno este compactado y con terrones, será necesario pasar un segundo arado de disco días antes de la rastra. La dirección del arado debe ser contraria a la dirección del surco de la última siembra.

Trazado de surcos

Vilca y Carrasco (2013) señalan que el distanciamiento entre surcos es de 80 a 90 centímetros porque permite aporcar y controlar las plagas.

La profundidad de surcos es de 12 a 15 cm, la yunta no es muy eficiente para preparar el suelo por la escasa profundidad de arado, pero es buena para surcar ya que no profundiza mucho.

En caso se repita el cultivo, los surcos deben ser contrarios al surcado anterior. Un surcado muy hondo o superficial generará problemas de encharcamiento o mal tapado, haciendo que la mala hierba le gane al cultivo.

1.14.2. Época de siembra

La época de siembra varía de acuerdo a la zona y a las variedades que se van a cultivar (precozes o tardías), de la presencia de la lluvia y del grado de humedad del suelo. En la zona alta del departamento se puede realizar al final de invierno a inicio de primavera (agosto a septiembre) esto para las variedades tardías y para las

variedades precoces (140 a 150 días de periodo vegetativo) es recomendable sembrar en los meses de octubre a primera semana de noviembre (Leon, 2003).

1.14.3. Selección de la semilla

Para lograr rendimientos altos, las semillas de la variedad elegida deben cumplir con los siguientes requisitos: **Pureza genética**. Debido al porcentaje de polinización cruzada de la quinua, las variedades son compuestas o mezclas de pocos o muchos genotipos diferentes. **Pureza física**. Las semillas de quinua deben ser enteras y sin daño físico. **Alto poder germinativo y vigor**. **Sanas**, libres de enfermedades que se transmiten por semillas (Leon, 2003).

1.14.4. Sistemas de siembra

La siembra debe ser realizada inmediatamente de concluida la preparación del suelo. De esta forma las semillas dispondrán de humedad adecuada y se reducirá la competencia con malezas. Las semillas de quinua son pequeñas y deben ser sembradas cuidadosamente para lograr una buena germinación y establecimiento del cultivo. La quinua puede ser sembrada directamente o por trasplante.

Siembra directa; Se recomienda el sistema de siembra en surcos porque facilita la realización de una serie de labores culturales que se aplican durante el cultivo.

Al voleo, esta forma es la más común en el altiplano, consiste de derramar la semilla por todo el campo, para luego pasar con algunas ramas.

En hilera, se realiza la siembra después del paso de una rastra, esta se realiza voleando por el campo rastrado quedando muchas semillas dentro de las hileras que va dejando la rastra.

En surco, esta es una de las mejores formas de siembra, se realiza surcos con distanciamientos de 0.4 a 0.6 m.

En melgas, Esta forma también es muy utilizada, se siembra al voleo luego se abren surcos con distanciamientos de 0,5 - 2 metros cuando la planta se encuentra en la etapa de 6 hojas verdaderas.

En caso de nuestra investigación se realizar por el sistema de siembre directa y en surcos ya que es la más recomendable (Calla, 2012).

1.14.5. Densidad de siembra

La distancia entre surcos debe ser entre 40 a 60 cm, dependiendo de la variedad a sembrar, y también dependiendo de otras causas como de las prácticas culturales sea tradicional o con mecanización.

La cantidad de semilla requerida (densidad de siembra), en promedio en un sistema de siembra tradicional es de 7 a 8 Kg/ha, a una profundidad recomendable de 2 a 3 cm pudiendo llegar hasta 5 cm a chorro continuo. La densidad de siembra va depender de los aspectos como son tamaño de la semilla y sistemas de siembra. La densidad será mayor en siembras al voleo, y variedades de tamaño grande. La densidad será baja con semillas pequeñas en surcos. Zonas de siembra, en zonas de altiplano o valles interandinos, en condiciones de secano, se recomienda poner más semillas de 15 – 20 kg/ha, especialmente en campos con suelos pedregosos, pendientes pronunciadas y superficiales y debido a que se secan muy rápidamente por la alta radiación solar característica de estas zonas (Calla, 2012).

La población definitiva del campo se define después de la labor de desahije o raleo. Como mínimo se recomienda tener unas 50 plantas por metro lineal. La profundidad de siembra adecuada es aquella que coloca las semillas donde puede absorber agua para la germinación y no desecarse posteriormente.

Se tiene que tener muy en cuenta el manejo adecuado de densidades pues en altas densidades habrá muchas plantas por área ocurriendo mayor competencia entre ellas por nutrientes causando plantas débiles y raquílicas susceptibles al ataque de plagas y enfermedades como el mildiu, y densidades muy bajas facilitara el establecimiento rápido de las malezas (Calla, 2012).

1.15. LABORES CULTURALES

1.15.1. Labores culturales

Mujica *et al.* (2004), destaca principales labores culturales para el cultivo de la quinua: Deshierbe, raleo purificación varietal, fertilización complementaria, control de plagas, enfermedades, control de heladas y granizadas.

1.15.2. Deshierbes

Los mismos autores (2004) señalan que el cultivo de quinua durante su ciclo requiere dos deshierbes: el primer deshierbe, cuando las plantas tengan un tamaño de 15 cm o cuando hayan transcurrido 30 días después de la emergencia; el segundo deshierbe, se realiza antes de la floración o a los 90 días después de la siembra.

1.15.3. Raleo

Es el descarte de plantas pequeñas, débiles, enfermas, y de plantas con alta densidad por metro lineal o área de cultivo. Se realiza conjuntamente con el deshierbe, entre los 30 a 45 días después de la emergencia, dejando 10 a 12 plantas por metro lineal (León, 2003).

1.15.4. Aporques

Mujica *et al.* (2004), recomienda realizar esta labor antes de la fase panojamiento, muchas veces simultáneamente con el deshierbe. El mismo autor, señala que en variedades nativas no se practica esta labor, debido a que poseen buen sistema radicular que sostiene perfectamente la parte aérea de la planta.

1.15.5. Fertilización

El cultivo de quinua se desarrolla adecuadamente en suelos franco con buen drenaje altamente exigente en nitrógeno y calcio, su requerimiento en fosforo es moderado y poco exigente en potasio, los suelos del altiplano contienen elevada cantidad de potasio, por lo que no se considera en los programas de fertilización. Sin embargo otros autores indican que la dosis adecuada para producir rendimientos de 3000 kg/ha se necesita 120 kg de nitrógeno obteniendo un rendimiento de 3500 kg de grano/ha,

por otra, determinó que la quinua extrae del suelo entre 45 a 50 kg de Nitrógeno para producir 1800 kg de grano aproximadamente (SESAN, 2013).

1.15.6. Requerimientos de NPK para el cultivo de quinua

El cultivo de quinua se desarrolla adecuadamente en suelos franco con buen drenaje altamente exigente en nitrógeno y calcio, su requerimiento en fosforo es moderado y poco exigente en potasio, los suelos del altiplano contienen elevada cantidad de potasio, por lo que no se considera en los programas de fertilización. Sin embargo otros autores indican que la dosis adecuada para producir rendimientos de 3000 kg/ha se necesita 120 kg de nitrógeno obteniendo un rendimiento de 3500 kg de grano/ha, por otra parte Miranda (2012), determinó que la quinua extrae del suelo entre 45 a 50 kg de Nitrógeno para producir 1800 kg de grano aproximadamente. Además indica que para producir grano con calidad proteica, el cultivo requiere de un buen aporte de nitrógeno que ronda en promedio oscila entre 35 kg por cada 1000 kg de grano.

Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento importante para la quinua, y es uno de los que a menudo limita los rendimientos. El nitrógeno incrementa el crecimiento vegetativo y la capacidad fotosintética de la planta; es decir, determina el número de hojas, el número de semillas por inflorescencia y por lo tanto determina el potencial de rendimiento. Una importante cantidad del nitrógeno absorbido por la planta llega a los granos a la madurez y contribuye a la cantidad de proteína (Leon, 20013).

1.15.7. Purificación varietal

Consiste en eliminar plantas de quinua que no reúnen características varietales del cultivo, comprende generalmente plantas de quinua ajenas a la variedad y quinuas silvestres (ajaras). Esta labor debe realizarse antes de la floración, cuando hay una buena diferenciación entre otras variedades (León, 2003).

1.15.8. Control de plagas y enfermedades

Aroni (1999), señala que en la producción de quinua convencional se controla plagas con piretroides sintéticos y un manejo agronómico racional. Respecto a las

enfermedades, la más importante es el mildiu (*Peronospora farinosa*) que se presenta con mayor frecuencia en el Altiplano Norte.

La quinua está expuesta a varias enfermedades, pero la más importante es el mildiu (*Peronospora farinosa*), que aparece todos los años en temporadas húmedas y cálidas (>80% humedad relativa, 20-25 °C), con menos importancia cuando es seco y frío (Mujica *et al.*, 2001). El mismo autor señala que el mildiu se presenta en todas las condiciones climáticas desde secas hasta húmedas y desde temperaturas frías hasta zonas calientes.

El mildiu ocasiona la disminución de la fotosíntesis, necrosis en hojas o áreas afectadas de la planta y provoca defoliación. Las hojas afectadas son generalmente en la base de la planta, luego se propagan hacia las hojas superiores, donde se hace evidente como ligeros puntitos cloróticos. Simultáneamente la cara inferior se recubre de pelusillas de color plomo o gris violeta (Danielsen y Ames, 2000). Además mencionan que, el mildiu bajo condiciones de alta presión de enfermedad reduce los rendimientos de 33 a 58 % en varios cultivares de quinua.

1.15.9. Cosecha

FAO (2001) afirma que la época apropiada para la cosecha se conoce porque las plantas cambian de color, adquiriendo una totalidad amarilla característica de su madurez fisiológica. Para llegar a esta fase transcurren de 5 a 8 meses, según la variedad.

1.15.10. Corte o siega

Mujica (1999), señala que esta labor consiste en cortar las pantas a la altura del cuello cuando haya entrado en la madurez fisiológica, debiendo efectuarse en la mañana cuando las plantas estén un poco húmedas y puedan mantenerse los granos de los glomérulos, puesto que cuando estos se secan con los rayos solares tienden a desprenderse y ocasionar la caída de las semillas.

1.15.11. Emparvado

Como las plantas fueron segadas en madurez fisiológica es necesario que estas pierdan aun el agua para la trilla, por ello se efectúa el emparvado o formación de arcos, que consiste en formar pequeños montículos con las panojas, ordenándolas y

colocando en forma plias alargadas o redondas, debiendo estar las panojas en un solo sentido si es alargado, pero si se da la forma redonda se colocan las inflorescencias en forma circular con la panoja hacia el centro, luego se protege con paja o plásticos para evitar humedecimiento por efectos de las lluvias, que pueden caer y por ende malograr el grano produciendo amarilla miento, pudriciones o fermentación. Las plantas se mantienen en la parva por un espacio de 7 a 15 días, hasta que tengan la humedad conveniente para la trilla FAO (2001)

1.15.12. Trilla

La trilla esta llamada también golpeo o garroteo, se efectúa cuando las panojas secas de la parva, la cual se extiende sobre mantas, carpas preparadas. En algunos lugares se pisotean en terreno plano, formando eras, luego se procede a efectuar el golpeo de las panojas colocadas en el suelo en forma ordenada, generalmente panoja con panoja, cuyos golpes rítmicos permitirán desprender el grano de la inflorescencia (FAO, 2001).

1.15.13. Aventado y limpieza de grano

Una vez que se produce la trilla, el grano y la broza fina quedan juntos. Esta labor consiste en separar el grano de la broza (fragmentos, pedicelos, perigonio, inflorescencias y pequeñas ramas) aprovechando las corrientes de aire que se producen en las tardes, de tal manera que el grano este completamente limpio, normalmente donde existen fuertes corrientes de viento, que les permiten separar el grano de la broza con mucha facilidad (FAO, 2001).

1.15.14. Almacenamiento

Mujica (1999), menciona que la quinua una vez seca y clasificada se debe almacenar en lugares ventilados, secos y mejor en almacenes de bajas temperaturas ya que un grano ortodoxo, el cual mantendrá mayor viabilidad de la semilla a mayor descenso de la temperatura y menor contenido de humedad de grano.

CAPITULO II

MATERIALES Y METODOS

2.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en la zona alta cantón de Iscayachi, municipio El Puente segunda sección de la provincia Méndez, situado a 50 Km de la ciudad capital, está ubicado al Noreste del departamento de Tarija entre las coordenadas 20° 56´ y 21° 37´ 45´´ de latitud Sur y 64° 49´ 30´´ y 65° 15´ de longitud Oeste y a una altitud de 3300 m.s.n.m.

2.2. Características agroecológicas de la zona

2.2.1 Clima

La zona se caracteriza por presentar un clima generalmente frío templado con una temperatura media anual de 12°C con una máxima de 19,5°C y la temperatura mínima de 1.7°C, con una precipitación de 364,9 mm/año de esta el 60 % corresponde a los meses de diciembre a marzo.

2.2.2 Suelo

Generalmente los suelos de la zona alta del departamento presentan una textura franco arcilloso, arcillo limoso, con PH ligeramente ácidos, materia orgánica bajo esto debido a la poca vegetación de la zona, que tiene relación con el bajo contenido de nitrógeno total, mientras que el potasio está en alta cantidad.

2.2.2.1. Características físico- químicas de suelo en estudio

El análisis físico químico del suelo donde se llevó acabo el estudio, fue realizado por el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, muestran que tienen las siguientes características:

En cuanto a las características físicas, se observó una textura franco-arenosa de estructura liviana, porosidad media, en cuanto a las características químicas se observó los siguientes datos, de acuerdo a los datos obtenidos del análisis del suelo extraído del laboratorio, tal como se puede observar en el siguiente cuadro.

Cuadro N°1 Oferta de suelo

	OFERTA DEL SUELO Kg/ha
Nitrógeno	123,0
Fosforo	123,78
Potasio	472,0

2.2.3. Vegetación

La vegetación en esta zona, se caracteriza por la presencia de especies nativas: Paja brava (*Festuca orthophylla* Pilg), Chillihua (*Festuca dolichophylla* J.Presl), Reloj reloj (*Erodium cicutarium* L.L'Her), Diente de león (*Taraxum officinalis* F.H.Wigg), Quinoa silvestre o ajara (*Chenopodium sp*), entre otras. También existen especies exóticas como pino (*Pinus sp*), olmo (*Ulmus prucera* Salisb)

2.2.4. Cultivos de la zona

Los cultivos más comunes de esta zona son: la papa (*Solanum tuberosum* L.), cebada (*Hordeum bulgare* L.), haba (*Vicia faba* L.), arveja (*Pisum sativum* L.), zanahoria (*Daucus carota* L.), ajo (*Allium sativum* L.), avena (*Avena sativa* L.), cebolla (*Allium cepa* L.) entre otros.

2.3. Materiales**2.3.1. Material genético**

Para el trabajo de investigación se utilizaron cuatro variedades de quinua, tres introducidas y una local.

Cuadro N°2 Material vegetal

N°	VARIETADES	CONDICION
1	V1 = Real blanca	Local
2	V2 = Pisankalla	Introducida
3	V3 = Toledo	Introducida
4	V4 = Kellu	Introducida

- **V1= Real blanca.**- es una variedad que alcanza una altura de 112,4 cm, su ciclo vegetativo es de 184 días (tardío), de coloración crema suave a la madurez fisiológica, con tipo de panoja amarantiforme y una longitud de panoja de 27,0 cm, tamaño de grano grande de color blanco, con un rendimiento promedio de 1200 Kg/Ha (PROINPA, 2001).
- **V2=Pisankalla.**- es una variedad que alcanza una altura promedio de 116,2 cm, con un ciclo vegetativo que es de 186 días (tardío), en la maduración alcanza un color purpura, con tipo de panoja glomerulada, con tamaño de grano grande de color café, con un rendimiento promedio de 1130 Kg/Ha (PROINPA, 2000).
- **V3=Toledo.**- es una variedad que llega a una altura de 126,8 cm, con un ciclo vegetativo de 184 días (tardío), con una coloración de anaranjado claro a la maduración fisiológica, con tipo de panoja amarantiforme y de longitud de panoja de 24.4 cm, con un tamaño de grano grande y un rendimiento promedio de 1630 Kg/Ha (PROINPA, 2001).
- **V4=Kellu.**- esta variedad llega a una altura promedio de 121,2 cm, con un ciclo vegetativo de 181 días (tardío), en su madurez fisiológica alcanza un color anaranjado, con tamaño de grano grande, con un rendimiento promedio de 1860 Kg/Ha (PROINPA 2001).

Las variedades introducidas fueron adquiridas del departamento de Oruro como ser las variedades Kellu, Pisankalla y la variedad Toledo y la variedad Real blanca fue obtenida de la zona en estudio.

2.3.2. Plaguicidas

De acuerdo a las necesidades, se utilizaron los siguientes funguicidas

Coraza (funguicida)

Foset-Al 80 (funguicida)

2.3.3. Material de laboratorio

Se utilizó:

-Balanza eléctrica

2.3.4. Material de campo

Para llevar a cabo la investigación se utilizó las siguientes:

- Azadones
- Tractor
- Rastra
- Wincha
- Flexometro
- Estacas de señalización
- Mochila pulverizadora
- Bolsas de plástico
- Hoces
- Carpa
- Arado disco
- Pala

2.3.5. Material de registro

- Cámara fotográfica
- Planilla

2.4. METODOS

2.4.1. Diseño Experimental

Para este trabajo de investigación se utilizó el Diseño Experimental de “bloques al azar con cuatro tratamientos (variedades) y tres repeticiones siendo un total de doce unidades experimentales.

2.4.2. Características del Diseño

Las dimensiones de la parcela donde se realizara el experimento presenta las siguientes características:

- Número de parcelas por bloque: 4 parcelas.
- Número de repeticiones por tratamiento: 3 repeticiones.

- Numero total de tratamientos: 12 unidades experimentales
- Número de surcos por parcela: 9 surcos
- Total de surcos por bloque: 40 surcos
- Distancias entre surcos: 0.60 cm
- Longitud de surcos: 5 metros lineales.
- Ancho de parcela: 6 metros.
- Distancia entre parcelas: 1 metro lineal.
- Area total de cosecha 360 m²

.4.3. Descripción de los tratamientos

Tratamientos (variedades)

T1=V1 Real blanca

T2=V2 Pisankalla

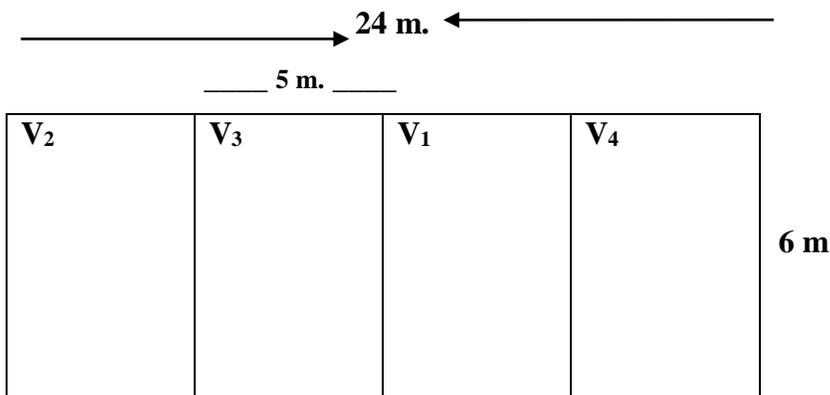
T3=V3 Toledo

T4=V4 Kellu

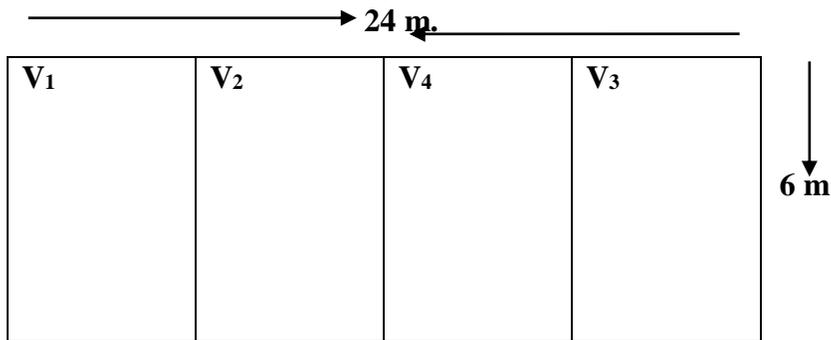
2.4.4. Diseño de Campo o croquis experimental

- Largo del Surco = 5 m.
- Ancho del Surco = 0,60 m.
- Ancho de la Parcela = 6 m.

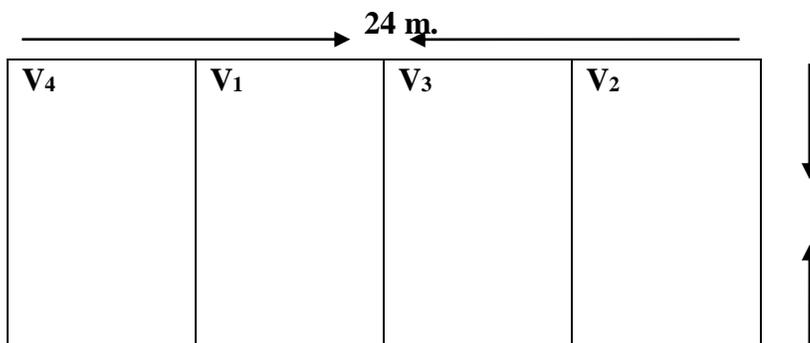
Parcela 1.



Parcela 2.



Parcela 3.



Variedades

- V₁=Real blanca
- V₂=Pisankalla
- V₃=Toledo
- V₄=Kellu

2.5. DESARROLLO DEL ENSAYO

2.5.1. Preparación del terreno definitivo

La preparación del terreno donde se realizó el ensayo de su procedimiento se tomó en cuenta los siguientes aspectos.

- Ubicación en una superficie ligeramente plana
- Agua disponible para el riego por gravedad

Se comenzaron con el laboreo del suelo la primera quincena del mes de julio con mucha anticipación para que tenga una buena preparación, después de un riego por inundación se realizó una arada con disco tracción mecánica para el roturado y después se pasó con una rastrada para dejar el suelo bien mullido.

2.5.2. Trazado del ensayo

Previo a la labor de siembra, se procedió al trazado de los bloques y unidades experimentales. Los bloques fueron delimitados por estacas para poder diferenciar claramente las unidades experimentales.

2.5.3. Siembra.

La siembra del ensayo se realizó el 15 de septiembre, la cual se efectuó la apertura de surcos de forma manual con un azadón, a una profundidad de 15 cm, de profundidad aproximadamente y a una distancia de 0,60 m entre surco y surco, luego se procedió a aplicar las semillas de quinua que fueron distribuidas manualmente a chorro continuo en los surcos abiertos, una vez distribuida la semilla se procedió a cubrir la semilla con una capa delgada de tierra empleando un rastrillo para cubrir por completo las semillas.

2.5.4. Labores culturales.

Las principales labores culturales que se realizarán serán: Raleo, deshierbe, aporque, control de enfermedades.

2.5.4.1. Deshierbe

El deshierbe se realizó en razón de la presencia de malezas, efectuándose dos deshierbes. El primer deshierbe cuando las plantas tenían una altura de 10 a 15 cm y el segundo cuando las plantas se encontraban en fase floración y con una altura de 40 a 50. El deshierbe fue hecho manualmente y con la ayuda de un azadón.

2.5.4.2. Raleo

El raleo se realizó con la finalidad de evitar la competencia de nutrientes en las plantas y dar el espacio necesario para el normal desarrollo. El raleo consistió en la remoción de plantas más débiles de forma manual para regular la densidad de las plantas. El raleo se realizó antes del inicio de la toma de datos.

2.5.4.3. Aporque

El aporque se realizó en forma manual con la ayuda de un azadón. Esta labor se efectuó dos veces, una cuando las plantas alcanzo una altura de 20 a 30 cm y el segundo cuando la planta tuvo una altura de 40 a 50 cm para evitar el vuelco de las plantas y aflojar el suelo.

2.5.4.4. Riegos

El riego se realizo por gravedad cada 10 a 15 dias tomando en cuenta de no dejar que la planta entre en un estrés hidrico.

2.5.4.5. Tratamientos fitosanitarios

La enfermedad que se presentó fue el mildiu a los 30 días después de la siembra, provocado por *Peronospera variabilis*, que es un parásito obligado, su ataque se inició en las hojas inferiores posteriormente se propagó a las hojas superiores, en la que se observó manchas cloróticas.

Para el control de esta enfermedad se realizó la aplicación del fungicida FOSET-AL 80 (Fosetyl aluminium como principio activo). La dosis de preparación fue 100 g de Ridomil en 20 litros de agua (una mochila) a dicha preparación se añadió 20 ml de gomax como adherente.

2.5.4.6. Cosecha

El área útil de cosecha fue de 5 m. de ancho por 4 m. de largo, con un area de 20 m² por unidad experimental. dejando un 1 m. a ambos los laterales y extremos para descartar el efecto de bordura.

La cosecha se realizo cuando las plantas alcanzaron la madurez fisiológica se observó un color amarillo en las hojas inferiores y en la panoja. El grano al ser presionado con la uña dificulta su penetración.

La cosecha se realizó de forma manual, empleando una hoz, se cosecharon de los surcos centrales de cada unidad experimental, dejando un surco a los laterales y 1 m de cabecera de ambos extremos para descartar el efecto de bordura. El material cosechado se recogió en amarros por tratamientos con sus respectivos marbetes. Posteriormente se realizó el emparve en un solo sentido para el secado.

2.5.4.7. Corte o ciega

Se realizó cuando la planta alcanzo la madurez fisiológica, se efectuó en la mañana cuando la planta es húmeda por efecto del rocío, se realizó con la ayuda de una hoz.

2.5.4.8. Trilla

La trilla se realizó una vez que las plantas de quinua han perdido el agua suficiente después de ser cosechadas en estado de madurez fisiológica, y se encontraron completamente secas para una mejor facilidad de desprendimiento de los granos, donde se colocó las panojas sobre una carpa y luego se procedió a golpearlas o con la ayuda de una madera.

2.5.4.9. Venteado y limpieza del grano

Después de la trilla se realizó el venteado del grano y la limpieza de la broza con la ayuda del viento, separando los restos ásperos del material trillado, posteriormente se realizó el pre venteado. Para remover los perigonios del grano se procedió al pisoteado del grano en la carpa (pulido) y luego se venteó nuevamente. Finalmente se procedió al embolsado del grano limpio por variedad y tratamiento con sus respectivos marbetes de identificación.

2.6. VARIABLES RESPUESTAS

2.6.1. Altura de planta (m)

Para la medición de la altura de las plantas se tomo cinco plantas completamente al azar de los surcos centrales, marcadas de cada unidad experimental, se realizó una vez que la planta culmino su madurez fisiologica a los 175 días, la altura de planta se midió con la ayuda de un flexometro desde la base del cuello de la planta hasta el ápice.

2.6.2. Longitud de panoja (cm)

La longitud de panoja se midió en (cm) desde la base hasta el ápice de la panoja con la ayuda de un fluxómetro tomando cinco plantas seleccionadas completamente al azar cuando culmino su fase de madures fisiológica.

2.6.3. Diámetro de panoja (cm)

El diámetro de panoja se midió en la parte media de la panoja en la fase de madurez fisiológica de las cinco plantas seleccionadas completamente al azar de cada unidad experimental.

2.6.4. Rendimiento de Grano por planta individual (g)

La evaluación del rendimiento de grano por planta individual se registró mediante el peso de grano obtenido de cada planta seleccionada al azar. Luego se procedió a su respectivo pesado del grano en gramos.

2.6.1. Rendimiento de grano por unidad experimental (Kg)

Para la evaluación del rendimiento de grano por unidad experimental se procedió al pesado del grano obtenido de cada unidad experimental.

2.6.3 Rendimiento de grano por hectárea (Kg)

La evaluación del rendimiento de grano por hectárea se registró por peso de grano obtenido de la parcela útil. En primera instancia el peso se registró en Kg/parcela, luego se convirtió en Kg/ha.

Cuadro N°3 Análisis de costos/ beneficios de una hectárea de producción de quinua (2022)

Ítem	Unidad	Cantidad/ha	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
Total costos				5580
Ingreso total	Quintal	33	350	11550
Ingreso neto				5970
Beneficio/Costo				1,07

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. FACTORES DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE LAS VARIETADES DE QUINUA

Los factores o variables de estudio en la presente investigación son los siguientes:

3.1.1. Variable altura de la planta de quinua

En el cuadro N° 4 se muestra los datos promedios de la altura de las plantas.

Cuadro N° 4

Altura de plantas en m.

TRATAMIENTOS	REPLICAS			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
V1 REAL BLANCA	1,47	1,4	1,32	4,19	1,40
V2 PISANKALLA	1,23	1,26	1,27	3,76	1,25
V3 TOLEDO	1,27	1,26	1,24	3,77	1,26
V4 KELLU	1,46	1,38	1,3	4,14	1,38
SUMA BLOQUES	5,43	5,3	5,13	15,86	
CV	3,8				

En el cuadro N°4 referente a la altura de la planta, la V1 (Real blanca) presenta una mayor altura con 1,40 m. siguiendo la V4 (Kellu) con 1,38 m. de altura, posteriormente esta la V3 (Toledo) con 1,26 m. de altura, y la V2 (Pisankalla) fue la que tuvo la menor altura de planta con 1,25 m.

Además, podemos mencionar que autores como León (2003), Bonifacio (2003) y Tapia (2003) indican que las variedades de quinua procedentes del Altiplano alcanzan

alturas entre 1 a 1.80 metros, lo cual se confirma en el presente estudio con las alturas observadas por cada variedad cuyos valores de altura oscilan entre 1.25 y 1.40 metros.

López (2000) y Gutiérrez (2003) coinciden con el hecho de que la altura de la planta está asociada al ciclo vegetativo de cada variedad, es decir las variedades tardías y sumí tardías (ciclo vegetativo largo) registran mayores alturas. En nuestro estudio se utilizaron variedades tardías.

Cuadro N° 5

Prueba de Análisis de Varianza para la variable altura de planta.

FUENTES DE VARIACION	SC	CM	F _c	F tabulada		
				F _T 5%	F _T 1%	
TOTAL	11	0,08				
BLOQUES	2	0,01	0,01	2,41	5,14	10,9
VARIEDADES	3	0,05	0,02	7,64	4,76	9,78
ERROR	6	0,01	0,002			

Fuente: elaboración propia

Leyenda:

SC: suma de cuadrados

GL: grados de libertad

CM: cuadrado medio

F_c: F calculada

F_T: F tabulada

En el análisis de varianza para la altura de la planta se muestra el cuadro N° 5, donde se evidencia que existen diferencias significativas entre variedades se observa un valor $F_c = 7,64$ y comparado con el nivel de significancia de F_T 5%, podemos evidenciar que existen diferencias marcadas entre las variedades en estudio, también observamos que no existe diferencias significativas con el nivel de significancia de F_T 1% entre las variedades en estudio; sin embargo también se observa que para el caso

de los bloques no se evidencia diferencias significativas, por lo tanto se acepta que no existen diferencias significativas entre en cuanto a los bloques de estudio.

Al realizar el análisis de varianza, solo se encontró diferencias significativas en las variedades de quinua. No obstante, el análisis de varianza no indica cuál de las variedades en el estudio resulto más significativo

Para establecer las diferencias estadísticas entre los promedios de las alturas de las plantas de las cuatro variedades se realizó una prueba de Tukey al 5% de significancia (Cuadro N°6) en el cual se muestra que existen dos grupos diferentes para la altura de la planta, variedad 1 (Real blanca) registro la mayor altura de (1,40 m.) seguida por la variedad 4 (Kellu) con una altura de (1,38 m.), en cambio la variedad que registro una menor altura fue la variedad 2 (Pisankalla) con un promedio de (1,25 m.)

Cuadro N° 6 Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable altura de la planta.

VARIEDAD	MEDIAS	GRUPOS		
Real blanca	1,40	A		
Kellu	1,38	A	B	
Toledo	1,26		B	
Pisankalla	1,25			C

La expresión de una mayor altura por parte de la variedad 1 (Real blanca) y de la variedad 4 (Kellu) se justifica por la influencia de las características genéticas y condiciones ambientales que se presentaron durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, mostrando que las 4 variedades tuvieron buena adaptabilidad a las condiciones ambientales del lugar del experimento.

Grafico 1
Resultado de la prueba Tukey representado en grafico para la variable altura de la planta.



En la grafico 1 se observan las alturas de las plantas de quinua registrado por las cuatro variedades donde la V1 Real blanca (criolla) obtuvo una mayor altura, seguida por la V4 Kellu y posteriormente las otras dos variedades con un promedio menor.

3.1.2. VARIABLE LONGITUD DE PANOJA EN (CM)

La longitud de la panoja es uno de los principales componentes del rendimiento de la quinua, ya que a partir de esta variable se podrá conocer la productividad de un cultivo, en este caso el de la quinua.

En el cuadro N° 7 se muestra los datos promedios de la longitud de panoja.

Cuadro N°7

Longitud de panoja en cm.

TRATAMIENTOS	REPLICAS			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
V1 REAL BLANCA	30,9	29,92	27,5	88,32	29,44
V2 PISAKALLA	26,44	25,86	26,14	78,44	26,15
V3 TOLEDO	27,68	25,6	24,7	77,98	25,99
V4 KELLU	34,84	29,38	27,68	91,9	30,63
SUMA BLOQUES	119,86	110,76	106,02	336,64	
CV	29,06				

En el cuadro N°7 la variedad que tuvo mayor longitud de panoja fue la V4 (Kellu) con 30,63 cm., en segundo lugar se encuentra la V1 (Real blanca) con 29,44 cm, posteriormente esta la V2 (Pisankalla) con 26,15 cm y por último la V3 (Toledo) con 25,99 cm de longitud de panoja.

Oscó (2009), indican que a medida que la planta crece en longitud, la panoja también crece vertical y horizontalmente en tamaño; sin embargo, esta relación está influenciada por el efecto de clima y suelo, genotipo y la densidad del cultivo.

Cuadro N° 8

Prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable longitud de panoja

FUENTES DE VARIACION	GL	SC	CM	F _C	F tabulada	
					F _T 5%	F _T 1%
TOTAL	11	88,33				
REPETICIONES	2	24,74	12,37	5,22	5,14	10,9
TRATA	3	49,37	16,46	6,94	4,76	9,78
ERROR	6	14,22	2,37			

Fuente: elaboración propia

Leyenda:

SC: suma de cuadrados

GL: grados de libertad

CM: cuadrado medio

F_C: F calculada

F_T: F tabulada

En el análisis de varianza para la longitud de la panoja que se muestra el cuadro N° 8, donde se evidencia que existen diferencias significativas entre variedades, comparado con el nivel de significancia de F_T 5%, podemos evidenciar que existen diferencias marcadas entre las variedades en estudio, también observamos que no existe diferencias significativas con el nivel de significancia de F_T 1% entre las variedades

en estudio; sin embargo también se observa que para el caso de los bloques no se evidencia diferencias significativas con el nivel de significancia, por lo tanto se acepta que no existen diferencias significativas en cuanto a los bloques de estudio.

Al realizar el análisis de varianza, solo se encontró diferencias significativas en las variedades de quinua. El análisis de varianza no indica cuál de las variedades en el estudio resultó más significativo.

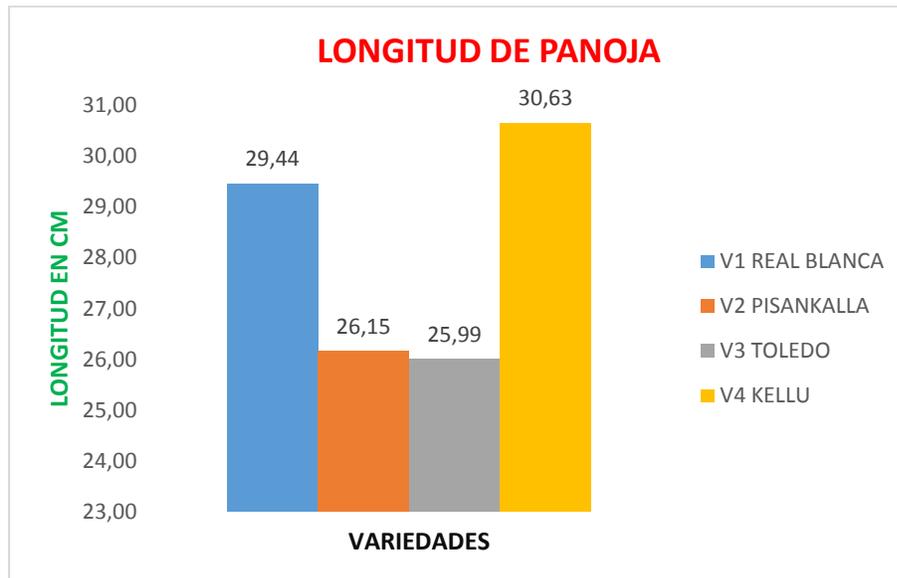
Para establecer las diferencias estadísticas entre los promedios de la longitud de la panoja de las plantas de las cuatro variedades se realizó una prueba de Tukey al 5% de significancia (Cuadro N°9) en el cual se muestra que existen dos grupos diferentes para la longitud de la panoja, variedad V4 (Kellu) registro la mayor longitud de panoja de (30,63 cm.) seguida por la variedad 1 (Real blanca) con una longitud de (29,44 cm.), en cambio la variedad que registro una menor longitud de panoja fue la variedad 3 (Toledo) con un promedio de (25,99 cm.)

Cuadro N° 9 Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable longitud de panoja.

VARIEDAD	MEDIAS	GRUPOS		
Kellu	30,63	A		
Real blanca	29,44	A	B	
Pisankalla	26,15		B	
Toledo	25,99			C

La expresión de una mayor longitud de panoja por parte de la variedad 4 (Kellu) y de la variedad 1 (Real blanca) se justifica por la influencia de las características genéticas y condiciones ambientales que se presentaron durante todo el ciclo vegetativo del cultivo, mostrando que las 4 variedades tuvieron buena adaptabilidad a las condiciones ambientales del lugar del experimento.

Grafico 2
Resultado de la prueba Tukey representados en gráficos para la variable
longitud de panoja.



En la grafico 2 se observan las longitudes de las panojas de quinua registrado por las cuatro variedades donde la V4 Kellu obtuvo un mejor promedio de (30,63 Cm.) seguida por la variedad V1 Real blanca (criolla) con un promedio de (29,44 cm.) y posteriormente las otras dos variedades con un promedio de longitud de panoja de menor tamaño.

3.1.3. VARIABLE DIAMETRO DE PANOJA EN CM.

El diámetro de la panoja es uno de los principales componentes del rendimiento de la quinua, ya que a partir de esta variable se podrá conocer la productividad de un cultivo.

En el cuadro N° 10 se muestra los datos promedios del diámetro de panoja.

Cuadro N°10
Diámetro de panoja en cm

TRATAMIENTOS	REPLICAS			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
V1 REAL BLANCA	4,8	4,24	4	13,04	4,35
V2 PISANKALLA	3,2	3	2,8	9	3,00
V3 TOLEDO	4,5	4	3,98	12,48	4,16
V4 KELLU	6,8	6,2	5,2	18,2	6,07
SUMA BLOQUES	19,3	17,44	15,98	52,72	
CV. 7,15					

En el cuadro N°10 referente al diámetro de panoja la variedad que tuvo mayor diámetro fue la V4 (Kellu) con 6,07 cm., en segundo lugar se encuentra la V1 (Real blanca) con 4,35 cm, posteriormente esta la V3 (Toledo) con 4,16 cm y por último la V2 (Pisankalla) con 3,00 cm de diámetro de panoja.

Ramos (2000), menciona que el crecimiento del diámetro de la panoja de la quinua está en función de las condiciones genéticas de la variedad, y de las condiciones medio ambientales en las cuales se desarrollan.

FAO (2016), El diámetro de la inflorescencia o panoja de quinua depende del genotipo y del medio ambiente y varía de 3 a 15 cm.

Cuadro N° 11

Prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable diámetro de panoja

FUENTES DE VARIACION	GL	SC	CM	F _C	F tabulada	
					F _T 5%	F _T 1%
TOTAL	11	16,29				
REPETICIONES	2	1,38	0,69	8,10	5,14	10,9
TRATAMIENTOS	3	14,39	4,80	56,13	4,76	9,78
ERROR	6	0,51	0,09			

Fuente: elaboración propia

Leyenda:

SC: suma de cuadrados

GL: grados de libertad

CM: cuadrado medio

F_C: F calculada

F_T: F tabulada

En el análisis de varianza para la longitud de la panoja que se muestra el cuadro N° 11, donde se evidencia que existen diferencias altamente significativas en cuanto a las variedades, comparado con el nivel de significancia de F_T 5% y 1%, también se observa que para el caso de los bloques si existen diferencias significativas en cuanto a los bloques de estudio.

La panoja de la variedad V4 Kellu es glomerular con la diferencia de que tiene la forma de un cono invertido por lo que presenta valores superiores en diámetro. Aroni *et al.* (2003), señala que le 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 variedad Kellu alcanzó el valor más alto.

El análisis de varianza no indica cuál de las variedades en el estudio resultó más significativo.

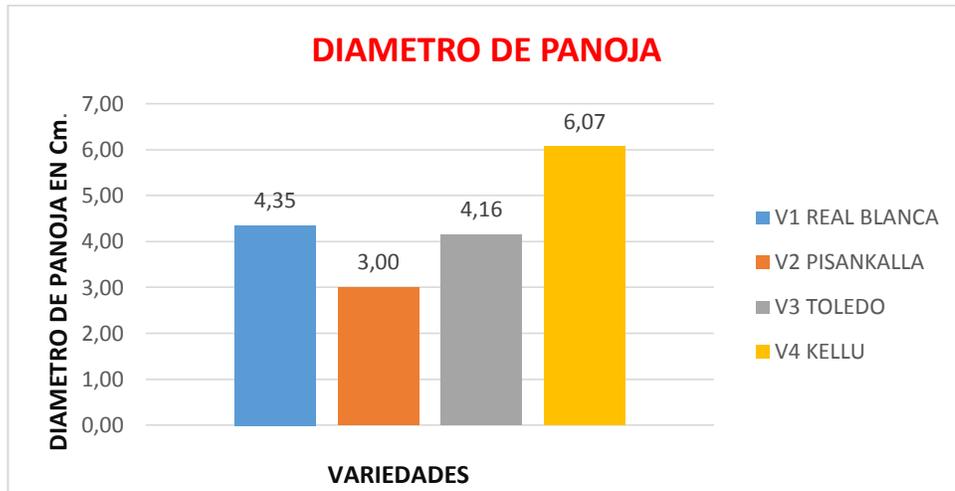
Para establecer las diferencias estadísticas entre el diámetro de la panoja de las cuatro variedades se realizó una prueba de Tukey al 5% de significancia (Cuadro N°12) en el cual se muestra que existe una variedad que sobre sale al resto de las variedades, es la variedad V4 (Kellu) registro la mayor diámetro de panoja de (6,08 cm.) seguida por la variedad 1 (Real blanca) con una longitud de (4,35 cm.), en cambio la variedad que registro una menor longitud de panoja fue la variedad 4 (Pisankalla) con un promedio de (3 cm.)

Cuadro N° 12 Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable diámetro de panoja

VARIEDAD	MEDIAS	GRUPOS		
Kellu	6,09	A		
Real blanca	4,35	A	B	
Toledo	4,16		B	
Pisankalla	3			C

El mayor diámetro de la panoja por parte de la variedad 4 (Kellu) y de la variedad 1 (Real blanca) se justifica por la influencia de las características genéticas y condiciones ambientales que se presentaron durante todo el ciclo vegetativo del cultivo.

Grafico 3
Resultado de la prueba Tukey representados en gráficos para la variable
diámetro de panoja.



En la grafico 3 se observan el diámetro de las panojas de quinua registrado por las cuatro variedades donde la V4 Kellu obtuvo un mejor promedio seguida por la variedad V1 Real blanca (criolla) y posteriormente las otras dos variedades con un promedio de longitud de panoja de menor tamaño.

3.2. VARIABLES DE RENDIMIENTO

4.2.1. VARIABLE DE RENDIMIENTO DE GRANO POR PLANTA INDIVIDUAL EN GRAMOS

El rendimiento por planta individual fue evaluado una vez cuando la planta culmino con su ciclo vegetativo cuando las panojas se encontraban totalmente secas.

De ello se promedió los datos obtenidos. Arrojando los resultados de cuadro N° 13.

CUADRO N°13

Rendimiento de grano por planta individual en gramos

TRATAMIENTOS	REPLICAS			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
V1 REAL BLANCA	11,4	10,46	9	30,86	10,29
V2 PISANKALLA	10,2	9,5	8,9	28,6	9,53
V3 TOLEDO	10,5	10	9,5	30	10,00
V4 KELLU	12,88	12,44	12,2	37,52	12,51
SUMA BLOQUES	44,98	42,4	39,6	126,98	
CV	6,29				

En el cuadro N°13 la variedad que tuvo mayor peso de grano por planta individual fue la V4 (Kellu) con 12,51 gramos, en segundo lugar se encuentra la V1 (Real blanca) con 10,29 gramos, posteriormente esta la V3 (Toledo) con 10,00 gramos y por último la V2 (Pisankalla) con 9,53 gramos, en el rendimiento de grano por planta individual.

Spehar y **Santos** (2005) señalan que el rendimiento de grano se relaciona positivamente con la altura de planta y al diámetro de panoja, lo cual se confirma en este estudio, ya que la variedad Kellu fue la que alcanzó un desarrollo mayor diámetro de panoja (6,09) frente a las demás variedades en estudio.

Alcón (2005) al trabajar con 2 variedades, obtuvo resultados similares para la variedad Real Blanca, y Kellu que alcanzaron pesos similares a este estudio realizado.

Cuadro N° 14

Prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable rendimiento de grano por planta individual

FUENTES DE VARIACION	gl	SC	CM	F _C	F tabulada	
					5%	1%
TOTAL	11	20,20				
REPETICIONES	2	3,62	1,81	12,21	5,14	10,9
TRATAMIENTOS	3	15,69	5,23	35,28	4,76	9,78
ERROR	6	0,89	0,15			

En este sentido el cuadro 14 muestra el análisis de varianza para el rendimiento de grano por planta individual, donde se observa que si existen diferencias significativas en cuanto a los bloques en estudio es se debe a las características físicas del suelo, y para el factor variedades se registra que existen diferencias significativas y altamente significativas lo que quiere decir que los cultivares de quinua manifiestan características propias para expresar el rendimiento. El coeficiente de variación es de 12,48%, el cual nos refleja la confiabilidad de los datos registrados.

El análisis de varianza no indica cuál de las variedades en el estudio resulto más significativo.

Para establecer las diferencias estadísticas entre el diámetro de la panoja de las cuatro variedades se realizó una prueba de Tukey al 5% de significancia (Cuadro N°15) en el cual se muestra que existe una variedad que sobre sale al resto de las variedades.

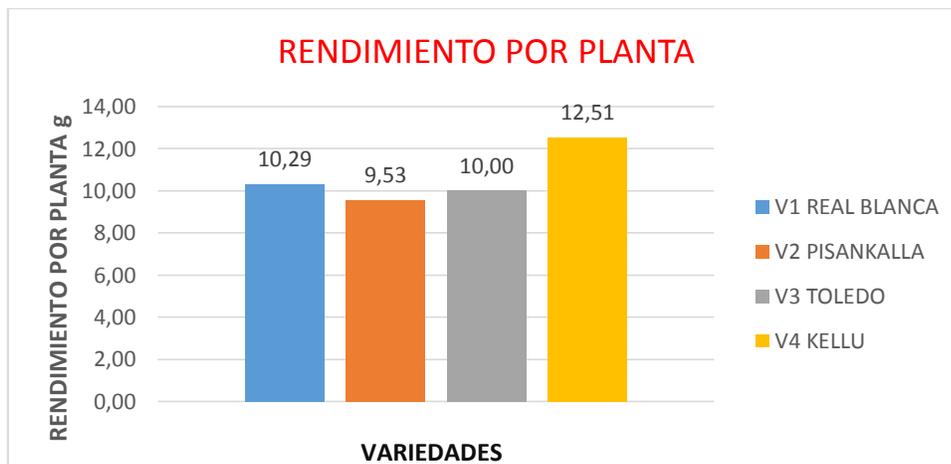
Cuadro N° 15 Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable rendimiento de grano por planta individual.

VARIEDAD	MEDIAS	GRUPOS		
Kellu	12,51	A		
Real blanca	10,29	A	B	
Toledo	10,00		B	
Pisankalla	9,53			C

En esta prueba de Tukey se puede evidenciar que la variedad que sobre sale al resto es la variedad V4 (Kellu) registro la mayor peso de grano con un promedio de (12,51 g) seguida por la variedad 1 (Real blanca) con un promedio de (10,29 g), en cambio la variedad que registro una menor peso de grano por planta individual fue la variedad 4 (Pisankalla) con un promedio de (9,53 g).

En forma general se puede advertir que existe un efecto de las características genéticas propias de cada variedad en el rendimiento de grano por planta individual asociada a la influencia que tiene el medio ambiente y el suelo donde se realizó el estudio.

Grafico 4
Resultado de la prueba Tukey representados en gráficos para la variable
rendimiento de grano por planta individual.



Los resultados de la prueba de Tukey para rendimiento en grano por planta individual (Grafico 4), en el que se identificó dos grupos siendo las variedades con mayor rendimiento son Kellu y Real blanca (criolla) con un peso de 12,51 gramos la segunda variedad con un peso promedio de 10,29 gramos, seguido de las otras dos variedades que obtuvieron un promedio menor Toledo con 10 gramos/planta y la ultima la variedad Pisankalla con 9,53 gramos/planta. Lo anterior significa que la variedad Kellu y Real blanca son las que mejor han aprovechado las condiciones del medio, pudiendo ser las más resistentes a diferentes factores abióticos (sequia, heladas), ambientales y de suelo.

3.2.2. VARIABLE DE RENDIMIENTO DE GRANO POR UNIDAD EXPERIMENTAL EN (Kg)

Para esta variable del rendimiento por unidad experimental se promedió los datos obtenidos. Arrojando los resultados de cuadro N° 16

CUADRO N°16

Rendimiento de grano por unidad experimental en Kg.

TRATAMIENTOS	REPLICAS			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
V1 REAL BLANCA	3,4	3,33	2,9	9,63	3,21
V2 PISANKALLA	3,1	2,8	2,5	8,4	2,80
V3 TOLEDO	3,28	3,1	3	9,38	3,13
V4 KELLU	3,8	3,78	3,2	10,78	3,59
SUMA BLOQUES	13,58	13,01	11,6	38,19	
CV	5,6				

En el cuadro N°16 en el rendimiento de grano por unidad experimental la variedad que tuvo mayor peso de grano fue la V4 (Kellu) con 3,59 Kg, por unidad experimental, en segundo lugar se encuentra la V1 (Real blanca) con 3,21 Kg, posteriormente esta la V3 (Toledo) con 3,13 Kg y por último la V2 (Pisankalla) con 2,80 Kg.

Al respecto Stefer et al., (2004), señala que el rendimiento individual depende de la capacidad de manutención del suelo, del efecto climático y de la capacidad de los genotipos de la planta en la generación de un mayor número de estructuras reproductivas por planta.

Estos valores de rendimiento de grano que se obtuvieron por unidad experimental refleja el rendimiento real que se consiguió en condiciones de campo y condiciones medio ambientales donde se desarrolló el estudio, donde se observa que una variedad la Kellu sobre salió al resto de las variedades, se adaptó mejor a la zona.

Cuadro N° 17

Prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable rendimiento de grano por unidad individual.

FUENTES DE VARIACION	GL	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
TOTAL	11	1,56				
REPETICIONES	2	0,52	0,26	19,56	5,14	10,9
TRATA	3	0,96	0,32	24,02	4,76	9,78
ERROR	6	0,08	0,01			

Al realizar el análisis de varianza para el rendimiento de grano que se muestra en el cuadro N° 17 se puede observar que para el rendimiento de grano por unidad

experimental, se observa que si existen diferencias significativas tanto al 1% y 5% en cuanto a los bloques en estudio esto se debe al características físicas del suelo, y para el factor variedades se registra que existen diferencias significativas y altamente significativas lo que quiere decir que los cultivares de quinua manifiestan características propias genotípicas para expresar el rendimiento. El coeficiente de variación es de 12,48%, el cual nos refleja la confiabilidad de los datos registrados. El análisis de varianza no indica cuál de las variedades en el estudio resultó más significativo.

Para establecer las diferencias estadísticas entre el rendimiento de grano por unidad experimental de las cuatro variedades se realizó una prueba de Tukey al 5% de significancia (Cuadro N°18) en el cual se muestra que existe una variedad que sobresale al resto de las variedades.

Cuadro N° 18 Resultado de la prueba Tukey al 5% en la variable rendimiento de grano por unidad experimental.

VARIEDAD	MEDIAS	GRUPOS		
Kellu	3,59	A		
Real blanca	3,21	A	B	
Toledo	3,13		B	
Pisankalla	2,80			C

En la prueba de Tukey al 5% de significancia (Cuadro 18) podemos determinar que tratamiento o variedad tuvo los mejores rendimientos expresado en kilogramos se identifica las diferencias significativas entre las variedades donde la variedad o tratamiento V4 Kellu y la variedad V1 Real blanca tuvieron los mejores rendimientos, estas variedades registraron los mayores pesos de grano en un rango de 3, 59 Kg para la variedad Kellu por unidad experimental, seguido de la variedad Real blanca con 3, 21 Kg seguidamente las otras variedades registraron un menor rango la Toledo de 3,13 y por último la variedad Pisankalla obtuvo el menor peso con 2, 80 Kg por unidad experimental.

Así se presenta en la Figura los rendimientos de quinua por unidad experimental, donde se observa claramente los rendimientos en Kg.

En la grafico 5 podemos observar claramente el rendimiento de las variedades donde la Kellu tuvo el mejor rendimiento de peso de grano con 3,59 Kg por unidad experimental y seguida de la variedad Real blanca con 3,21 Kg esto se justifica a que estas variedades se adaptaron mucho mejor a las condiciones climáticas de la zona de estudio y otro factor fue las características genéticas de la variedad ya que la variedad Kellu tiene un grano de mayor diámetro, las otras dos variedades obtuvieron un menor rendimiento.

Grafico 5
Resultado de la prueba Tukey representados en gráficos para la variable rendimiento de grano por unidad experimental



En la grafico 5 podemos observar claramente el rendimiento de las cuatro variedades, donde la variedad Kellu tuvo el mejor rendimiento de peso de grano con 3,59 Kg por unidad experimental y seguida de la variedad Real blanca con 3,21 Kg, esto se justifica que estas variedades se adaptaron mejor a las condiciones climáticas de la zona de estudio y otro factor fue las características genéticas de la variedad, ya que la variedad Kellu tiene un grano de mayor diámetro. Las dos restantes variedades Toledo y Pisankalla tuvieron un menor rendimiento.

3.2.3. VARIABLE DE RENDIMIENTO DE GRANO POR HECTAREA (Kg)

Para esta variable del rendimiento de grano por hectárea se procedió a realizar cálculos a partir de los datos obtenidos de cada unidad experimental en estudio.

Arrojando los resultados de cuadro N° 19

CUADRO N°19
RENDIMIENTO DE GRANO POR HECTAREA (Kg)

TRATAMIENTOS	REPLICAS			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
V1 REAL BLANCA	1700	1665	1450	4815	1.605,00
V2 PISANKALLA	1440	1035	990	3465	1.155,00
V3 TOLEDO	1640	1550	1440	4630	1.543,33
V4 KELLU	1900	1890	1550	5340	1.780,00
SUMA BLOQUES	6680	6140	5430	18250	1520,83
CV	8,6				

En el cuadro N°19 la variedad que tuvo mayor rendimiento de grano por hectárea fue la V4 (Kellu) con 1780 Kg/ha, en segundo lugar se encuentra la V1 (Real blanca) con 1605 Kg/ha, posteriormente esta la V3 (Toledo) con 1543 Kg/ha y por último la V2 (Pisankalla) obtuvo un rendimiento 1155 Kg/ha.

El rendimiento por hectárea se evaluó al final luego de conocer los demás datos ya habiendo terminado la cosecha, donde observamos que todos los promedios sobrepasaron los 1000 Kg por hectárea con valores entre 1155 Kg hasta los 1780 Kg,

siendo esta la mejor variedad con el mayor rendimiento, también podemos observar un promedio general que alcanzó los 1520, 83 Kg/Ha

Al respecto Stefer et al., (2004), señala que el rendimiento individual depende de la capacidad de manutención del suelo, del efecto climático y de la capacidad de los genotipos de la planta en la generación de un mayor número de estructuras reproductivas por planta

Tapia y Frías (2007), señalan 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 enfermedades y plagas y la presencia de heladas y granizadas. Con el empleo de niveles adecuados de fertilización, desinfección de las semillas, siembra en surcos, control de malezas, la producción en un promedio de hasta 3000 kg/ha, siendo el promedio comercial 1500-2500 kg/ha.

Según PROINPA (2001) En estudios realizados en con variedades con las que se realizó la presente investigación tuvieron los siguientes rendimientos, variedad Kellu con 1860 Kg/Ha, variedad Real Blanca con 1200 Kg/Ha, variedad Pisankalla con 1130 Kg/Ha y la variedad Toledo con 1630 Kg/Ha.

Al comparar estos rendimientos en nuestra investigación podemos evidenciar que los resultados obtenidos están casi en el mismo rango, por lo tanto, estas variedades se adaptaron de la mejor manera al suelo y a las condiciones climatológicas de la zona.

Cuadro N° 20

Prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable rendimiento por hectárea.

FUENTES VARIACION	DE GL	SC	CM	F _c	F tabulada	
					5%	1%
TOTAL	11	884741,6 7				
REPETICIONES	2	196516,6 7	98258,33	9,44	5,14	10, 9
TRATA	3	625775,0 0	208591,67	20,04	4,76	9,7 8
ERROR	6	62450,00	10408,33			

En el análisis de varianza para el rendimiento de grano por hectárea que se muestra en el cuadro N° 20 se puede observar que si existen diferencias significativas tanto al 1% y 5% en cuanto a los bloques en estudio esto se debe al características físicas del suelo, y para el factor variedades se registra que existen diferencias significativas y altamente significativas lo que quiere decir que los cultivares de quinua manifiestan características propias genóticas para expresar el rendimiento. El coeficiente de variación es de 12,48%, el cual nos refleja la confiabilidad de los datos registrados. El análisis de varianza no indica cuál de las variedades en el estudio resulto más significativo.

Para establecer las diferencias estadísticas entre el el rendimiento de grano por unidad experimental de las cuatro variedades se realizó una prueba de Tukey al 5% de significancia (Cuadro N°21) en el cual se muestra que existe una variedad que sobre sale al resto de las variedades.

Cuadro N°21 Resultado de la prueba de Tukey al 5% para la variable rendimiento de grano por hectárea en (Kg)

VARIEDAD	MEDIAS	GRUPOS		
Kellu	1780	A		
Real blanca	1605	A	B	
Toledo	1543,33		B	
Pisankalla	1155			C

En la prueba de Tukey al 5% de significancia en el cuadro N°21, se puede identificar claramente las diferencias significativas entre las variedades en estudio los rendimientos promedios de las cuatro variedades evaluadas expresados en kg/ha, donde la variedad Kellu es la que el mayor rendimiento de grano obtenido fue de 1780 kg/ha, seguido de la variedad Real blanca con un rendimiento promedio de 1605 Kg/ha y el menor pertenece rendimiento de la variedad Pisankalla con un rendimiento de 1155 Kg/ha.

Grafico 6

Resultado de la prueba de Tukey representado en grafico para la variable rendimiento de grano por hectárea.



En la grafico 6 podemos apreciar el rendimiento de grano por hectárea de cada variedad, donde se evidencia que la variedad Kellu obtuvo el mejor promedio de rendimiento con 1780 Kg/ha seguido por la variedad Real blanca con un promedio de 1605 Kg/ha, estas variedades se adaptaron mejor a las condiciones ambientales de la zona. Las otras dos variedades tuvieron un menor rendimiento la Toledo 1543,33 Kg/ha y por último la variedad Pisankalla un rendimiento promedio de 1155 Kg/ha

3.3. PLAGAS Y ENFERMEDADES

3.3.1. Plagas del cultivo

En cuanto a plagas para el cultivo de quinua en la zona, no se pudo evidenciar ningún ataque de plagas, si en su madurez fisiología fue atacada por algunos pájaros de la zona, donde se los ahuyento de manera manual.

3.3.2. Enfermedades del cultivo

Las enfermedades que se identificó en el cultivo de quinua fue el Mildiu (*Perenospora variabilis*), para identificar la enfermedad que estaba atacando al cultivo se procedió a sacar muestras de las plantas atacadas, se llevó al laboratorio de fitopatología de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la U.A.J.M.S, donde se identificó el ataque por el Mildiu. Para su control se utilizó un fungicida sistemático a base de aluminium (Fosetyl aluminium), con nombre comercial de FOSET-AL 80.

Otra enfermedad que afecto el cultivo fue Podredumbre marrón del tallo (*Phoma exigua var. foveata*) pero esta no afecto de gran manera al cultivo, también fue controlada por el mismo fungicida.

Cuadro N°22 Análisis de costos/beneficios de una hectárea de producción de quinua (2022)

Ítem	Unidad	Cantidad/ha	Costo unitario (Bs)	Costo total (Bs)
Total costos				5580
Ingreso total	Quintal	33	350	11550
Ingreso neto				5970
Beneficio/Costo				1,07

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio del comportamiento agronómico de las cuatro variedades de quinua se llega a las siguientes conclusiones.

- Las variedades que mejor adaptaron a las condiciones climatológicas de la zona alta de Tarija, fue la variedad V4 (Kellu) la que mejor se adaptó a las condiciones climatológicas de la zona, seguido de la V1 (Pisankalla) que tuvo un buen comportamiento agronómico, las dos variedades restantes Toledo y Pisankalla, no tuvieron una buena adaptabilidad a la zona.
- En el rendimiento de grano en tn/ha de las cuatro variedades, donde la variedad V4 Kellu obtuvo el mejor rendimiento de 1,78 tn/ha, seguida de la V1 Real blanca con 1,605 tn/ha, luego la V3 Toledo tuvo un rendimiento de 1,543 tn/ha y por último la V2 Pisankalla tuvo el menor rendimiento de 1,15 tn/ha.
- En cuanto a las plagas y enfermedades para el cultivo de quinua en la zona, no se pudo evidenciar el ataque de plagas, aunque si se vio afectada por el ataque de algunos pájaros de la zona pero no incidieron en la producción ya que fueron ahuyentados. En cuanto a enfermedades si se pudo evidenciar por el ataque de dos enfermedades la principal fue el Mildiu (*Perenospora variabilis*), este patógeno fue el que más afecto al cultivo, también se observó el ataque de Podredumbre marrón del tallo (*Phoma exigua var. foveata*) esta enfermedad no afecto mucho al cultivo.
- En cuanto a la altura de la planta no se observaron grandes diferencias ya que la variedad Real blanca tuvo un promedio de altura de 1,40 m diferencia sobre la segunda variedad Kellu que tuvo un promedio de 1,38 m, las dos variedades restantes tuvieron una altura menor la Toledo 1,26 m. y la pisankalla de 1,25 m.

- En longitud de panoja se evidencio diferencias significativas donde la variedad Kellu registro la mayor longitud de panoja con un promedio de 30,63 cm, seguido por la variedad Real blanca con un promedio de 29,44 cm, en cambio la variedad que tuvo la menor longitud de panoja fue la variedad Toledo con 25,99 cm.
- Para el diámetro de la panoja se pudo observar diferencias significativas donde la variedad Kellu tuvo el mayor diámetro de 6,08 cm, seguido por la variedad Real blanca con 4,35 cm, la variedad Toledo tuvo un diámetro de panoja de 4,16 cm y la de menor diámetro de panoja fue la variedad Pisankalla con 3 cm.
- En cuanto al rendimiento de grano por planta individual se observó diferencias significativas, donde la variedad Kellu sobre salió al restos de las variedades obteniendo el mayor peso de grano con un promedio de 12,51 gramos, seguido de la variedad Real blanca con un promedio de 10,29 g. la que obtuvo el menor rendimiento por planta individual fue la variedad Pisankalla con 9,53 gramos.
- Con respecto al rendimiento de grano por hectárea de la misma manera que en las otras variables la variedad Kellu fue la que obtuvo el mejor rendimiento por hectárea con un promedio de 1780 kg/ha, seguido de la variedad Real blanca con un rendimiento promedio de 1605 Kg/ha, luego la variedad Toledo tuvo un rendimiento de 1543,33 Kg/ha y la variedad que tuvo el menor rendimiento fue la variedad Pisankalla con un rendimiento de 1155 Kg/ha.

RECOMENDACIONES

- ✓ Desde el punto de vista del comportamiento agronómico y rendimiento de las variedades utilizadas en el experimento, se recomienda a los agricultores de la zona utilizar la variedad Kellu ya que esta variedad tiene una mejor adaptabilidad a esta zona y por su mayor rendimiento de grano, y además su grano es de mayor diámetro a diferencia de las demás variedades.

- ✓ Se recomienda realizar ensayos sobre la estabilidad fenotípica de las variedades evaluadas en el presente ensayo con el propósito de obtener resultados más confiables acerca de su adaptación, y para contar con una amplia información sobre el comportamiento fenotípico de las variedades bajo diferentes condiciones ambientales de la zona y de suelo.

- ✓ Se recomienda seguir produciendo este cultivo por su alto valor nutricional que se ve reflejado en el alto perfil de proteína que contiene, entre 13,81 y 21.9% dependiendo de la variedad, además que contiene minerales y vitaminas que benefician la salud humana y animal.

- ✓ Se recomienda realizar las siembras un poco más tardías para que el cultivo no se vea afectado por las condiciones climáticas de la zona, como ser las lluvias que afectan cuando el grano está terminando su madurez fisiológica