

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA TÉCNICA SUPERIOR AGROPECUARIA VIACHA**



**PASANTÍA DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE  
NUEVE LÍNEAS PRECOCES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*  
Willd.) EN EL ALTIPLANO CENTRAL PROVINCIA INGAVI**

**Marco Antonio Huanca Limachi**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2008**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA TÉCNICA SUPERIOR AGROPECUARIA VIACHA**

**PASANTIA DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE NUEVE LÍNEAS  
PRECOCES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN EL ALTIPLANO  
CENTRAL PROVINCIA INGAVI**

Pasantía de grado presentado como requisito  
Parcial para obtener el Título de Técnico  
Superior Agropecuario

**MARCO ANTONIO HUANCA LIMACHI**

**TUTOR:**

Ing. Ph.D. Alejandro Bonifacio F. ....

**REVISORES:**

Ing. M. Sc. Félix Mamani R. ....

Ing. Nicolás Monasterios Q. ....

Vo.Bo.....

Ing. M.Sc. Jorge Pascuali Cabrera  
**DECANO Y PRESIDENTE TRIBUNAL**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2008**

## *DEDICATORIA*

*A DIOS por darme la vida, sabiduría y las fuerzas para seguir adelante, ¡Gracias,...!!*

*A mis amados padres Porfirio y Maria, y hermanos Jorge y Miriam, por el constante apoyo y confianza puesta en mí.*

*Este logro es por y para Ustedes...*

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Mayor de San Andrés Facultad de Agronomía, en particular a la Carrera Técnica Superior Agropecuaria – Viacha, por permitirme el acceso a la educación superior académica, a los docentes por su dedicación y conocimientos impartidos durante mi formación profesional.

A la Fundación PROINPA (para la Promoción e Investigación de Productos Andinos Regional Altiplano) por darme la oportunidad de integrarme a través del trabajo de Investigación, quienes me dieron facilidades técnicas y apoyo logístico para la realización de la tesina.

Mi más sincero agradecimiento al tutor y asesor del trabajo de investigación: Ing. Ph.D. Alejandro Bonifacio Flores. Por la ejecución y orientación en el trabajo de campo.

Al comité revisor: Ing. M. Sc. Félix Mamani Reynoso, e Ing. Nicolás Monasterios Quelali por sus oportunas correcciones y observaciones que permitieron enriquecer el documento.

Al Ing. Ph.D. Bruno Condori, por su apoyo ilimitado, sus valiosas observaciones y consejos que posibilitaron la conclusión de este estudio.

A todo el equipo del Centro de Investigación Quipa-quipani, por su colaboración en el trabajo de campo y su amistad.

A mis compañeros y amigos de la carrera Técnica Superior Agropecuaria de Viacha de la Universidad Mayor de San Andrés, con quienes compartimos ideales, sueños y amistad.

## INDICE GENERAL

<b>CONTENIDO .....</b>	<b>i</b>
<b>INDICE DE CUADROS.....</b>	<b>iv</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE FOTOGRAFÍAS .....</b>	<b>iv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivo específico.....	2
<b>II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Origen y distribución.....	3
2.2 Clasificación sistemática de la quinua.....	4
2.2.1 Descripción morfológica.....	4
2.3 Importancia del cultivo.....	7
2.3.1 Importancia en la alimentación.....	8
2.3.2 Valor nutritivo del grano.....	8
2.3.3 Superficie cultivada y producción nacional.....	10
2.3.4 Zonas de producción.....	10
2.3.5 Requerimientos del cultivo.....	11
2.4 Consideraciones sobre el mejoramiento genético del cultivo de la quinua	11
2.4.1 Herencia y Genética.....	11
2.4.1 Variación genética en la quinua.....	12
2.4.2 Mejoramiento genético.....	12
2.4.3 Variabilidad genética en la quinua.....	13
2.4.4 Métodos de mejoramiento.....	14
2.4.5 Selección simple.....	15
2.4.6 Hibridación.....	15
2.5 Obtención de líneas.....	16
2.6 Precocidad.....	16

2.7	Líneas precoces.....	17
2.8	Variedad de quinua precoz (Jacha Grano).....	17
2.9	Componentes de rendimiento.....	18
2.10	Épocas de siembra.....	18
2.11	Métodos de siembra.....	19
2.12	Fases fenológicas del cultivo.....	20
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1	Localización.....	23
3.2	Clima.....	23
3.3	Suelo.....	23
3.4	Vegetación.....	23
3.5	Material experimental.....	24
3.5.1	Material genético.....	24
3.5.2	Material de campo.....	25
3.5.3	Insumos.....	26
3.5.4	Material de laboratorio y gabinete.....	26
3.6	Trabajo de campo.....	26
3.6.1	Preparación del terreno.....	26
3.6.2	Siembra.....	27
3.6.3	Raleo.....	27
3.6.4	Control de malezas.....	27
3.6.5	Aporque.....	27
3.6.6	Fertilización foliar.....	28
3.6.7	Control preventivo de plagas y enfermedades.....	28
3.6.8	Cosecha.....	28
3.6.9	Formación de parvas.....	29
3.6.10	Trilla y venteo.....	29
3.7	Diseño experimental.....	29
3.7.1	Características de la parcela.....	30
3.8	Variables de evaluación.....	30
3.8.1	Días a la floración.....	30

3.8.2 Días a la madurez fisiológica.....	30
3.8.3 Altura de planta.....	31
3.8.4 Diámetro de tallo.....	31
3.8.5 Longitud de panoja.....	31
3.8.6 Diámetro de panoja.....	31
3.8.7 Pesos de 100 granos.....	31
3.8.8 Diámetro de grano.....	32
3.8.9 Espesor de grano.....	32
3.8.10 Rendimiento de grano.....	32
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>33</b>
4.1 Días a la floración.....	33
4.2 Días a la madurez fisiológica.....	34
4.3 Altura de planta .....	35
4.4 Diámetro de tallo.....	36
4.5 Longitud de panoja.....	37
4.6 Diámetro de panoja.....	38
4.7 Peso de 100 granos (gr).....	38
4.8 Diámetro de grano.....	39
4.9 Espesor de grano.....	40
4.10 Rendimiento de grano.....	41
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
5.1 Conclusiones.....	43
5.2 Recomendaciones.....	45
<b>VI. RESUMEN.....</b>	<b>46</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>47</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación del contenido de los aminoácidos esenciales en el grano de quinua con otros elementos (g aminoácidos/100 g de proteína).....	9
Cuadro 2. Comparación de la composición proximal de la quinua con la de algunos cereales (porcentaje en base a materia seca).....	9
Cuadro 3. Superficie de cultivo, rendimiento y volúmenes de producción...	10
Cuadro 4. Características generales del material genético.....	24
Cuadro 5. Prueba de Duncan en promedio para días a la floración.....	33
Cuadro 6. Prueba de Duncan en promedio para días a la madurez fisiológica.....	34
Cuadro 7. Prueba de Duncan en promedio para altura de planta (cm).....	35
Cuadro 8. Prueba de Duncan en promedio para el diámetro de tallo (mm).....	36
Cuadro 9. Prueba de Duncan en promedio para longitud de panoja (cm).....	37
Cuadro 10. Prueba de Duncan en promedio para el diámetro de panoja (mm).....	38
Cuadro 11. Prueba de Duncan para el peso e 100 granos (gr).....	39
Cuadro 12. Prueba de Duncan en promedio para diámetro de grano (mm).....	40
Cuadro 13. Prueba de Duncan en promedio para el espesor de grano (mm).....	41
Cuadro 14. Prueba de Duncan en promedio para el rendimiento de grano (kg/ha).....	42



## ANEXOS

- Anexo 1. Localización de la comunidad Quipaquipani Provincia Ingavi, Departamento de La Paz
- Anexo 2. Croquis de la parcela experimental
- Anexo 3. Figura 3. Condiciones climáticas durante el ciclo agrícola 2005 – 2006 en la localidad de quipaquipani
- Anexo 4. Análisis de varianza (ANVA) para días a la floración
- Anexo 5. Análisis de varianza (ANVA) para madurez fisiológica
- Anexo 6. Análisis de varianza (ANVA) para altura de planta
- Anexo 7. Análisis de varianza (ANVA) para el diámetro de tallo
- Anexo 8. Análisis de varianza (ANVA) para longitud de panoja
- Anexo 9. Análisis de varianza (ANVA) para el diámetro de panoja
- Anexo 10. Análisis de varianza (ANVA) para el espesor de 100 granos
- Anexo 11. Análisis de varianza (ANVA) para el diámetro de grano
- Anexo 12. Análisis de varianza (ANVA) para espesor de grano
- Anexo 13. Análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento de grano
- Anexo 14. Días a la floración
- Anexo 15. Días a la madurez fisiológica
- Anexo 16. Altura de planta (cm)
- Anexo 17. Diámetro de tallo (mm)
- Anexo 18. Longitud de panoja (cm)
- Anexo 19. Diámetro de panoja (mm)
- Anexo 20. Peso de 100 granos (gr)
- Anexo 21. Diámetro de grano (mm)
- Anexo 22. Espeso de grano (mm)
- Anexo 23. Rendimiento de grano (kg/ha)

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Parcela Experimental

Fotografía 2. Identificación de plantas individuales

Fotografía 3. Ecotipo "Achachino" en plena floración

Fotografía 4. Tipos de inflorescencia a) Glomerulado b) Amarantiforme

Fotografía 5. Líneas en plena fase de maduración fisiológica

Fotografía 6. Balanza eléctrica de precisión

## I. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es originaria de Los Andes, por lo que se constituye uno de los cultivos tradicionales del altiplano. La quinua se encuentra adaptada a severas condiciones de altitud desde los 2500 y 4000 m.s.n.m, temperaturas inferiores a 0°C de clima frío y seco. Las características del suelo donde se cultiva la quinua presentan una serie de deficiencias expresadas en bajo contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales.

El grano de quinua es un producto del alto valor nutritivo y tiene una amplia distribución en diferentes ecosistemas, desde Colombia hasta Chile y Argentina. En Bolivia la quinua se cultiva en toda la faja altiplánica, desde el Altiplano Norte, Altiplano Central y Altiplano Sur, así también está difundida en algunas regiones cordilleras y valles interandinos de departamentos de La Paz, Chuquisaca, Cochabamba, Potosí y Tarija.

En los últimos años están presentándose cambios climáticos que afectan negativamente la producción de quinua, tales factores son: sequía, erosión del suelo, irradiación solar y heladas que provocan en muchos casos pérdidas totales, generando secuelas de pobreza entre los productores, donde cada año, miles de personas migran del campo a las grandes ciudades de Bolivia buscando una vida mejor pero la mayoría termina más pobre de lo que llegó y desligada de contexto sociocultural.

Para disminuir estos efectos en la producción de quinua se debe establecer estrategias tecnológicas que ayuden a enfrentar este tipo de cambios climáticos (evitar heladas, enfrentar lluvias y siembras retrasadas), buscando nuevas variedades precoces que estén de acuerdo con las exigencias del agricultor, como ser tamaño de grano, uniformidad en el color de grano, homogeneidad en el tamaño de planta, etc.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo General**

- Evaluar líneas precoces de quinua que respondan a las condiciones climáticas de la región altiplánica.

### **1.1.2 Objetivo Especifico**

- Estudiar las características agronómicas de nueve líneas precoces de quinua.
- Evaluar la fenología de nueve líneas precoces de quinua
- Evaluar las características de rendimiento y tamaño de grano

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Origen y Distribución

Según Gandarillas (1984) y Lescano (1994), Vavilov estableció que el centro de origen de una planta cultivada es aquella región con la mayor diversidad de tipos, tanto de plantas cultivadas como de sus progenitores silvestres. Varios autores que han escrito sobre el origen de la quinua están de acuerdo en considerar que es originaria de los Andes, el mismo autor señala como centro de origen la región comprendida entre el Altiplano Boliviano - Peruano, donde existe la mayor variación de quinua cultivada y donde su cultivo es más intenso.

Bonifacio (2002). La quinua es un producto originario de Los Andes y se cultiva ampliamente en el altiplano Norte, Central y Sur de Bolivia. En cada una de estas zonas se encuentra una gran diversidad genética de tamaños, colores y sabores

Lescano (1994), citado por Vargas (2006), destaca la importancia económica y social de la quinua para los pobladores andinos, también asevera que en las zonas altas la quinua es el cultivo más difundido y presenta diferentes formas, ecotipos y variedades que llevan características sobresalientes, constituyéndose en un excelente material para el mejoramiento genético.

Según Murillo (1995), el cultivo de quinua se halla ampliamente distribuido, se extiende desde los 5° de Latitud Norte al Sur de Colombia, hasta los 30° de Latitud Sur en las fronteras de Chile y Argentina, a partir de los 1900 hasta 4000 m.s.n.m.

Las zonas de producción de quinua en el altiplano presentan variación en las características agro-ecológicas, lo cual ha conducido a que se divida en tres zonas, Altiplano Norte, Central y Sur. El Altiplano Norte se encuentra en las zonas circundantes al lago Titicaca y los nevados de la Cordillera de Los Andes, por lo que presenta una mayor cantidad de lluvia y mayor humedad relativa del aire, en relación a otras zonas del Altiplano. Los suelos del Altiplano Norte son relativamente más fértiles, en cambio,

las zonas del Altiplano Sur y Central se caracterizan por ser más secas y los suelos son pocos fértiles en relación al Altiplano Norte. PROINPA (2006).

Con respecto a la agrobiodiversidad Ibsch y Mérida (2003), citado por Vargas (2006), indican que en Bolivia se encuentra un centro de importancia mundial de origen y diversidad, no solamente de plantas domesticadas sino también de los parientes silvestres.

Valdivia y otros. (1997) citado por Chambilla (2007), manifiesta que el intercambio de especies entre zonas, genera la creación de áreas específicas, conocidas como subcentros de origen, que son lugares donde se han adaptado la diversidad de variedades del cultivo de quinua. Los diferentes grupos de quinua corresponden a la siguiente clasificación:

- Quinuas de Valles Interandinos
- Quinuas de Altiplano
- Quinuas de Salares
- Quinuas del Nivel del Mar

## 2.2 Clasificación taxonómica de la Quinua

Hunzinker (1943), clasificó taxonómicamente a la quinua de la siguiente manera.

Reino	:	Vegetal
División	:	Fanerógamas
Subdivisión	:	Angiospermas
Clase	:	Dicotiledoneas
Suborden	:	Centrospermales
Orden	:	Caryophylliales
Familia	:	Chenopodiaceae
Género	:	Chenopodium
Especie	:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.

### 2.2.1 Descripción morfológica

La quinua presenta una **raíz** pivotante y vigorosa que puede llegar hasta 30 cm de profundidad. A partir de unos pocos centímetros del cuello empieza a ramificarse en

raíces secundarias y terciarias, de las cuales salen raicillas, que también se ramifican en varias partes (Álvarez 1990).

El **tallo** es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas dando una configuración excepcional, el grosor del tallo también es variable siendo mayor en la base que en el ápice, dependiendo de los genotipos y zonas donde se desarrolla, existen genotipos ampliamente ramificados (quinuas de valle) incluso desde la base (quinuas del nivel del mar) y otros de tallo único (quinuas del altiplano), así como genotipos intermedios, dependiendo del genotipo, densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes, la coloración del tallo es variable, desde el verde al rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color rojo, o púrpura (Gangarillas 1982).

El diámetro del tallo es variable con los genotipos, distanciamiento de siembra, fertilización, condiciones de cultivo, variando de 1 a 8 cm de diámetro. (Tapia 1983).

Las **hojas** son dicotiledóneas, formada por el limbo y el pecíolo. El limbo es polimorfo, hojas inferiores generalmente grandes de forma triangular o romboidal y las superiores pequeñas y lanceoladas, presentando bordes dentados, aserrados o enteros, variando el número de dientes según los genotipos. Las hojas jóvenes normalmente están cubiertas por papilas que cubren también los tallos jóvenes de las inflorescencias disminuyendo la radiación directa sobre las hojas, evitando el sobre calentamiento. Los pecíolos son largos, finos, acanalados en su lado superior. Los que nacen directamente del tallo son más largos y los de las ramas primarias más corta (Alvarez 1990).

La **inflorescencia** es racimosa y por la disposición de las flores en el racimo se considera como una panoja. Puede ser laxa (Amarantiforme) o compacta (Glomerulada). En la inflorescencia glomerulada forman grupos compactos con pedicelos cortos y muy juntos, dando un aspecto apretado y compacto. A lo largo de estos últimos se agrupan las flores. En el tipo de inflorescencia amarantiforme, los glomerulos son alargados y el eje central tiene numerosas ramas secundarias y terciarias, en ellas se agrupan las flores formando masas bastantes laxas, se designa

con este nombre por el parecido que tiene con la inflorescencia del genero *Amaranthus*. (Alvarez 1990)

Las **flores** son pequeñas, sésiles y desprovistas de pétalos, por lo tanto son incompletas, constituida por una corola formada por cinco piezas florales tepaloides, sepaloides, pudiendo ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles , lo que indica que podría tener hábito autógamo como alógamo con polinización cruzada (Tapia 1983).

El **fruto** es aquenio, proviene de un ovario súpero unilocular, seco indehiscente, con una sola semilla, que a su vez esta cubierto por perigonio, pericarpio y episperma. La forma del grano puede ser cónica, cilíndrica y elipsoidal que esta formado en gran parte por el embrión que se enrolla en circulo dejando al centro el episperma de un color mas claro formando el almidón y entre los colores que presentan se puede mencionar los grano blanco, café, negro, vítreo transparente “chullpi”, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, gris, guindo claro “pisankalla”, etc.; con respecto al tamaño se dice que el grano es pequeño cuando mide hasta 1.8 mm; mediano cuando mide de 1.8 – 2.1 mm y grande cuando es mayor a 2.2 mm de diámetro (Tapia 1983).

El **perigonio** tiene un aspecto membranoso, opaco de color ebúrneo, con estructura alveolar, con un estrato de células de forma poligonal-globosa y de paredes finas y lisas (Lescano 1994).

El **pericarpio** esta pegado a la semilla, presenta alvéolos y en algunas variedades se puede separar fácilmente, en el caso de la quinua amarga pegada a esta parte del fruto se encuentra la saponina. El pericarpio es la primera capa que da color al grano y es de naturaleza celulosita, impermeable al agua, la presencia de saponina tiene la función de hidrolizar las células y hacerlas permeables (Lescano 1994).

La **semilla** Constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presenta tres partes bien definidas que son:

El **episperma**; está constituida por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la



saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia a la semilla es variable con los genotipos, tiene células de forma alargada con paredes rectas; la segunda capa es muy delgada y lisa, se observa sólo cuando la capa externa es translúcida; la tercera capa es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta capa, translúcida, está constituida por un solo estrato de células (Gallardo 1997).

El **endosperma** queda reducido a una cubierta delgada o a una sola capa en el extremo micropilar del saco embrionario. Es un tejido que rodea al embrión de la semilla y le sirve de reserva alimenticia (Gallardo 1997).

El **embrión**, está formado por dos cotiledones y la radícula, constituye el 30% del volumen total de la semilla el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320 grados, es de color amarillento mide 3.54 mm de longitud y 0.36 mm de ancho, en algunos casos alcanza una longitud de 8.2 mm y ocupa el 34% de toda la semilla y en ella se encuentra la mayor cantidad de proteína que alcanza del 35-40% , mientras que en el perisperma solo del 6.3 al 8.3% de la proteína total del grano. La radícula, muestra una pigmentación de color castaño oscuro. (Carrillo 1992).

El **perisperma** es el principal tejido de almacenamiento y está constituido por granos de almidón, es de color blanquecino y representa el 60% de la superficie de la semilla, sus células son grandes de mayor tamaño que la del endosperma, de forma poligonal con paredes delgadas, rectas y con grandes agregados de almidón, estos agregados están compuestos por miles de gránulos de almidón individuales, de forma hexagonal en la mayoría de los casos (Carrillo 1992).

### **2.3 Importancia del cultivo**

Espíndola (1986), Jacobsen y Mújica (1999), sostienen que los grandes conglomerados humanos asentados a lo largo de la Cordillera de los Andes valoran su importancia del cultivo de quinua por tres razones:

- a) Rusticidad del cultivo (es posible cultivarla en terrenos no aptos para otros cultivos, además que no requiere de sofisticada tecnología para la siembra, cuidados culturales y cosecha).

- b) Capacidad de resistir y/o tolerar condiciones climáticas adversas (sequías, heladas, suelos salinos, radiaciones solares intensas, temperaturas altas y bajas, etc.).
- c) Alto valor nutritivo (dado su alto contenido de proteínas de origen vegetal y carbohidratos, lo hace un alimento valioso para el ser humano).

En Bolivia la quinua es uno de los cultivos andinos de mayor importancia económica y social, posee bondades sobresalientes, entre ellas su tolerancia a las condiciones medio ambientales extremas que caracteriza al Altiplano en general y al elevado valor nutritivo que tiene el grano debido principalmente al contenido balanceado de aminoácidos esenciales (lisina, arginina y metionina), Rojas (1998).

### **2.3.1 Importancia en la alimentación**

Por su parte Saravia y Aroni (2001), indican que dentro de las poblaciones humanas asentadas en la Cordillera de Los Andes, la importancia de la quinua radica en la seguridad alimentaría que ofrece su producción, satisfaciendo las necesidades alimentarias básicas del poblador de esta región, además de constituirse en un producto que genera ingresos económicos por la venta de sus excedentes. La quinua es uno de los alimentos consumidos casi diariamente por los pobladores andinos en forma de pito, kispña, peske, phisara, sopas y otros.

### **2.3.2 Valor Nutritivo Del Grano**

Ferrufino (2003), Según el Instituto de Cooperación para la Agricultura (I.C.A, 1991), el valor nutritivo del grano supera al de los principales cereales de mayor consumo a nivel mundial, además es el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales en proporciones relativamente altas, estos aminoácidos presentes en el grano de quinua, se encuentran cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

**Cuadro 1. Comparación del contenido de los aminoácidos con otros elementos por cada 100 g**

Aminoácidos	Quinua	Arroz	Cebada	Maíz	Trigo	Fréjol	Carne	Leche	pescado	FAO (g)
Arginina	7,3	6,9	4,8	4,2	4,5	6,2	6,4	5,6	3,7	0,0
Fenilamina	4,0	5,0	5,2	4,7	4,8	5,4	4,1	3,7	1,4	6,0
Histidina	3,2	2,1	2,2	2,6	2,0	3,1	3,5	0,0	2,7	0,0
Isoleucina	4,9	4,1	3,8	4,0	4,2	4,5	5,2	5,1	10,0	4,0
Leucina	6,6	8,2	7,0	12,5	6,8	8,1	8,2	7,5	6,5	7,0
Lisina	6,0	3,8	3,6	2,9	2,6	7,0	8,7	8,8	7,9	5,5
Metionina	2,3	2,2	1,7	2,0	1,4	1,2	2,5	2,9	2,5	3,5
Treonina	3,7	3,8	3,5	3,8	2,8	3,9	4,4	4,3	4,7	4,0
Triptófano	0,9	1,1	1,4	0,7	1,2	1,1	1,2	1,0	1,4	1,0
Valina	4,5	6,1	5,5	5,0	4,4	5,0	5,5	5,0	7,0	5,0

Fuente: M.J Koziot (1990).

El Cuadro 1, muestra la comparación del contenido de los aminoácidos esenciales en grano de quinua con otros elementos, teniendo como patrón los estándares de nutrición humana establecidos por la (FAO).

**Cuadro 2. Comparación de la composición proximal de la quinua con la de algunos cereales (porcentaje en base a materia seca)**

Componentes	Quinua	Arroz	Cebada	Maíz	Trigo
Grasa	6,3	2,2	1,9	4,7	2,3
Proteína	16,5	7,6	10,8	10,2	14,2
Cenizas	3,8	3,4	2,2	1,7	2,2
Fibra	3,8	6,4	4,4	2,3	2,8
Carbohidratos	69,0	80,4	80,7	81,1	78,4
Calorías/100g M.S	398,7	371,8	383,1	407,5	391,4

Fuente: M.J Koziot (1990)

El Cuadro 2, presenta la comparación de la composición proximal de la quinua con la de algunos cereales de mayor consumo a nivel mundial. Por su alto contenido de grasa y proteína de origen vegetal revela que se trata de un alimento energético y proteico. Al respecto Koziot (1990), indica que el verdadero valor nutritivo del grano de quinua está en la calidad de su proteína, es decir, en el balance de aminoácidos esenciales que le otorga un alto valor biológico (FAO).

### 2.3.3 Superficie cultivada y producción nacional

De acuerdo a las principales instituciones del país, las diferencias en la superficie cultivada como en los rendimientos y los volúmenes de producción (Cuadro 3), han ido ascendiendo paulatinamente. Según la Asociación Nacional de Productores de Quinua (ANAPQUI) en el año 2001 se incrementó la superficie cultivable a 45.000 hectáreas, este incremento se debe a la importancia y al consumo del grano de quinua por la población local, al ser considerado como un alimento altamente nutritivo, así también por las exportaciones que se realizan a Europa, Estados Unidos y otros países.

**Cuadro 3. Superficie de cultivo, rendimiento y volúmenes de producción**

<b>Instituciones</b>	<b>Sup. Cultivada (Has)</b>	<b>Rendimiento (Kg/Ha)</b>	<b>Vol. De Prod. (TM)</b>
INE 1999	35,963	626	22,513
MAGDR 1999	34,168	645	22,038
ANAPQUI 2001	45,000	690	31,050
INE 2002	37,817	639	24.179
INE 2003	38.289	651	24.936

Fuente: Ferrufino (2003)

### 2.3.4 Zonas de producción en Bolivia

Según Gandarillas (1982), la quinua se produce principalmente en el Altiplano y en menor proporción en los valles donde la cultivan prácticamente todas las familias del

lugar con fines de auto consumo y menciona que las zonas productoras de quinua, fueron divididas de acuerdo a las características del suelo, clima, posibilidades agrícolas y ganaderas, estas zonas son:

**Altiplano Norte**, comprende las provincias Manco Cápac, Omasuyos, Los Andes, parte de Pacajes del departamento de La Paz; **Altiplano Central**, cubre desde Ingavi, Aroma y todo el departamento de Oruro y la provincia Gualberto Villarroel; **Altiplano Sur**; abarca las provincias potosinas de Daniel Campos, Antonio Quijarro, Enrique Valdivieso, Nor y Sur Lípez y finalmente están los *Valles mesotérmicos*, que se encuentran en los departamentos de La Paz, Cochabamba, Potosí y Tarija.

### 2.3.5 Requerimientos del cultivo

La quinua prefiere **suelos** francos, puede adaptarse a suelos franco arenosos, arenosos o franco arcillosos, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento de agua, con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes, es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio (Tapia, 1997).

Suelos con **pH** neutro son ideales para la quinua; sin embargo existen genotipos adecuados para cada una de las condiciones extremas de salinidad o alcalinidad, por ello se recomienda utilizar el genotipo más adecuado para cada condición de pH, debido a la amplia variabilidad genética de la planta (Monteros, 2000).

## 2.4 Consideraciones sobre el mejoramiento genético del cultivo de la quinua

### 2.4.1 Herencia y genética

Según Chávez (1995), la herencia biológica se refiere a la transmisión de los caracteres biológicos (morfológicos o fisiológicos) de los padres a sus descendientes, ya que los únicos objetos que los padres heredan a los hijos son los genes contenidos en las células sexuales (óvulos y espermatozoides, en animales; óvulos y polen en las plantas) de cuya fusión se origina un nuevo individuo (vegetal, animal o humano).

Indudablemente la quinua es la especie mejor adaptada a las condiciones semiáridas y frías del altiplano boliviano-peruano, donde la producción de alimentos tiene especial importancia para soportar una población creciente, tanto rural como urbana. El conocimiento de la herencia de algunos caracteres tan simples como el color de la planta, que son independientes del rendimiento, es de enorme importancia para la producción comercial de la quinua, a fin de prevenir mezclas en el campo que pueden afectar la calidad del grano. La herencia de los caracteres anotados se ha empezado a estudiar, es mucho lo que queda por investigar, si se trata de comparar con los conocimientos que se tienen sobre la genética de otras especies como el trigo, la papa, el algodón, el sorgo o cualquier otra que se cultiva en el hemisferio norte (Tapia *et al.*, 1979).

#### **2.4.2 Mejoramiento Genético**

Chávez (1993), menciona que el mejoramiento de las especies es una ciencia y a la vez un arte que permite cambiar y manejar la herencia. Gandarillas (1982), señala que el mejoramiento genético es un método que se aplica ampliamente en especies vegetales, en cierta forma permite juntar en un solo individuo caracteres favorables presentes en progenitores diferentes, por todo obtener variedades con rendimiento superior a los existentes.

En la especies alógamas los mayores logros se han conseguido por hibridación de líneas puras y en estos últimos tiempos se practica la selección masal estratificada. En la actualidad el mejoramiento genético de las plantas tiene muchos frentes de desenvolvimiento, cuyos objetivos finales satisfacen las necesidades de grandes y pequeños grupos, pero la realidad social, económica y cultural de los pueblos, impone ciertos patrones de consumo que debe amoldar la línea de trabajo del mejoramiento, muchos de los cuales están fijados por costumbre y tradiciones ancestrales muy fácilmente degradables, por lo tanto, el fitomejorador no debe perder de vista esos factores (MACA e IBTA, 1883).

El mejoramiento de los cultivos andinos debe estar dirigida al aumento de rendimiento, mejora de su calidad, extender sus áreas de explotación adaptar nuevas variedades y domesticar especies silvestres en cultivos para el beneficio del hombre. Esto puede lograrse a través de una mejora directa de los caracteres importantes, como el rendimiento de nuevas variedades adaptadas a las condiciones ambientales Lescano (1994). Por su parte Espíndola (1995), señala que las variedades mejoradas de quinua deben cumplir ciertos requisitos, entre ellos la novedad, distinguibilidad, homogeneidad y rentabilidad

### **2.4.3 Variabilidad genética en la quinua**

**Fenotipo y genotipo.** Según Cubero (2003) describe un ejemplo de fenotipo y genotipo de la siguiente manera: El individuo (A) homocigoto para (AA) tendrá sus flores rojas; (aa) las tendrá blancas. (A) la manifestación del genotipo en forma de carácter visible le llamamos (fenotipo). Así pues, a un genotipo AA le corresponde un fenotipo “flor roja”, y al genotipo aa un fenotipo “flor blanca”. IICA *et al.* (2005) afirman que la expresión de los caracteres de una planta, es decir, aquello que se puede ver o medir (peso, color, rendimiento, precocidad, resistencia), se llama fenotipo. El fenotipo es el resultado de las influencias interactivas del genotipo (totalidad de los genes) y del ambiente; Cubero (2003) menciona que cuando varios genotipos se expresan de diferente manera en distintos ambientes se dice que hay interacción genotipo-ambiente.

Para Bolivia, Cayoja (1996), citado por Vargas (2006), reportó 2511 accesiones en los libros de pasaporte de este material manejado por el Programa Quinua del Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria. Aunque el Catálogo de la Colección Nacional de Quinua (Rojas, 2002) reporta 2727 accesiones en la Colección del Germoplasma de Quinua.

Bonifacio (1997), respecto a la variabilidad genética señala que las variedades mejoradas actualmente disponibles provienen de cruzamientos simples intervarietales; sin embargo, los cruzamientos dobles, triples y los cruzamientos intergenéricos

constituyen alternativas para incrementar la variabilidad genética y superar el umbral de caracteres presentes dentro de la especie.

#### **2.4.4 Métodos de mejoramiento en la quinua**

Los trabajos de mejoramiento en la quinua se iniciaron a partir de 1965 en la Estación Experimental Patacamaya, con miras a mejorar tanto las características de la planta y el grano potencialmente importante para cultivo intensivo y extensivo, como el método de mejoramiento a emplearse; para tal propósito se hicieron estudios sobre su modo de reproducción, herencia, métodos culturales y otros factores afines (Gandarillas, 1979). Espíndola *et al.* (1994), Menciona que son diversos los problemas inherentes a la planta de quinua que deben ser abordados por el fitomejorador, el reto más importante sigue siendo mejorar las características del grano y aumentar el rendimiento, sin embargo, estos caracteres no son fácilmente abordables porque requieren tomar en cuenta los factores genotipo y el ambiente asociados al incremento del rendimiento en grano y la calidad del mismo. Espíndola (1995), señala que el mejoramiento en la quinua significa aumentar la calidad genética de la semilla, porque dará origen a la próxima descendencia. Este aumento puede ser logrado con la aplicación de diversos métodos de fitomejoramiento, unos complicados y otros sencillos, dependiendo de los objetivos buscados, en el caso de la quinua, mejoramiento es provocar una evolución controlada y dirigida, por medio del cual las plantas suelen ser modificadas rápidamente en una dirección de interés como el incremento de la producción de grano, tolerancia a enfermedades, heladas y sequía, reducción de contenido de saponina, aumento de tamaño de grano y contenido de aminoácidos, para tal propósito se deben seguir complicados procesos de mejoramiento y aún así los resultados obtenidos son poco significativos.

Los métodos de mejoramiento que más se adecua a la quinua, son los utilizados para las plantas autógamas, especialmente las técnicas para el mejoramiento del sorgo por los caracteres comunes entre estas dos especies, tales como la forma de la inflorescencia, altura de la planta y la presencia de macho estériles (Gandarillas, 1984).



### **2.4.5 Selección simple**

Espíndola (1995), menciona que la selección es un método antiguo de la que se dispone en fitomejoramiento para generar nuevas variedades, con este trabajo se logra generar una población con el mayor o menor éxito reproductivo que la población original o paterna, para ello se cuenta generalmente con dos condiciones: a) debe existir variación fenotípica en el carácter seleccionado y b) por lo menos parte de la variación debe ser de carácter genético. Además se considera la heredabilidad del carácter en cuestión, la variabilidad total en la población original y la presión de selección.

Después de un proceso de selección consecutiva en las siguientes generaciones por el método de surco panoja, se logra obtener las variedades mejoradas y deseadas para ciertos lugares de producción de interés (Espíndola, 1995).

### **2.4.6 Hibridación**

Chávez (1995), define hibridación o cruzamiento como el efecto de fecundar los gametos femeninos (óvulos) de un individuo con gametos masculinos (polen, espermatozoides) procedentes de otro individuo. Espíndola (1995), en el caso de la quinua, menciona que la hibridación consiste en la cruce de dos progenitores con características sobresalientes, la F<sub>2</sub> estará formada por individuos en una relación a 3 : 1 de acuerdo a la dominancia al carácter presente en uno de los progenitores, el resultado esperado no se logra inmediatamente, sino después de una secuencia y proceso de selección continua y por varias generaciones, por esta técnica se logra incrementar el rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, calidad de grano, granos exentos de saponina, precocidad, etc. Con respecto a la generaciones filiales, el citado autor, menciona que la F<sub>3</sub> es sometida a severas observaciones acerca de las características de los progenitores, la F<sub>4</sub> es sometida a las evaluaciones preliminares, se siguen con las selecciones individuales, posteriormente la F<sub>5</sub> es sometida a pruebas de rendimiento con mucho detalle, considerando los caracteres de interés, la F<sub>6</sub> y F<sub>7</sub> que presentan mayor uniformidad es sembrada en microparcels y las definitivas pruebas de rendimiento y finalmente de la F<sub>8</sub> y F<sub>9</sub> se obtiene las definitivas líneas avanzadas con características deseadas, la que es sugerida por la obtención de semilla genética y la producción de semilla básica.

## **2.5 Obtención de líneas**

Márquez (1988), considera que la línea pura es la progenie de un individuo en el momento en que es considerada homocigótica, de manera que de esa generación en adelante, los individuos reproductores pueden ser elegidos para que gocen de amplia adaptabilidad a condiciones del medio ambiente espaciales y temporales, que es de enorme importancia en el mejoramiento de plantas autóгамas. Las consideraciones a tomar en cuenta son las características cualitativas y el rendimiento que son de prioridad, apuntan a satisfacer las exigencias comerciales, cuando son declaradas como las variedades mejoradas.

Bonifacio y Espíndola (1992), mencionan que por trabajos de mejoramiento, permiten la obtención de progenies sobresalientes, las mismas requieren de evaluaciones preliminares para discriminar los genotipos menos promisorios. Las estimaciones a priori permiten apreciar el potencial productivo de manera paralela a la selección masal y/o individual, este procedimiento facilita la elección de líneas sobresalientes con los caracteres buscados y deseados por el fitomejorador, que posteriormente continúan con las pruebas de rendimiento y la multiplicación de semilla.

También menciona que cada línea nueva debe estudiarse en el campo en ensayos de rendimiento, por lo general se consideran necesarios de 3 a 5 años de pruebas de rendimiento, durante los cuales se comparan las líneas con las mejores variedades comerciales bajo amplias condiciones de suelo y clima donde se cultiva la variedad, antes de que una línea se multiplique y se distribuya como nueva variedad.

## **2.6 Precocidad**

Espíndola (1996), define precocidad al tiempo transcurrido en días, desde la siembra hasta la madurez fisiológica de la planta, en este transcurso de tiempo ocurren los cambios morfológicos pasando de estado vegetativo al reproductivo.

El mismo autor también menciona que en evaluación de materiales genéticos avanzados de quinua para condiciones adversas del Altiplano Central y Norte (Patacamaya, Belén y Condoriri), establecidos en dos épocas de siembra, constató la

existencia de materiales precoces de 124 a 131 días, semiprecoces de 132 a 143 días y las tardías que estarían comprendida entre los 144 y 152 días, deduciéndose que la precocidad es un carácter favorable para las condiciones adversas.

## **2.7 Líneas Precoces**

Guamán y Aroni (1996), mencionan que los trabajos de mejoramiento para la precocidad en el Altiplano Sur, tuvieron su inicio entre 1985 y 1986, mediante cruzamientos y selección de accesiones, en la actualidad se cuenta con materiales en generaciones avanzadas. El trabajo con miras a la obtención de líneas precoces en quinua tuvieron sus comienzos el año 1979 con la selección de líneas promisorias, provenientes de hibridaciones en la cual se logró seleccionar plantas hasta de 140 días a la madurez fisiológica (MACA, 1980).

Claure y Bonifacio (1996), mencionan que las variedades precoces presentan una opción para el altiplano, por lo que evaluaron 16 líneas, reportando que en condiciones para la localidad de Patacamaya, las líneas más precoces alcanzaron la madurez fisiológica a los 125 días para dos líneas, en cambio para la localidad de Viacha se mostraron como las más precoces alcanzando la madurez fisiológica a los 131 días para cinco líneas. La variación se debe al efecto del medio ambiente. Llegaron a recomendar la evaluación del material genético precoz con el mayor detalle, para determinar el potencial productivo de las líneas.

## **2.8 Variedad de quinua precoz (Jacha Grano)**

La nueva variedad “Quinua Jacha Grano” es el resultado del mejoramiento orientado a la obtención de variedades del ciclo precoz, grano grande, blanco, amargo y de amplia adaptación, (Bonifacio, 2003).

### **Características principales de la variedad “Jacha Grano”**

- **Habito de crecimiento:** Sencillo
- **Color de la planta:** Verde
- **Tipo de la panoja:** Glomerulado

- **Días a la floración:** 60 días
- **Días a la madurez:** 145 días
- **Altura de planta:** 0.90 a 1.2 metros
- **Diámetro de panoja:** 5.5 cm
- **Longitud de panoja:** 20.2 cm
- **Diámetro de tallo:** 14 mm
- **Rendimiento comercial:** 1100 a 1400 kg/ha

## **2.9 Componentes de rendimiento**

Gandarillas (2001), define a los componentes del rendimiento como los diversos caracteres de la planta que tienen una influencia directa o indirecta sobre la expresión del rendimiento y que tienen un control poligénico, constituyendo entidades orgánicas que cumplen una función biológica en la planta cuya culminación puede ser la producción de grano. El citado autor (2001), aseveró que la altura de planta, longitud de panoja, diámetro del tallo y el peso de 100 granos tienen efecto directo sobre el rendimiento y que otros caracteres como el diámetro de la panoja tiene un efecto indirecto, también concluyó que el rendimiento de la planta, se encuentran altamente correlacionada con el tamaño de panoja, por el cual debe tomarse muy en cuenta como el componente más importante par el programa de mejoramiento.

## **2.10 Época de siembra**

Espíndola y Bonifacio (1996), mencionan que las épocas de siembra para el Altiplano boliviano se distribuye de acuerdo al ciclo vegetativo de las diferentes variedades de quinua y según la disponibilidad de humedad en el suelo y recomiendan que la siembra se debe realizar desde septiembre hasta fines de octubre para variedades tardías, de la segunda quincena de octubre hasta fines de noviembre para variedades semi-precoces y desde noviembre hasta la primera quincena de diciembre para variedades precoces.

Por su parte Mújica, et al. (1999), indica que la fecha de siembra es sumamente importante sobre todo en condiciones drásticas de clima como es el altiplano boliviano-peruano, donde el incremento de las temperaturas y la disponibilidad de humedad del suelo van a determinar con cierta precisión la mejor época de siembra, la época de siembra varía desde agosto hasta los primeros días de diciembre para el altiplano peruano.

Cahuana (1992), citado por Riquelme (1998), afirma que el altiplano se constituye en el hábitat principal de la quinua, sin embargo las siembras efectuadas fuera de su temporada normal, generalmente arrojan resultados negativos y son tomadas en cuenta para fines de mejoramiento, especialmente para la tolerancia a heladas.

## **2.11 Métodos de siembra**

Según Saravia (1988), existen cinco métodos de siembra para el cultivo de quinua estos dependen de las condiciones ecológicas y edáficas de las diferentes regiones las cuales son:

- a) **Surco voleo**, consiste en surcar el terreno preparado con un arado de palo o surcadora mecánica y luego distribuir la semilla al voleo para luego proceder al enterrado de la semilla, haciendo uso de ramas de arbustos, rebaños de ovejas, rastrillos, etc.
- b) **Voleo surco**, consiste en echar la semilla primero al voleo para luego surcar quedando de ésta manera la mayor parte de las semillas enterradas en el dorso del suelo.
- c) **Por hoyos**, esta metodología es desarrollada en el Altiplano Sur y consiste en realizar hoyos hasta encontrar la humedad del suelo y depositar de 80 a 100 semillas, cubriendo posteriormente con unos 5 a 8 cm. de tierra.

- d) **Por hileras**, este método es el más moderno consiste en sembrar la quinua en hileras, con adecuado preparado del terreno (nivelado) haciendo el uso de sembradoras semi-mecánicas (**Hiluri**) las mismas que permiten una mejor distribución de la semilla y un enterrado adecuado de la semilla.
  
- e) **Voleo rastreo**, consiste en distribuir la semilla al voleo e inmediatamente después enterrar con rastra de disco teniendo cuidado de no enterrar demasiado profundo.

## 2.12 Fases Fenológicas del Cultivo

Según Espíndola (1995), la fenología estudia los fenómenos periódicos de las plantas, en sus relaciones con los factores ambientales, tales como la luz, temperatura, humedad, duración del día y otros; trabajando con quinuas eminentemente altiplánicas, señala que en la planta se pueden distinguir notoriamente 9 fases morfo-anatómicas distinguibles por las siguientes características.

- 0. **Fase de emergencia:** Caracterizada por la emergencia del embrión a la superficie del suelo. Pudiendo variar la misma de acuerdo al tiempo de almacenamiento, variedad de la semilla y la humedad del suelo, el tiempo requerido después de la germinación hasta la emergencia de los cotiledones varía de 3 a 5 días.
- 1. **Fase cotiledonar:** Es la posterior al cuarto día en la que el hipocotilo curvo se endereza verticalmente, dando lugar a la expansión horizontal de los cotiledones; la plúmula visible forma un pequeño cono con el vértice hacia arriba. Mientras la raíz seminal se elonga rápidamente hacia abajo, formándose a lo largo de ella finísimos pelos radiculares de color blanco.
- 2. **Fase de dos hojas basales:** Es la fase comprendida entre los días 11 y 13 después de la siembra. Los perfiles ya visibles van a constituirse en las hojas basales y alrededor de su centro, se forma un abultamiento de los apéndices del futuro vástago que empieza a diferenciarse. Al pasar los días se forma un arrellamiento en el ápice de las futuras hojas alternas. Esta fase finaliza

con la completa expansión de las dos primeras hojas basales y la iniciación de las primeras hojas alternas.

3. **Fase de 5 hojas alternas (diferenciación panicular):** En esta fase el tejido meristemático apical de la etapa vegetativa a la reproductiva, es decir, del proceso de formación de primordios foliares al proceso de formación de primordios foliares y florales. Esta fase se caracteriza por la completa expansión de cinco primeras hojas alternas; el resto de las hojas en crecimiento se encuentra arrepolladas alrededor del ápice.
4. **Fase de 13 hojas alternas (pre-despunte panicular):** Esta fase se caracteriza por la fácil visualización de 13 hojas alternas completamente expandidas. Sin embargo lo que más se diferencia en esta fase es en la parte apical de la planta, en medio del arrepollamiento de hojuelas, se visualiza a un pequeño abultamiento de suave consistencia, que vendrá a ser la futura flórula compuesta de una infinidad de profilos y órganos reproductivos en formación y emergencia.
5. **Fase de despunte de panoja:** Se caracteriza por un notable crecimiento en tamaño de la planta, como consecuencia del rápido alargamiento de los entrenudos, en especial de los de tercio inferior. Esta fase se lleva a cabo desde el despunte de la flórula hasta la prefloración, donde no hay aun apertura de ninguna flor. El despunte de la flórula (inflorescencia) constituida por un gran número de panícula, tiene el aspecto visible de una bellota con la cúspide hacia arriba. Posteriormente, con el proceso de elongación, adquiere la forma de un cono con la cúspide roma. Si la planta es de hábito ramificado, la aparición de las ramas laterales no es aun notable puesto que aun persiste la dominancia de las hojas del tallo principal; mientras que en la raíz se produce una mayor expansión de raicillas y pelos absorbentes.
6. **Fase de la floración:** Es la fase de mayor crecimiento en longitud y la planta se encuentra en plena floración. Se considera como fase de floración cuando el 50% de la población de flores de la panoja principal ya están florecidas y las restantes en trabajo de la floración. Es una etapa enteramente susceptible a las heladas y a las sequías.

- 7. Fase del grano lechoso:** Es la fase después de la fecundación. En el óvulo de una flor se desarrolla un receptáculo esférico verdoso, del que es posible, con una leve presión de los dedos, extraer un líquido incipiente lechoso, que paulatinamente se vuelve lechoso. Esto marca el principio de un periodo de rápida acumulación de fotosintatos en las células perispérmicas, como consecuencia del paulatino incremento de la actividad fotosintética de las hojas y tallos verdes. A estas alturas el crecimiento en longitud se debe al alargamiento del tercio superior, es decir, al continuo alargamiento de los entrenudos de la panoja, lo que implica que en los 2/3 inferiores el crecimiento ha cesado. Es una etapa que sigue siendo susceptible a las heladas y a las sequías.
- 8. Fase de grano masoso:** Es la fase en que el tejido perispérmico sufre un cambio del estado lechoso a un estado pastoso semisólido; es un cambio que ocurre a medida que el contenido de almidón aumenta, mientras el contenido de agua se va reduciendo. Es una etapa en la que la tolerancia a heladas y sequías es muy notable.
- 9. Fase de madurez fisiológica:** se caracteriza por la diferenciación a simple vista del perisperma y del embrión. En esta etapa la semilla es dificultosamente partida bajo la presión de las uñas de los dedos ya que las estructuras almidonosas del perispema se ha solidificado, disminuyendo el contenido de agua en un rango de 15 a 20 %. Morfológicamente las plantas en su generalidad muestran hojas verde-amarillentas que van desfoliándose en forma gradual.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización

El trabajo de investigación se realizó en la gestión agrícola 2005-2006 en los predios de la Fundación PROINPA, en la comunidad de Quipaquipani situado a 2 km del municipio de Viacha, provincia Ingavi del departamento de La Paz. Geográficamente se sitúa entre los paralelos 12°42'5" de Latitud Sur y 58°95'54" de Longitud Oeste, a una altitud de 3830 msnm. (Anexo 1)

#### 3.2 Clima

La región del altiplano central en donde se realizó el trabajo de investigación se caracteriza por tener un clima frío con vientos predominantes. Las temperaturas registradas en la gestión agrícola desde el mes de septiembre 2005, hasta el mes de abril del 2006, se registró una temperatura promedio de 10 °C, presentando temperaturas máximas y mínimas de 17 °C y 2 °C respectivamente, también registró una precipitación pluvial anual de 598.5 mm, donde la precipitación mas alta se registró en el mes de enero con un valor de 146 mm, con mas del 24.3% del total. Esta precipitación registrada llegó a ser mayor a las gestiones anteriores, esto llegando a afectar la incidencia de factores bióticos como ser la presencia de enfermedades en el cultivo de quinua. SENAMHI, 2006 (anexo 3)

#### 3.3 Suelo.

Los suelos de la zona donde se estableció la parcela experimental presento una textura franco limoso con una capa arable de 25 - 30 cm de profundidad ubicada al pie de colina con una pendiente suave de 2.5% y un contenido de materia orgánica 4.5%.

#### 3.4 Vegetación

La vegetación de se observó en la región donde se estableció el trabajo de investigación estuvo constituida por cultivos y una vegetación nativa, entre las cultivadas se menciona a los cultivos; papa (*Solanum tuberosum* L.), quinua

(*Chenopodium quinoa* Willd.), cebada (*Hordium vulgare* L.), avena (*Avena sativa* L.), oca (*Oxalis tuberosa* Mol.), paraliza (*Ullucus tuberosum* Caldas), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).

Por su parte la comunidad de Quipaquipani presenta una vegetación nativa, compuesta por gramíneas y arbustos como: paja brava (*Jarava ichu* Pavón), ichu (*Stipa ichu*), tho'la (*Parastrephia lepidophylla*), mostaza (*Brassica campestris* L.), cebadilla (*Bromus unioloides*), reloj reloj (*Erodium cicutarium* L.), ajara (*Chenopodium* spp.), alfalfa silvestre (*Medicago polymorpha* L.), trébol silvestre (*Trifolium amabile* Kunth), muni muni (*Bidens andicola* Kunth), bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris* Musch) y otras.

### 3.5 MATERIAL EXPERIMENTAL

#### 3.5.1 Material Genético

El material en estudio estuvo constituido de 9 líneas de quinua precoces a cargo de la Fundación PROINPA – Regional Altiplano del área de Mejoramiento.

**Cuadro 4. Características generales del material genético**

Líneas	Codigo	Color de la planta	Tipo de Inflorescencia	Contenido de saponina	Color de grano
1	Uy-1	rr	GG	dd	Blanco
2	Uy-1	rr	gg	dd	Blanco
3	10-(90)	rr	GG	DD	Blanco
4	10-(90)	rr	gg	dd	Blanco
5	10-(90)	r <sup>P</sup> r <sup>P</sup>	GG	DD	Chullpi Vítreo Transparente
6	15-(90)	rr	GG	dd	Blanco
7	Say /14/	rr	GG	dd	Café
8	22 /90/	rr	GG	dd	Blanco
9	Achachino	RR	gg	DD	Blanco

Fuente: Elaboración propia en base a los registros del área de mejoramiento PROINPA.

## **DONDE:**

<b>Color de planta:</b>	<b>Inflorescencia</b>	<b>saponina</b>
rr = Verde	GG = Glomerulado	dd = Dulce
r <sup>p</sup> r <sup>p</sup> = Púrpura	gg = Amarantiforme	DD = Amargo
RR = Rojo		

### **3.5.2 Material de Campo**

Se utilizaron los siguientes equipos y materiales de campo:

- Tractor Agrícola "Massey Ferguson" (arado de disco y rastra)
- Sembradora semi-mecanizada
- Estacas de 90 mc
- Cinta métrica (100 m)
- Tableros de 20 x 35 cm.
- Pintura blanca y negra
- Rastrillo, azadones, picotas y hoces
- Flexómetro de 5 m
- Calibrador mecánico y digital (Vernier)
- Marbetes de 3 x 5 cm.
- Tijera de podar
- Bolsas de polipropileno
- Lonas de algodón de diferentes tamaños
- Platos y bañadores de plástico
- Cámara fotográfica
- Regla metálica de 60 cm.
- Cuaderno de registros y datos
- Mochila aspersor de 20 L

### **3.5.3 Insumos**

- Bio-insecticida a base de extracto de ají, para el control preventivo de Ticonas y kcona kconas.
- Fertilizante foliar (CRECIFOL)
- Funguicida (PILARSTIN) para el control preventivo del mildiu.
- Adherente GOMAX

### **3.5.4 Material de Laboratorio y Gabinete**

- Balanza eléctrica
- Calibrador digital (Vernier)
- Probeta de 10 ml
- Cartulina (marbetes)
- Tijera, lápiz, marcador, hojas bond
- Calculadora científica
- Zarandas de 2 y 2.5 mm de diámetro
- Regla metálica
- Computadora y disquetes

## **3.6 TRABAJO DE CAMPO**

### **3.6.1 Preparación del Terreno**

El terreno destinado para el ensayo tuvo una anticipada preparación en el mes de marzo de 2005, aprovechando las últimas lluvias para la retención de la humedad en el suelo. En septiembre de 2005 se aprovechó las primeras lluvias, realizando la labranza primaria que consistió en la remoción utilizando arado de disco a una profundidad de 30 cm., luego se realizó el rastreo y nivelado del terreno, proporcionando uniformidad para la siembra. Posteriormente se procedió a la demarcación de las unidades experimentales utilizando una soga, cinta métrica y estacas en función al diseño empleado en la investigación.

### **3.6.2 Siembra**

La siembra se realizó el 31 de octubre de 2005, con el objetivo de asegurar la germinación y la emergencia de las plántulas a falta de humedad en el suelo, se optó por la técnica de surco-riego-siembra; que consistió en abrir surcos con la ayuda de la surcadora semi-mecanizada de cuatro rejas, seguidamente se realizó el riego por surco y la distribución de semilla a chorro continuo, finalmente se llegó a cubrir la semilla con tierra con la ayuda de rastrillos.

### **3.6.3 Raleo**

El raleo consistió en descartar plantas en lugares densos donde emergieron mayor número de plantas, también se llegó a eliminar plantas pequeñas, débiles, enfermas con la finalidad de evitar la competencia de nutrientes, agua y luz, esto se efectuó a los 45 días cuando las plantas alcanzaron una altura de 25 cm., después se procedió al marbeteo identificando 10 plantas en cada unidad experimental para el seguimiento del desarrollo de las plantas.

### **3.6.4 Control de malezas**

El control de malezas se realizó en forma manual y consistió en la remoción y/o eliminación oportuna de malezas presentes en la parcela experimental con la ayuda de azadones, este trabajo inicialmente se lo realizó a los 50 días a partir de la siembra y posteriormente se hizo trabajos de deshierbe relativamente a la presencia de malezas.

### **3.6.5 Aporque**

El aporque se efectuó seguidamente después del raleo y el control de malezas a los 55 días después de la siembra, de la misma forma que el deshierbe con la ayuda de azadones. Esta actividad fue realizada en función a la humedad apropiada en el suelo.

### **3.6.6 Fertilización foliar**

Con el objetivo de proporcionar las condiciones favorables para el desarrollo vegetativo normal de las líneas, se aplicó una fertilización foliar (CRECIFOL) en la fase de floración y post floración, en una dosis de 100cc/20 litros de agua, añadiendo (GOMAX) como adherente de 20cc/20 litros de agua.

### **3.6.7 Control preventivo de plagas y enfermedades**

El control de plagas se realizó mediante un monitoreo continuo de la presencia de ticonas (*Copitarcia sp.*) en estado larval, polilla (*Eurysacca melanocampta*) y el control oportuno de las mismas cuando estas alcanzan un nivel de daño económico de tres a cuatro polillas por planta, controlándose con la aplicación de extracto de ají en una dosis de 100cc/20 litros de agua adicionando (GOMAX) como adherente de 20cc/20 litros de agua.

El en caso de la enfermedad del mildiu (*Peronospora farinosa*), fue controlado preventivamente, aplicando un fungicida (PILARSTIN) líquido en una dosis de 30cc/20 litros de agua en tres periodos; esto debido a una mayor precipitación pluvial presentado en los meses de enero y febrero del 2006.

### **3.6.8 Cosecha**

La cosecha se lo realizó en forma manual (corte con hoz) en dos fases, el 16 y 25 de marzo tomando en cuenta la madurez fisiológica continua de cada una de las líneas, la que fue determinada por el amarillamiento natural de la planta y la resistencia de los granos a la presión entre las uñas de los dedos.

Se cosechó los dos surcos centrales de cada parcela útil que presentaba un área de 1.5 m<sup>2</sup> destinados para la evaluación, los dos surcos laterales y extremos de los surcos fueron cosechados separadamente por efecto de bordura.

### 3.6.9 Formación de Parvas

Posterior al corte se agrupó cada línea identificadas con marbetes y asegurados con una pita para terminar el secado de los granos y evitar la sensibilidad climática. Pese a terminar con los cortes, las precipitaciones pluviales no cesaban por lo que se formó arcos o parvas cubiertos con polietileno (Nylon), para evitar la germinación debido a la excesiva humedad por lo que este proceso duró 52 días después de las cosechas.

### 3.6.10 Trilla y venteo

Anticipando estas labores se procedió a sacar los pesos totales de las plantas de cada unidad experimental, luego se realizó la trilla que consiste en la separación del grano de quinua de la panoja, esta labor se lo realizó cuando las plantas se encontraban en punto de desgrane (14% de humedad) para esto se extendieron mantas de lona, frotando los granos en forma manual desprendiendo por completo el perigonio que cubre a la semilla, por último se realizó el venteo y la limpieza de impurezas, este mecanismo fue realizado con bañadores manualmente. En peso de grano limpio, broza y "jipi" fueron registrados en gramos por parcela útil para luego ser transformados en kg por hectárea

## 3.7 Diseño experimental

Para el presente estudio se utilizó el Diseño de Bloques al Azar con cuatro repeticiones, distribuidos aleatoriamente las nueve líneas, este diseño experimental que se caracteriza porque todos los tratamientos aparecen representados una vez en cada uno de los bloques. (Finney, 1993).

### Modelo lineal aditivo

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

Donde:

$Y_{ij}$	=	Una observación cualquiera
$\mu$	=	Media general
$\alpha_i$	=	Efecto del i-ésimo bloque
$\beta_j$	=	Efecto del j-ésimo tratamiento
$\epsilon_{ij}$	=	Error experimental

### 3.7.1 Características de la Parcela Experimental, Croquis de campo (anexo 2)

Superficie del ensayo	=	315 m <sup>2</sup>
Superficie cultivable	=	288 m <sup>2</sup>
Superficie de bloque	=	72 m <sup>2</sup>
Longitud de bloque	=	18 m
Ancho de bloque	=	4 m
Ancho de unidad exp.	=	2 m
Longitud de unidad exp.	=	4 m
Número de bloques	=	4
Unidades Experimentales	=	36
Número de surcos por Unidad Exp.	=	4
Número de surcos por bloque	=	36
Número total de surcos	=	144
Número de surcos evaluados	=	2

## 3.8 VARIABLES DE RESPUESTA

### 3.8.1 Días ala floración

Los días a la floración se determinaron con el tiempo acumulativo en días, desde la siembra hasta la floración, considerando más 50% de las flores abiertas en las plantas de cada unidad experimental.

### 3.8.2 Días a la madurez fisiológica

De la misma manera, que el caso anterior, la madurez fisiológica fue determinada como los días transcurridos desde la siembra hasta la madurez fisiológica lo cual fue determinado por observación visual continua y cuando las plantas mostraron un notorio cambio de color de la misma planta en un amarillamiento de la parte foliar, además que el grano presionado con la uña puso resistencia sin dejar señal alguna en la forma del grano.



### **3.8.3 Altura de planta**

La altura de planta fue medida en base a los promedios de los datos tomados de 10 plantas individuales por cada unidad experimental, estos datos fueron registrados con lecturas semanales, la medida fue efectuada desde la base del cuello de la planta hasta el ápice de la panoja, utilizando para el propósito un flexómetro.

### **3.8.4 Diámetro de tallo**

El diámetro de tallo se determinó en milímetros con la ayuda de un calibrador mecánico (vernier) en el tercio medio inferior de la planta en base al promedio de las 10 plantas individuales.

### **3.8.5 Longitud de panoja**

Esta variable se la realizó en la fase de despunte de panoja hasta la madurez fisiológica, determinando la medida desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma, con la ayuda de una regla graduada en cm.

### **3.8.6 Diámetro de panoja**

El diámetro de panoja ha sido determinado por medio de un calibrador (mm) desde la fase de despunte de panoja hasta la madurez fisiológica de la misma, esta medición se la realizó en el tercio medio inferior de la panoja. Al igual que en los casos anteriores se tomó el promedio de 10 plantas individuales con evaluaciones semanales.

### **3.8.7 Peso de 100 Granos**

Para determinar el peso de 100 granos, se procedió a contar 100 granos de semillas de cada unidad experimental de las líneas en estudio y el peso de estas fue

registrado en gramos en una balanza analítica de precisión de 10 milésimas de gramo.

### **3.8.8 Diámetro de Grano**

El diámetro de grano, se determino por medio de un calibrador mecánico de precisión (mm) donde se utilizó 20 semillas de las mismas del peso de 100 granos.

### **3.8.9 Espesor de Grano**

El espesor de grano se lo realizó utilizando las mismas semillas, utilizada en el anterior caso, las medidas se registraron con un calibrador mecánico y se procedió a medir en la parte central de las semillas.

### **3.8.10 Rendimiento de grano**

El rendimiento de grano, se determinó cosechando de la parcela útil que constituyó en los dos surcos centrales destinados para esta variable, descartando todo efecto de bordura y que en primera instancia los pesos fueron expresados en g/parcela útil y posteriormente fueron transformados en kg/ha.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1 Días a la floración

De acuerdo al análisis de varianza (*Anexo 4*), se observa que existe diferencia significativa para la variable entre bloques y a la vez en el mismo cuadro se observa que para el factor variable entre líneas existe una diferencia altamente significativa. El coeficiente de variación es de 2.25%, el cual nos indica el grado de precisión del manejo del experimento y la confiabilidad de los datos.

**Cuadro 5. Prueba de Duncan para el promedio de días a la floración**

Líneas		Promedios (días)	Duncan (P>0.05)
L1	Uy -1	62.25	a
L7	Say /14/	63.50	a
L2	Uy -1	65.75	b
L5	10 (90)	67.25	b c
L4	10 (90)	68.25	c
L6	15 (90)	70.75	d
L3	10 (90)	71.00	d
L8	22 /90/	72.00	d
L9	Achachino	72.00	d

Se llegó a identificar tres grupos diferentes utilizando la prueba de Duncan (Cuadro 5), obteniéndose un rango de variación de 62.25 a 72 días para llegar a la fase de floración con una diferencia de 10 días dentro de todo el material en estudio, donde el primer grupo identificado son las líneas L1 Y L7 compartiendo un promedio similar estadísticamente de 63 días, donde estas dos líneas son las que iniciaron la fase de floración en menor tiempo, el segundo grupo llegó a registrar un promedio de 67 días y el tercer grupo con un promedio de 71 días para llegar a la fase de floración.

En relación a esta variable la variedad precoz "Jacha Grano" registra un promedio de 60 días en fase de floración, donde las línea en estudio L1 y L7 presentan las mismas características de la variedad precoz, estas posiblemente

debido a que estas líneas se han llegado a adaptar al medio ambiente y al suelo de la zona en estudio.

#### 4.2 Días a la madurez fisiológica

El análisis estadístico para la fase de madurez fisiológica muestra diferencias significativas para el factor bloques y también se muestra diferencias altamente significativas para el factor líneas (*Anexo 5*). Donde el coeficiente de variación es de 3.90%, el cual determina el grado la precisión del manejo del experimento y la confiabilidad de los datos registrados en campo.

**Cuadro 6. Prueba de Duncan para promedio de días a la madurez fisiológica.**

Líneas		Promedios (días)	Duncan (P>0.05)
L7	Say /14/	108.75	a
L2	Uy -1	109.50	a
L1	Uy -1	110.50	a
L9	Achachino	117.25	b c
L8	22 /90/	121.50	c
L3	10 (90)	121.75	c
L6	15 (90)	122.25	c
L5	10 (90)	138.25	d
L4	10 (90)	139.00	d

La prueba Duncan (Cuadro 6), identifica tres grupos diferentes, llegando a obtener un rango de variación de 108.75 a 139.00 días para llegar a la fase de maduración fisiológica, con una diferencia de 30 días dentro de todo el material genético en estudio, donde el primer grupo conformado por las líneas L7, L2 y L1, con un promedio de 109 días destacándose para llegar a la fase de madurez fisiológica, en la cual las líneas L1 y L7 fueron registradas anteriormente en fase de floración llegando confirmar la precocidad; mientras tanto la línea L2 a pesar de tener una prolongación en días a la floración, llegó a acelerar su precocidad en la madurez fisiológica; el segundo grupo registra a cuatro líneas con un promedio de

121 días y el tercer grupo conformados por dos líneas con una media de 139 días a la madurez fisiológica.

Para esta variable la variedad precoz “Jacha Grano” presenta una promedio de 145 días a la madurez fisiológica, observando los datos de días a la madurez fisiológica las líneas en estudio registradas en el primer grupo L7, L2 y L1 llegan a tener mayor precocidad que la variedad ya mencionada, llegando identificar un material de mayor precocidad; en cambio las demás líneas restantes a pesar de tener un ciclo vegetativo largo muestran un comportamiento de superioridad de precocidad a la variedad precoz ya mencionada. Las causa para una mayor precocidad puede deberse a que las condiciones climáticas y el mismo suelo fueran óptimas para el desarrollo de las líneas o regidas a una alta heredabilidad puesto que son líneas híbridas con progenitores del altiplano sur.

#### 4.3 Altura de planta

El análisis de varianza para altura de planta en la fase de madurez fisiológica (Anexo 6), muestra diferencias altamente significativas para los factores de bloques y líneas en estudio. El coeficiente de variación es de 6.73 % cuyo valor indica en grado de precisión del manejo del experimento y la confiabilidad de los datos registrados en campo.

**Cuadro 7. Prueba de Duncan en promedio para altura de planta (cm)**

Líneas	Promedios (cm)	Duncan (P>0.05)
L6 15 (90)	71.45	a
L8 22 /90/	71.15	a
L9 Achachino	70.90	a
L4 10 (90)	70.82	a
L3 10 (90)	67.27	b
L2 Uy -1	65.90	b
L5 10 (90)	64.60	b
L1 Uy -1	62.42	c
L7 Say /14/	57.90	c

Según la comparación de medias la prueba de Duncan (cuadro 7), llegó a identificar tres grupos diferentes para las nueve líneas en estudio; registrándose un

rango de variación de 57.90 a 71.45 cm con una diferencia de 13 cm de altura, donde el primer grupo identificado son las líneas L6, L8, L9 y L4, con un promedio de 71.00 cm, estas cuatro líneas son las que presentan mayor altura dentro de las nueve líneas en estudio, en cambio la líneas L1, L7 y L2 identificadas con mayor precocidad llegaron a obtener menor altura con un promedio de 60 cm, esto debido a la alta precocidad para llegar a la madurez fisiológica.

La variedad “Jacha Grano” presenta un promedio en altura de 0.90 a 1.20 m, en comparación a las líneas en estudio estas llegan a ser inferiores a la variedad precoz.

#### 4.4 Diámetro de tallo

El análisis de varianza para el diámetro de tallo (*Anexo 7*), muestra diferencias altamente significativas entre bloques y líneas. El coeficiente de variación registra un valor de 7.83%, reflejando el grado de precisión del manejo del experimento y la confiabilidad de los datos.

**Cuadro 8. Prueba de Duncan en promedio para el diámetro de tallo (mm)**

Líneas		Promedios (mm)	Duncan (P>0.05)	
L6	15 (90)	7.90	a	
L9	Achachino	7.35	a	
L4	10 (90)	7.10	a	
L2	Uy -1	7.07	a	b
L3	10 (90)	6.97		b
L1	Uy -1	6.87		b
L8	22 /90/	6.77		b c
L5	10 (90)	6.37		c
L7	Say /14/	6.22		c

De acuerdo a la prueba de Duncan (Cuadro 8) para el diámetro de tallo, se identificaron tres grupos diferenciados con un rango de variación que oscila entre 6.22 a 7.90 mm; en el primer grupo identificado se tienen a las líneas L6, L9, L4 y L2, llegando a alcanzar con un promedio de 7.40 mm, donde solo la línea L2

registra un mayor diámetro, en cambio las líneas L1 y L7 registradas presentan menor diámetro en promedio con un valor de 6.00 mm.

La variedad precoz ya mencionada presenta una valor de diámetro de grano de 14.20 mm, llegando a ser superior a las líneas estudiadas esto probablemente debido a la mayor precocidad que presentan estas líneas en el presente estudio.

#### 4.5 Longitud de panoja

El análisis de varianza para longitud de panoja (*Anexo 8*), identifico diferencias altamente significativas entre bloques y en el mismo cuadro también se muestra diferencias significativas entre líneas. El coeficiente de variación es de 9.23% indicando un buen manejo del experimento y la confiabilidad de los datos.

**Cuadro 9. Prueba de Duncan en promedio para longitud de panoja (cm)**

Líneas		Promedios (cm)	Duncan (P>0.05)	
L4	10 (90)	16.35	a	
L6	15 (90)	15.15	a	
L9	Achachino	14.47	a	b
L8	22 /90/	14.35		b
L3	10 (90)	13.60		c
L2	Uy -1	13.60		c
L5	10 (90)	13.55		c
L1	Uy -1	12.95		c
L7	Say /14/	12.60		c

El Cuadro 9, según la comparación de medias mediante la prueba de Duncan, se identificaron tres grupos diferentes con un rango de variación entre 12.60 a 16.35 cm, donde las líneas L4 y L6 del primer grupo registran mayor longitud con un valor 16.00 cm en promedio; en la cual las líneas identificadas con mayor precocidad son inferiores en promedio al primer grupo identificado; donde L2, L1 Y L7 perteneciente al segundo grupo con un valor en promedio de 14.00 cm, siendo un valor intermedio entre los tres grupos registrados.

#### 4.6 Diámetro de panoja

El análisis estadístico para el diámetro de panoja (*Anexo 9*), determina diferencias altamente significativas entre bloques y dentro del mismo cuadro se observa diferencia significativa para las líneas. El coeficiente de variación es de 8.52 %, lo cual refleja el grado de precisión del manejo del experimento.

**Cuadro 10. Prueba de Duncan en promedio para diámetro de panoja (mm)**

Líneas		Promedios (mm)	Duncan (P>0.05)	
L9	Achachino	36.15	a	
L8	22 /90/	35.75	a	
L4	10 (90)	34.77	a	
L5	10 (90)	34.22	a	
L6	15 (90)	34.07	a	
L3	10 (90)	33.67	a	
L2	Uy -1	33.05	a	
L1	Uy -1	31.67	a	b
L7	Say /14/	28.50		b

El Cuadro 10, presenta la prueba de Duncan, para el diámetro de panoja formando dos grupos diferentes con un rango de variación de 28.50 a 36.15 mm, el primer grupo que presenta los promedios altos en diámetro de panoja son, L9, L8, L4, L5, L6, L3, L3 y L1 con un valor de 34.00 mm, el segundo grupo conformado por la línea L7 que presentan el diámetro de 28.5 mm, en la cual solo esta línea L7 presenta el menor diámetro de panoja dentro de las tres líneas identificadas con mayor precocidad.

Para esta variable la variedad “Jacha Grano” registra como promedio de 55 mm para el diámetro de panoja, llegando a ser inferiores las nueve líneas en estudio puesto que una variedad mejorada presenta mayor homegenidad a comparación de líneas.

#### 4.7 Peso de 100 granos (gr.)

De acuerdo al análisis de varianza para el peso de cien granos (*Anexo 10*), muestra que no existe diferencia entre bloques, paralelamente el cuadro registra



una diferencia altamente significativa para el factor entre líneas. El coeficiente de variación tiene un valor de 5.02 %, que refleja la confiabilidad de los datos y el grado de precisión del manejo del experimento.

**Cuadro 11. Prueba de Duncan en promedio para peso de 100 granos (g)**

Líneas		Promedios (gr)	Duncan (P>0.05)
L8	22 /90/	0.56	a
L3	10 (90)	0.55	a
L4	10 (90)	0.54	a
L1	Uy -1	0.47	b
L5	10 (90)	0.46	b
L2	Uy -1	0.46	b
L7	Say /14/	0.42	c
L9	Achachino	0.42	c
L6	15 (90)	0.41	C

Según la comparación de medias para el peso de 100 granos (cuadro 11), la prueba Duncan registra un rango de variación que oscila entre 0.41 a 0.56 gramos, en la cual se llegó a identificaron tres grupos diferenciados, las líneas L8, L3 y L4 presentan los pesos más sobresalientes con una media de 0.55 gramos; las líneas identificadas con mayor precocidad pertenecen al segundo y tercer grupo, L1 y L2 con un valor de 0.46 y L7 con 0.42 gramos en promedio.

El peso registrado para la variedad precoz tiene un valor de 0.62 gr. Llegando a ser superior a las líneas en estudio, estas línea a pesar de que registran una mayor precocidad llegan a tener un menor peso.

#### **4.8 Diámetro de grano**

El análisis de varianza para el diámetro de grano (*Anexo 11*) identifica que no existen diferencias entre bloques, en el mismo cuadro se identifica una diferencia altamente significativa para el factor entre líneas.

El coeficiente de variación alcanzó un valor de 1.52 % que es el más bajo que se registro en el presente estudio, este confirmando la precisión del manejo del experimento.

**Cuadro 12. Prueba de Duncan en promedio para diámetro de grano (mm)**

Líneas		Promedios	Duncan (P>0.05)	
L3	10 (90)	2.42	a	
L8	22 /90/	2.42	a	
L4	10 (90)	2.39	a	
L2	Uy -1	2.33		b
L1	Uy -1	2.30		b
L5	10 (90)	2.30		b
L6	15 (90)	2.30		b
L7	Say /14/	2.20	b	c
L9	Achachino	2.14		d

El Cuadro 12, según la prueba de Duncan, identifica tres grupos diferentes de diámetro de grano con un rango de variación que varía entre 2.14 a 2.42 mm, el primer grupo conformados por las líneas L3, L8 y L4, presentan el mayor diámetro de grano con un promedio 2.41 mm; las líneas identificadas con mayor precocidad L2, L1 y L7 se encuentran dentro del segundo grupo con un valor promedio de 2.30 mm.

Por su parte Gandarillas (1979), citado por Riquelme, para clasificar al grano de quinua por su diámetro toman ciertos rangos, las mismas que comprenden entre 2.2 y 2.6 mm de tamaño grande, entre 1.8 y 2.1 mm de tamaño mediano y menores a 1.8 mm de tamaño pequeño. Basándose en esta clasificación las 9 líneas en estudio corresponde al grupo de grano grandes, por superioridad a 2.1 mm.

#### **4.9 Espesor de grano**

De acuerdo al análisis de varianza para el espesor de grano (*Anexo 12*), muestra que no hay diferencias significativas entre bloques, mientras tanto que para el factor entre líneas se muestran diferencias altamente significativas. El coeficiente

de variación es de 1.99 % que refleja la confiabilidad de los datos obtenidos en campo y el grado de precisión del manejo del experimento.

**Cuadro 13. Prueba de Duncan para el espesor de grano (mm)**

Líneas		Promedios (mm)	Duncan (P>0.05)
L8	22 /90/	1.26	a
L4	10 (90)	1.21	b
L1	Uy -1	1.21	b
L2	Uy -1	1.20	b
L7	Say /14/	1.18	c
L3	10 (90)	1.18	c
L6	15 (90)	1.17	c
L5	10 (90)	1.17	c
L9	Achachino	1.13	d

El Cuadro 13, según la comparación de medias se llega a registrar un rango de variación de 1.13 a 1.26 mm de espesor de grano, Duncan identifica tres grupos diferentes, en el primer grupo se registra a la línea L8 con un valor de 1.26 mm, donde esta línea presenta el mayor espesor en promedio; en cambio las líneas L1, L2 y L7 identificada con la mayor precocidad se encuentran en el segundo grupo con un promedio de 1.21 mm, el espesor más bajo fue registrado en la línea L9 con 1.13 mm en promedio.

Para esta variable la variedad precoz “Jacha Grano” presenta una valor en promedio de 1.4 mm, las líneas en estudio presentan promedios inferiores a la variedad precoz en relación al espesor de grano.

#### **4.10 Rendimiento de grano**

De acuerdo al análisis de varianza (*Anexo 13*), se determina que no existe deferencia estadística entre bloques, para el factor entre líneas el mismo cuadro registra una diferencia altamente significativa. El coeficiente de variación es de 20.18%, es el valor más alto registrado dentro del estudio, pero este valor esta dentro de los rangos aceptable para experimentos en campo, donde el cual también

nos refleja el grado de precisión del manejo del experimento y la confiabilidad de los datos registrados.

**Cuadro 14. Prueba de Duncan para el rendimiento de grano (Kg/ha)**

Líneas		Promedios	Duncan (P>0.05)
L6	15 (90)	1806.7	a
L8	22 /90/	1741.7	a
L3	10 (90)	1710.0	b
L5	10 (90)	1655.0	b
L4	10 (90)	1620.0	b
L2	Uy -1	1595.0	b
L7	Say /14/	1296.7	c
L9	Achachino	948.3	c
L1	Uy -1	875.0	c

En el Cuadro 14, según la prueba de Duncan para el rendimiento de grano, esta variable muestra un rango de variación que oscila entre 875 a 1806.7 kg/ha dentro de las nueve líneas en estudio, en la cual identifica tres grupos diferentes para esta variable, el mejor rendimiento corresponde a las líneas L6 y L8 con un promedio de 1774 kg/ha que conforman el primer grupo; las líneas identificadas con la mayor precocidad L2 registrada en el segundo grupo, presenta un promedio de 1664 kg/ha y L7 y L1 con un promedio de 1040 kg/ha estas pertenecientes al tercer grupo.

Las líneas L2, L7 y L1 identificadas con mayor precocidad presenta rendimientos bajos dentro del estudio realizado, en cambio las demás líneas restantes tardan en su ciclo vegetativo pero llegan a tener mayor rendimiento en grano.

La variedad precoz “Jacha Grano” presenta un promedio de rendimiento de 1100 a 1400 kg/ha, en relación a este valor se puede observar que las líneas con mayor ciclo vegetativo superan a la variedad precoz ya mencionada, en cambio las líneas con mayor precocidad llegan tener rendimientos inferiores, llegando a tener una relación inversa entre precocidad y rendimiento.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio de investigación del comportamiento agronómico de nueve líneas precoces de quinua de generaciones avanzadas en condiciones medio ambientales de la gestión agrícola 2005-2006, se llegó a las siguientes conclusiones.

- Los días a la floración es un carácter que describe la precocidad de una línea de quinua mejorada, en las líneas estudiadas se han encontrado tres grupos diferentes para esta variable, identificando a dos líneas mas precoces a la floración siendo las líneas L1 (Uy-1), L7 (Say/14/) con una media de 63 días.
- Los días a la madurez fisiológica es la variable que testifica la precocidad de una línea mejorada, donde para la maduración fisiológica se identificó tres líneas precoces; la línea L1 (Uy-1), L2 (Uy-1) y L7 (Say/14/) las cuales obtuvieron una media de 109 días para llegar a la madurez fisiológica. Este valor de 109 días registrado para la madurez fisiológica es un material genético de mucha importancia dentro el mejoramiento genético.
- Las tres líneas L2 (Uy-1), L7 (Say/14/) y L1 (Uy-1) identificadas como precoces llegaron a registrar un rendimiento en grano con un promedio 1595, 1296 y 875 kg/ha respectivamente, donde estas tres líneas muestran un aceptable rendimiento, llegando a constituirse en una alternativa para el altiplano central especialmente por la precocidad registrada en el presente estudio para poder llegar a disminuir los efectos causados por los frecuentes cambios climáticos.

- El diámetro de grano registrado para la línea L2 (Uy-1), L1 (Uy-1) y L7 (Say /14/) presentan valores de 2.33, 2.30 y 2.20 mm de diámetro respectivamente, el tamaño de grano es uno de los principales requerimientos por el agricultor, en este sentido el diámetro registrado en promedio de 2.30 mm para las tres líneas llegan a considerarse como grano grande.
- En cuanto al espesor de grano las nueve líneas en estudio generaron una similitud en el espesor de grano, con un promedio de 1.2 mm de espesor de grano y estos están estrechamente relacionados al diámetro de grano.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar las tres líneas identificadas como precoces para hacer frente a los efectos frecuentes causados por el cambio climático, principalmente en épocas de sequía, lluvias retrasadas, etc.
- Hacer la multiplicación de semilla de estas tres líneas identificadas como precoces.
- Difundir y validar estas tres líneas en los Altiplanos Central y Sur en parcela-agricultor y determinar si se mantienen las principales características de precocidad, tamaño de grano y de rendimiento que se reportan en el presente trabajo.
- También debe realizarse evaluaciones participativas, absoluta y orden preferencial con agricultores recogiendo rangos de aceptación y criterios de los mismos productores de aquellas líneas con mejores resultados para futuras validaciones como variedad.

## VI. RESUMEN

El estudio: Evaluación del comportamiento agronómico de nueve líneas precoces de quina (*Chenopodium quinoa* Willd.) identificando líneas precoces con características deseables para el agricultor, la investigación se llevo a cabo en la gestión agrícola 2005 – 2006, en los predios de la Fundación PROINPA, en la comunidad de Quipaquipani, perteneciente a la provincia ingavi, del departamento de La Paz a una altitud de 3830 msnm, donde se registró una temperatura media anual de 10 °C y una precipitación de 598.5 mm, ubicado a 2 Km de la ciudad de viacha.

Con el objetivo de contribuir al mejoramiento de la calidad y rendimiento de grano comercial de quinua se llegó a evaluar nueve líneas precoces de quinua, se estableció un ensayo, bajo el diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables de respuestas fueron: días a la floración, días a la madurez fisiológica, altura de planta, diámetro de grano, longitud de panoja, diámetro de panoja, peso de 100 granos, diámetro de grano, espesor de grano, rendimiento de grano.

La madurez fisiológica es el que testifica la precocidad de un cultivo, esta variable en estudio fue los que arrojaron los resultados mas determinantes en la cual se identificaron tres líneas L7, L2 y L1 con valores de 108.75, 109.50 y 110.50 días, llegando a ser una material genético de gran relevancia.

El diámetro de grano para la líneas identificadas como precoces L7, L2 y L1 estos con valores de 2.20, 2.33 y 2.30 (mm) respectivamente, estas consideradas como grano grande.



El rendimiento de grano, tiene una tendencia de comportamiento relacionado con longitud y diámetro de panoja, donde los valores registrados para las tres líneas L2, L7 y L1 con valores de 1595.00, 1296.70 y 875.00 (kg/ha) respectivamente.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- ALVARES, M., PAVON, J. Y VON RUTTE, S. 1990. Caracterización. En: Quinoa, hacia su cultivo comercial. C. Whali. Quito - Ecuador. Latinreco S.A. 5 - 32 p.
- BONIFACIO, A., G. ESPINDOLA. 1996 Catálogo de variedades Mejoradas de Quinoa y Recomendación para producción y uso de Semilla Certificadas. Publicación conjunta IBTA/Dirección Nacional de Semilla. La Paz – Bolivia. 57-60 pp.
- BONIFACIO, A., ARONI, G. Y VARGAS, A. 2003. Variedad Precoz “Quinoa Jacha Grano” Ficha Técnica N°6, (PROINPA) Emilce Chuquimia. La Paz - Bolivia 1-4 pp.
- BONIFACIO, A., ARONI, G., VARGAS, A. Y QUISPE, R. 2007. Variedad de quinoa “Horizontes” Ficha Técnica N° 79, (PROINPA) Samantha Cabrera. La Paz-Bolivia 1-4 pp.
- CAMBILLA, M.C. 2007. Evaluación Agronómica y Participativa del Comportamiento de seis Variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Comunidad de Salviani del Altiplano Central. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UMSA. La Paz-Bolivia. 12 p.
- CARRILLO, A. 1992. Anatomía de la semilla de (*Chenopodium berlandieris* ssp. *Ch. nuttalliae*) Huazontle. Tesis Maestro en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Centro de botánica. Montecillos, México. 86 p.
- CAYOJA, M.R. 1996. Caracterización de Variables Continuas y Discretas de Germoplasma de Quinoa de la Estación Experimental de Patacamaya. Tesis Ing. Agr. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Universidad Técnica de Oruro. 125 p.
- CHAVEZ, J.L 1995. Mejoramiento de plantas 1. Trillas México S.A. de C.V. 2da edición. 136 p.
- CHAVEZ, J.L 1995. Mejoramiento de plantas 2. Método específicos de plantas alógamas. Trillas México. 25-30 pp.

- CLAURE, G. y BONIFACIO, A. 1996. Comportamiento de líneas precoces en el Altiplano Central. En: Informe anual. IBTA 1995 - 1996. La Paz - Bolivia. 30-40 pp.
- CHILON, E. 1996. Manual de Edafología. Ediciones CIDAT. La Paz - Bolivia. 290-291 pp.
- ESPINDOLA, G. 1980. Estudio de componentes directos e indirectos del rendimiento en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Martín Cárdenas. Cochabamba – Bolivia. 91pp
- FERRUFINO, J. 2003. Evaluación de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a diferentes espaciamientos entre surcos y entre plantas en la comunidad de mamani. Tesis de Grado Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. 5-24 pp.
- FINNEY, D. 1993. Introducción a la ciencia de la estadística en la agricultura; Barreda y Zea Universidad Nacional del Altiplano – Puno. 301 p.
- GALLARDO, M., GONZALES, A. Y PONESSA, G. 1997. Morfología del fruto y semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Chenopodiaceae. 1-39 pp.
- GANDARILLAS H. 1982. El cultivo de la quinua, MACA-IBTA. CIID. La Paz - Bolivia, 13,45 pp.
- GANDARILLAS H. 1984. Obtención experimental de *Chenopodium quinoa* Willd. MACA, IBTA. La Paz, Bolivia. 21 p.
- GUAMAN, J. y ARONI, J. C. 1996. Comportamiento de líneas y ecotipos precoces en condiciones del Altiplano Sur. En: Informe Anual 1995 -1996. IBTA. Programa Nacional Quinua. La Paz - Bolivia. 71 - 74 pp.
- HOLDRIDGE, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José - Costa Rica
- LESCANO, R. J. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos, Quinua, Kañiwa, Tarwi, Kiwicha, Papa amarga, Olluco, Mashua y Oca. Programa Internacional de Waru.Waru. INADE/PELT/COTESU. Puno – Perú. 38 p.
- MONASTERIOS, N. 1995. Fertilización en el cultivo de la quinua. En: Memorias del Seminario Sobre investigación y Comercialización de la Quinua. SNG/IBTA/Programa Quinua/CRSLP. pp 29-34
- MONTEROS, C. 2000. Respuesta de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a diferentes bajas temperaturas en tres fases fenológicas. Tesis de

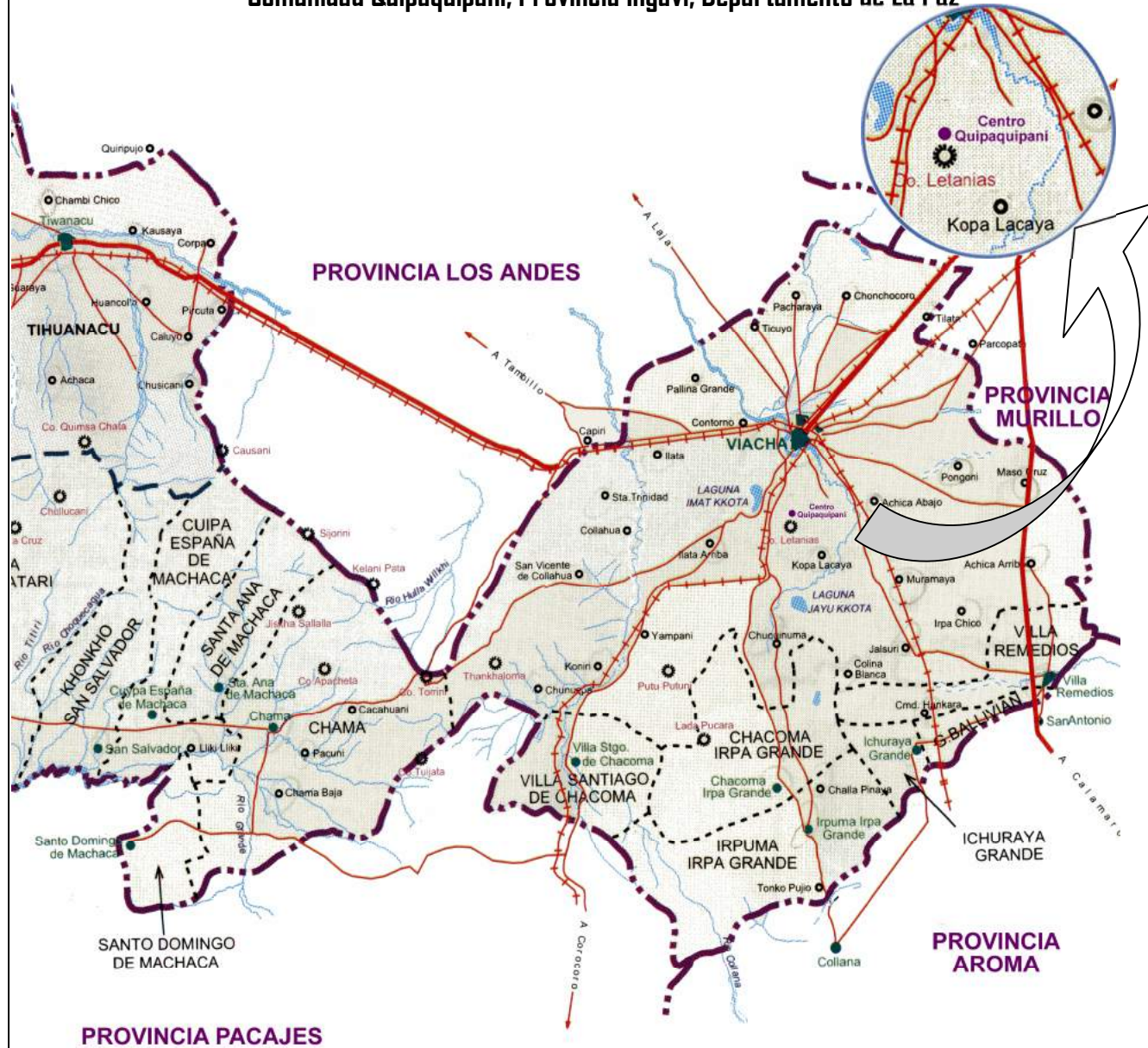
Maestro en Ciencias. Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Postgrado, Maestría en Agricultura Andina. Puno, Perú. 107 p.

- MURILLO, R. 1995. Comportamiento del nitrógeno proveniente de fertilizantes minerales en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de riego y secano. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia
- OCHOA, R, 2007. Diseños Experimentales, Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia 59-70
- QUENALLATA, A. 1996. Introducción de Variedades de quinua dulce en la localidad de Escoma. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UMSA. La Paz – Bolivia 20 pp
- ROBLES, r, 1991. Genética elemental y Fitomejoramiento Práctico. Ed. Limusa. México. 339-346 pp
- ROJAS, W. 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis de Magíster en Ciencias Vegetales. Escuela de graduados. Universidad Austral de Chile. Valdivia - Chile. 209 pp
- RIQUELME, C. 1998. Comportamiento Agronómico de 8 líneas Precoces de Quinua bajo 3 épocas de siembra en el altiplano Central. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UMSA. La Paz – Bolivia. 19,24 pp
- SARAVIA, R. Y QUISPE, R, 2003. Biología y Comportamiento de las Ticonas Ficha Técnica N°4, (PROINPA) Emilce Chuquimia. La Paz – Bolivia 1-4 pp
- TAPIA, M. 1997. Cultivos Andinos sub-explotación y su aporte a la alimentación. FAO. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Santiago - Chile. 30 – 39 pp
- VARGAS, A. 2006. Fases Fenológicas y Evaluación Agronómica en 20 Genotipos de Quinua (*Chonopodium quinoa* Willd.) Seleccionadas en América del Sur y Europa. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UMSA. La Paz-Bolivia. 5-17 pp
- YUJRA, E. 2004. Evaluación Agronómica de 3 variedades de Quinua en un Sistema de producción en Terrazas. Pasantía de Grado. Carrera Técnica Superior – Viacha (U.M.S.A), 8 pp.

ANEXOS

**ANEXO: 1**

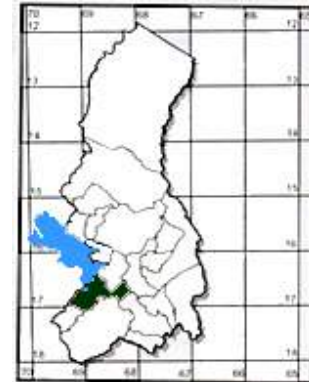
**Ubicación Geográfica del Área de Estudio**  
**Comunidad Quipaquipani, Provincia Ingavi, Departamento de La Paz**



**República de Bolivia**



**Departamento de La Paz**

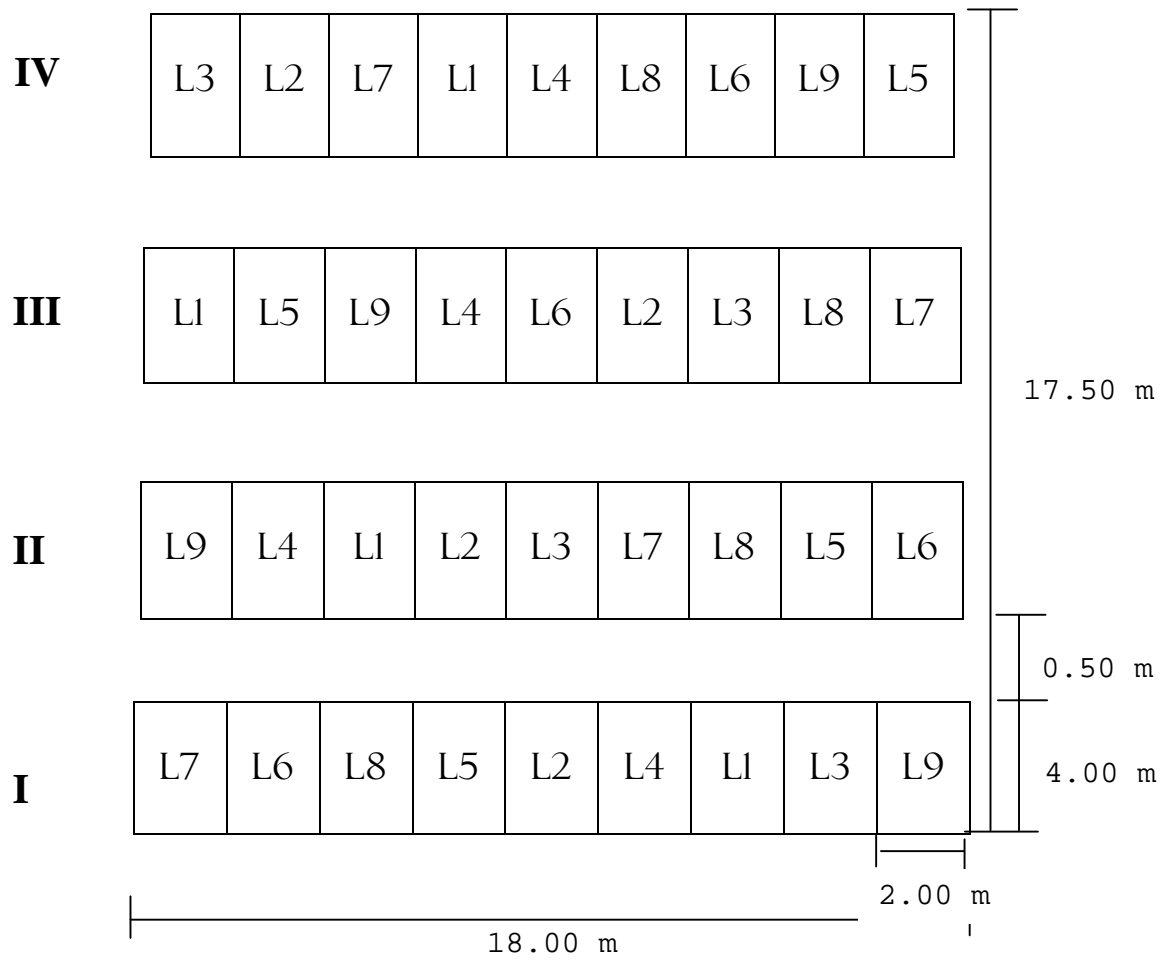


**Provincia Ingavi**



Fuente: Atlas de municipios 2001

## Anexo 2. Croquis de la parcela experimental



**Anexo 3. Condiciones climáticas durante el ciclo agrícola 2005 – 2006 en la localidad de quipaquipani.**

	2005				2006				
	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Prom.
Temperatura máxima. (°C)	15,9	17,5	17,7	17,9	16	17,3	17,3	17	17,1
Temperatura mínima (°C)	-1,7	1,7	2,7	3,6	4,3	3,6	3,9	1,3	3,3
Temperatura media (°C)	7,1	9,6	10,2	10,75	10,15	10,45	10,6	9,15	10,2
Precipitación pluvial (pp)	30,4	62	84,4	59,8	145,6	108,3	92,9	15,1	<b>Total(pp)</b> 598,5

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrológica (SENAMHI, 2006)

**Anexo 4. Análisis de varianza (ANVA) para días a la floración**

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	22.08	7.36	3.12	3.01 *
LÍNEAS	8	430.00	53.75	22.76	3.36 **
ERROR	24	56.66	2.36		
TOTAL	35	508.75			

CV = 2.25%

\* = Significativo (5%)

NS = No significativo

\*\* = Altamente significativo (1%)

CV = Coeficiente de variación

**Anexo 5. Análisis de varianza para madurez fisiológica**

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	221.41	73.80	3.31	3.01 *
LÍNEAS	8	4122.22	515.27	23.10	3.36 **
ERROR	24	535.33	22.30		
TOTAL	35	4878.97			

CV = 3.90%

**Anexo 6. Análisis de varianza para la altura de planta**

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	881.73	293.91	14.46	4.72 **
LÍNEAS	8	710.46	88.80	4.37	3.36 **
ERROR	24	487.92	20.33		
TOTAL	35	2080.12			

CV = 6.73%

**Anexo 7. Análisis de varianza para el diámetro de tallo**

FV	GL	SC	CM	FC	Pr>F
BLOQUE	3	4.94	1.64	5.54	4.72 **
LÍNEAS	8	8.05	1.00	3.38	3.36 **
ERROR	24	7.14	0.29		
TOTAL	35	20.14			

CV = 7.83%

**Anexo 8. Análisis de varianza para longitud de panoja**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
BLOQUE	3	24.23	8.07	4.79	4.72 **
LÍNEAS	8	42.93	5.36	3.18	2.36 *
ERROR	24	40.50	1.68		
TOTAL	35	107.67			

CV = 9.23%

**Anexo 9. Análisis de varianza para el diámetro de panoja**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
BLOQUE	3	117.82	39.27	4.80	4.72 **
LÍNEAS	8	172.46	21.55	2.64	3.36 *
ERROR	24	196.31	8.17		
TOTAL	35	486.60			

CV = 8.52%

**Anexo 10. Análisis de varianza para el peso de 100 granos**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
BLOQUE	3	0.00	0.00	0.92	3.01 NS
LÍNEAS	8	0.11	0.01	25.02	3.36 **
ERROR	24	0.01	0.00		
TOTAL	35	0.13			

CV = 5.02

**Anexo 11. Análisis de varianza para el diámetro de grano**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
BLOQUE	3	0.00	0.00	0.06	3.01 NS
LÍNEAS	8	0.29	0.03	29.15	3.36 **
ERROR	24	0.02	0.00		
TOTAL	35	0.32			

CV = 1.52

**Anexo 12. Análisis de varianza para el espesor de grano**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
BLOQUE	3	0.00	0.00	0.28	3.01 NS
LÍNEAS	8	0.03	0.00	8.26	3.36 **
ERROR	24	0.01	0.00		
TOTAL	35	0.05			

CV = 1.99

**Anexo 13. Análisis de varianza para el rendimiento de grano**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>Pr&gt;F</b>
BLOQUE	3	248223.91	82741.30	0.94	3.01 NS
LÍNEAS	8	3893078.83	486634.85	5.51	3.36 **
ERROR	24	2118696.55	88279.02		
TOTAL	35	6259999.31			

CV = 20.18



**Anexo 14. Días a la floración**

Líneas		BLOQUES				
		I	II	III	IV	Promedio
L-1	Uy-1	61	63	61	64	249
L-2	Uy-1	67	65	66	65	263
L-3	10-(90)	72	69	71	72	284
L-4	10-(90)	70	67	68	68	273
L-5	10-(90)	71	67	65	66	269
L-6	15-(90)	72	67	72	72	283
L-7	Say /14/	65	60	64	65	254
L-8	22 /90/	72	73	71	72	288
L-9	Achachino	72	72	72	72	288

**Anexo 15. Días a la madurez fisiológica**

Líneas		BLOQUES				
		I	II	III	IV	Promedio
L-1	Uy-1	109	109	109	115	442
L-2	Uy-1	109	109	109	111	438
L-3	10-(90)	122	122	123	120	487
L-4	10-(90)	146	146	124	140	556
L-5	10-(90)	145	145	124	139	553
L-6	15-(90)	123	123	123	120	489
L-7	Say /14/	105	115	105	110	435
L-8	22 /90/	123	123	117	123	486
L-9	Achachino	117	117	117	118	469

**Anexo 16. Altura de planta (cm)**

Líneas		BLOQUES				
		I	II	III	IV	Promedio
L-1	Uy-1	54,1	62,4	61,6	71,6	249,7
L-2	Uy-1	64,1	62	71	66,5	263,6
L-3	10-(90)	63,6	67,6	59,8	78,1	269,1
L-4	10-(90)	67,5	62,6	70,6	82,6	283,3
L-5	10-(90)	62	63,3	68,3	64,8	258,4
L-6	15-(90)	65	62,1	80,1	78,6	285,8
L-7	Say /14/	50,5	56,5	57,8	66,8	231,6
L-8	22 /90/	65,6	66,3	68,1	84,6	284,6
L-9	Achachino	65,6	66,1	74,1	77,8	283,6

**Anexo 17. Diámetro de tallo (mm)**

Líneas		BLOQUES				
		I	II	III	IV	Promedio
L-1	Uy-1	6,4	6,8	6,9	7,4	27,5
L-2	Uy-1	6,6	7	7,2	7,5	28,3
L-3	10-(90)	6,8	6,8	6,7	7,6	27,9
L-4	10-(90)	7,6	6	8,3	6,5	28,4
L-5	10-(90)	6	6,1	7,1	6,3	25,5
L-6	15-(90)	7,6	6,9	8,6	8,5	31,6
L-7	Say /14/	5,7	6,3	6,2	6,7	24,9
L-8	22 /90/	7	6,3	7,1	6,7	27,1
L-9	Achachino	6,6	6,3	7,9	8,7	29,5

**Anexo 18. Longitud de panoja (cm)**

Líneas		BLOQUES				
		I	II	III	IV	Promedio
L-1	Uy-1	12,8	13,2	12	13,8	51,8
L-2	Uy-1	13,6	12,4	15	13,4	54,4
L-3	10-(90)	14	13,8	12	14,6	54,4
L-4	10-(90)	15,4	14	16,8	19,2	65,4
L-5	10-(90)	13,8	12,6	14,6	13,2	54,2
L-6	15-(90)	14	12,8	15,4	18,4	60,6
L-7	Say /14/	11,6	12,8	12	14	50,4
L-8	22 /90/	15,4	12,6	12,6	16,8	57,4
L-9	Achachino	12,6	14,9	15	15,4	57,9

**Anexo 19. Diámetro de panoja (mm)**

Líneas		BLOQUES				
		I	II	III	IV	Promedio
L-1	Uy-1	30	30	31,6	35,1	126,7
L-2	Uy-1	33,9	30,9	35,8	31,6	132,2
L-3	10-(90)	36,9	33,6	31,4	32,8	134,7
L-4	10-(90)	35	29,9	33,8	40,4	139,1
L-5	10-(90)	36	33,4	35,9	31,6	136,9
L-6	15-(90)	31,7	30,9	33,6	40,1	136,3
L-7	Say /14/	24,1	27,3	30	32,6	114
L-8	22 /90/	32,1	34,8	34,1	42	143
L-9	Achachino	32,8	33	37,8	41	144,6

**Anexo 20. Peso de 100 granos (gr)**

Líneas		BLOQUES				
		I	II	III	IV	Promedio
L-1	Uy-1	4,8	4,7	4,65	4,8	18,95
L-2	Uy-1	4,75	4,75	4,45	4,7	18,65
L-3	10-(90)	5,75	5,4	5,55	5,7	22,4
L-4	10-(90)	5,35	5,2	5,6	5,65	21,8
L-5	10-(90)	4,8	4,55	4,75	4,65	18,75
L-6	15-(90)	4,5	4,1	3,55	4,35	16,5
L-7	Say /14/	3,75	4,3	3,9	4,8	16,75
L-8	22 /90/	5,5	5,6	5,9	5,55	22,55
L-9	Achachino	4,15	4,35	4,35	4,1	16,95

**Anexo 21. Diámetro de grano (mm)**

Líneas		BLOQUES				
		I	II	III	IV	Promedio
L-1	Uy-1	2,27	2,32	2,26	2,38	9,23
L-2	Uy-1	2,32	2,33	2,33	2,34	9,32
L-3	10-(90)	2,42	2,43	2,42	2,42	9,69
L-4	10-(90)	2,43	2,33	2,4	2,41	9,57
L-5	10-(90)	2,29	2,33	2,29	2,29	9,2
L-6	15-(90)	2,37	2,29	2,27	2,27	9,2
L-7	Say /14/	2,17	2,2	2,24	2,2	8,81
L-8	22 /90/	2,42	2,44	2,44	2,38	9,68
L-9	Achachino	2,16	2,15	2,15	2,1	8,56

**Anexo 22. Espeso de grano (mm)**

Líneas		BLOQUES				
		I	II	III	IV	Promedio
L-1	Uy-1	1,2	1,21	1,23	1,22	4,86
L-2	Uy-1	1,18	1,18	1,23	1,23	4,82
L-3	10-(90)	1,18	1,17	1,19	1,18	4,72
L-4	10-(90)	1,22	1,17	1,21	1,27	4,87
L-5	10-(90)	1,16	1,19	1,18	1,18	4,71
L-6	15-(90)	1,19	1,19	1,15	1,18	4,71
L-7	Say /14/	1,19	1,2	1,18	1,18	4,75
L-8	22 /90/	1,26	1,27	1,28	1,23	5,04
L-9	Achachino	1,13	1,17	1,15	1,1	4,55

**Anexo 23. Rendimiento de grano (kg/ha)**

Líneas		BLOQUES				
		I	II	III	IV	Promedio
L-1	Uy-1	113	119	138	155	525
L-2	Uy-1	248	205	289	215	957
L-3	10-(90)	212	371	208	235	1026
L-4	10-(90)	254	254	215	249	972
L-5	10-(90)	244	190	309	250	993
L-6	15-(90)	265	233	280	306	1084
L-7	Say /14/	146	225	149	258	778
L-8	22 /90/	227	258	306	254	1045
L-9	Achachino	96	136	206	231	669

FOTOGRAFÍAS



**Fotografía 1. Parcela Experimental**



**Fotografía 2. Identificación de plantas individuales**



Fotografía 3. Línea Achachcino en plena floración



(gg)

(GG)

Fotografía 4. Tipos de inflorescencia (gg) Amaranthiforme (GG) Glomeruloso



**Fotografía 5. Líneas en fase de maduración fisiológica**



**Fotografía 5. Balanza de precisión**