

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



**TESIS DE GRADO**

**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE LA COLECCIÓN DE GERMOPLASMA  
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) DEL BANCO NACIONAL DE GRANOS  
ALTOANDINOS, DEL ALTIPLANO CENTRO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
DE PATACAMAYA**

**MARIA YSABEL CRUZ PACO**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2016**

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

**CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DE LA COLECCIÓN DE GERMOPLASMA  
DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) DEL BANCO NACIONAL DE GRANOS  
ALTOANDINOS, DEL ALTIPLANO CENTRO EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
DE PATACAMAYA**

Tesis de grado presentado como  
requisito parcial para optar  
el título de ingeniero agrónomo.

**MARIA YSABEL CRUZ PACO**

**Asesores:**

Ing. Ph.D. Roberto Miranda C. ....

Ing. Carolina Alanoca. ....

**Tribunal Examinador:**

Ing. Ph.D. Magali Garcia .....

Ing. Cristal Taboada. ....

Ing. Paulino Ruiz .....

**APROBADA**

**Presidente Tribunal Examinador** .....

## **DEDICATORIA**

*Con inmenso amor y gratitud a mi madre Delfina  
Paco de Cruz por depositar en mí: Fe, confianza y  
esperanza para que alcanzara a realizar una de  
mis metas en la vida.*

*A mis hermanos: Rolando, Jose, Monica y  
Yoseth*

*Y a mi querido hijo Santiago Chura Cruz*

*M. Y. C-P*

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo agradecer a las instituciones y personas que de una y otra manera hicieron posible la realización y posterior conclusión del presente trabajo.

A la Universidad Mayor de San Andrés a través de la facultad de Agronomía por haberme acogido y formado y formado en sus aulas durante los años de estudio y el plantel docente por los conocimientos impartidos.

Al Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), por darme la oportunidad de realizar la tesis de grado y por el apoyo brindado en esta investigación.

A la estación Experimental de Patacamaya, quienes me brindaron su apoyo y por proporcionar sitio para la presente investigación.

Mis más sinceros agradecimientos a mis asesores Dr. Roberto Miranda Casa e Ing. Carolina Alanoca por sus excelentes asesoramientos, orientación y sus valiosas enseñanzas en la ejecución de la presente investigación.

Mis reconocimientos más sinceros al tribunal de defensa de tesis: Ing. Paulino Ruiz, Ing. Ph.D. Magali Garcia e Ing. Cristal Taboada; por sus valiosas sugerencias en la corrección y orientación para la culminación de la presente investigación.

A mis amigos y compañeros con quienes compartí momentos únicos e inolvidables durante la formación académica, por haber forjado esos vínculos de amistad y todos esos buenos recuerdos durante los años de estudio dentro de la facultad.

A mi querida familia por todo el cariño, consejos y el gran esfuerzo para apoyarme económicamente durante todos los años de estudio.

A todas aquellas personas que me colaboraron y que no mencione, mil gracias.

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS .....	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Características de la quinua.....	3
2.1.1 Origen e importancia.....	3
2.1.2 Composición nutritiva del grano de quinua frente a otros cereales.....	4
2.1.3 Taxonomía y morfología.....	4
2.1.4 Fenología del cultivo.....	6
2.1.4.1 Fases fenológicas.....	6
2.2. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS.....	9
2.2.1 Suelo.....	9
2.2.2 Ph.....	9
2.2.3 Clima.....	10
2.2.4 Agua.....	10
2.2.5 Temperatura.....	11
2.3. BIODIVERSIDAD Y VARIABILIDAD GENÉTICA.....	11
2.3.1 Recursos genéticos.....	12
2.3.2 Erosión genética.....	12
2.3.3 Germoplasma.....	12
2.3.4 Bancos de germoplasma.....	13
2.4. CONSERVACIÓN EX SITU – IN SITU.....	13
2.5 caracterización y evaluación.....	14

2.5.1 Accesión.....	14
2.5.2 Descriptor.....	15
3. LOCALIZACIÓN.....	16
3.1. ZONA DE ESTUDIO.....	16
3.2. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS.....	16
3.2.1. Clima.....	16
3.2.2. Temperatura.....	17
3.2.3. Precipitaciones pluviales, periodos.....	17
3.2.4. Humedad Relativa.....	17
3.2.5. Riesgos climáticos.....	18
3.2.6. Suelos.....	19
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1 Material.....	20
4.1.1 Material vegetal.....	20
4.1.2 Material de campo.....	20
4.1.3 Material de Laboratorio.....	21
4.1.4 Material de Gabinete.....	21
4.2 METODOLOGÍA.....	21
4.2.1 Procedimiento de campo.....	21
a) Preparación del terreno.....	21
b) Preparación de semilla.....	22
c) Siembra.....	22
d) Labores culturales.....	22
e) Resiembra.....	23
f) Caracterización y evaluación.....	23
g) Cosecha.....	23
4.3 VARIABLES DE RESPUESTA.....	24

4.3.1 Caracterización y evaluación preliminar.....	24
4.3.1.1 Hábito de crecimiento.....	24
4.3.1.2 Diámetro del tallo principal.....	24
4.3.1.3 Presencia de axilas pigmentadas.....	24
4.3.1.4 Altura de la planta.....	25
4.3.2 Hoja.....	25
4.3.2.1 Forma de lámina.....	25
4.3.2.2 Perfil de lámina.....	25
4.3.2.3 Borde de lámina.....	25
4.3.2.4 Presencia de gránulos en la lámina.....	25
4.3.2.5 Color de gránulos en las hojas.....	25
4.3.3 Panoja.....	25
4.3.3.1 Color de la panoja en la floración.....	26
4.3.3.2 Color de la panoja en la madurez fisiológica.....	26
4.3.3.3 Forma de panoja.....	26
4.3.3.4 Longitud de panoja.....	26
4.3.3.5 Diámetro de panoja.....	26
4.3.4 Características del grano.....	26
4.3.4.1 Diámetro del grano.....	26
4.3.4.2 Espesor del grano.....	27
4.3.4.3 Peso de 100 granos.....	27
4.3.4.4 Rendimiento de semilla por planta.....	27
4.3.4.5 Color del pericarpio.....	27
4.3.4.6 Color de epispermo.....	27
4.3.5 Evaluación Agronómica.....	27
4.3.5.1 Días a la emergencia.....	27
4.3.5.2 Días al botón floral.....	27

4.3.5.3 Días al inicio de floración.....	27
4.3.5.4 Días al 50% de floración.....	28
4.3.5.5 Días al fin floración.....	28
4.3.5.6 Días al grano lechoso.....	28
4.3.5.7 Días al grano pastoso.....	28
4.3.5.8 Días a la madurez fisiológica.....	28
4.3.5.9 Índice de cosecha.....	28
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	29
5.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL.....	29
5.2. ANÁLISIS DE CARACTERES CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS.....	29
5.2.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE VARIABLES CUANTITATIVAS.....	29
5.2.1.1. Días a la emergencia.....	30
5.2.1.2. Días al botón floral.....	30
5.2.1.3. Días al inicio de la floración.....	31
5.2.1.4. Días al 50% de floración.....	31
5.2.1.5. Días al fin de floración.....	31
5.2.1.6. Días al grano lechoso.....	31
5.2.1.7. Días al grano pastoso.....	31
5.2.1.8. Días a la madurez fisiológica.....	32
5.2.1.9. Diámetro de tallo.....	32
5.2.1.10. N° de ramas primarias.....	32
5.2.1.11. Altura de planta.....	32
5.2.1.12. Longitud máxima del peciolo.....	33
5.2.1.13. Longitud máxima de lámina.....	33
5.2.1.14. Ancho máxima de lámina.....	33
5.2.1.15. Longitud de panoja.....	34
5.2.1.16. Diámetro de panoja.....	34



5.2.1.17. Diámetro de grano.....	34
5.2.1.18. Espesor de grano.....	35
5.2.1.19. Peso de 100 granos.....	35
5.2.1.20. Rendimiento de semilla por planta.....	35
5.2.1.21. Índice de cosecha.....	36
5.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN SIMPLE.....	36
5.3.1. Matriz de coeficiente de correlación simple.....	36
5.4. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	37
5.5. ANÁLISIS DE VARIABLES CUALITATIVAS.....	42
5.5.1. Análisis de frecuencias.....	42
5.5.1.1. Hábito de crecimiento.....	42
5.5.1.2. Presencia de axilas pigmentadas.....	43
5.5.1.3. Forma de lámina.....	43
5.5.1.4. Perfil de lámina.....	44
5.5.1.5. Color del peciolo.....	45
5.5.1.6. Color de la panoja a la floración.....	45
5.5.1.7. Color de la panoja a la madurez fisiológica.....	46
5.5.1.8. Forma de panoja.....	47
5.5.1.9. Color del pericarpio.....	48
5.5.1.10. Color del epispermo.....	49
5.5.1.11. Forma de grano.....	50
6. CONCLUSIONES.....	51
7. RECOMENDACIONES.....	53
8. BIBLIOGRAFÍA.....	54

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutritiva del grano de quinua frente a otros cereales.....	4
Cuadro 2. Taxonomía de la quinua.....	5
Cuadro 3. Estadística descriptiva de las variables cuantitativas evaluadas de 188 accesiones de quinua.....	29
Cuadro 4. Valores y vectores propios de los componentes principales.....	38
Cuadro 5. Valores propios y correlación asociada a los primeros tres componentes principales.....	40

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ubicación del área de investigación en la provincia Aroma.....	16
Gráfico 2. Comportamiento de la humedad relativa.....	17
Gráfico 3. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización del germoplasma de quinua.....	39
Gráfico 4. Estados del hábito de crecimiento.....	42
Gráfico 5. Estados de la presencia de axilas pigmentadas.....	43
Gráfico 6. Estados de la forma de lámina.....	43
Gráfico 7. Estados del perfil de la lámina.....	44
Gráfico 8. Estados del color del peciolo.....	45
Gráfico 9. Estados de la coloración de la panoja a la floración.....	45
Gráfico 10. Estados del color de panoja a la madurez.....	46
Gráfico 11. Estados de la forma e panoja.....	47
Gráfico 12. Estados del color del pericarpio del grano de quinua.....	48
Gráfico 13. Estados del color del epispermo del grano de quinua.....	49
Gráfico 14. Estados de la forma del grano de quinua.....	50

## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental de Patacamaya, ubicado en el municipio de Patacamaya, provincia Aroma del departamento de La Paz.

El presente trabajo tiene el objetivo principal de caracterizar morfológicamente las accesiones de quinua del Banco de Germoplasma de Granos Altoandinos, provenientes del Altiplano Centro (La Paz y Oruro). Las caracterizaciones se realizaron de acuerdo a descriptores utilizados a nivel internacional. Se evaluaron 40 variables. Estas variables fueron analizadas con estadísticas descriptivas, análisis de correlación simple, análisis de componentes principales, para datos mixtos (cualitativos y cuantitativos) y análisis de frecuencias.

Los resultados mostraron una amplia variabilidad de las variables cuantitativas observándose materiales precoces como tardíos, también se observó en cada característica una amplia variabilidad genética, deduciendo que cada carácter es la expresión poli génica y estos genes difieren de un carácter a otro. En este análisis se describen las medidas de tendencia central y de dispersión para cada variable cuantitativa.

El análisis de correlación simple mostró relación positiva entre variables fenológicas y morfológicas especialmente en la primera fase por lo que las plantas fueron altas y con buenos rendimientos. Así mismo, se observó correlaciones positivas entre características de grano, entre las variables fenológicas, la correlación más alta correspondió al inicio de floración y 50% de floración ( $r = 0.99$ ). estas variables en su orden, están altamente correlacionadas con la aparición de botón floral ( $r = 0.95$ ,  $r = 0.85$ ); fin de floración ( $r = 0.98$ ;  $r = 0.99$ ); grano lechoso ( $r = 0.92$ ;  $r = 0.97$ ); grano pastoso ( $r = 0.89$ ;  $r = 0.92$ ) y madurez fisiológica ( $r = 0.94$ ;  $r = 0.99$ ), lo que permite deducir que la estabilidad y equilibrio del ciclo fenológico en una accesión ya sea este precoz o tardío, influirá en el comportamiento y desarrollo de sus diferentes órganos

Se identificaron tres componentes principales, donde el primer contribuyó con más del 30% de la varianza total explicada, las variables que más contribuyeron en forma positiva fueron las fases fenológicas de la planta. El segundo componente principal contribuyó con más del 18% de la varianza total explicada, donde aportaron en forma positiva las variables morfológicas. El tercer componente principal, contribuyó con más 12.11% de la varianza total explicada, donde el diámetro de grano, espesor de grano y peso de cien granos, fueron las características que más contribuyeron en forma positiva.

En el análisis de frecuencias se describen los estados de 15 variables cualitativas, tomando en cuenta las frecuencias evaluadas, tanto nominales como porcentuales conforme a sus características comunes y estados en las 188 accesiones de quinua.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie nativa de la región andina que sirve de alimento desde épocas prehispánicas debido a su elevado valor nutritivo en cuanto a proteínas, vitaminas y minerales (PROINPA, 2003).

Los bancos genéticos actualmente suscitan mucho interés en los investigadores tanto en el ámbito nacional como mundial, quienes se dedican a la utilización de estos recursos naturales para fines de Fito mejoramiento, de acuerdo a la necesidad de cada zona productora de cultivo.

La conservación de los recursos genéticos del cultivo de quinua es importante para el futuro de la población boliviana ya que promoverá la soberanía alimentaria. En este sentido, actividades de manejo implícitas en la conservación como el refrescamiento, la caracterización y difusión debe realizarse rutinariamente.

La preservación y el estudio del germoplasma vegetal, es una tarea importante que involucra a todas las instituciones, que a través de los programas regionales realizan la recolección, caracterización, conservación y revalorización de los recursos genéticos.

La caracterización, conservación y uso de los recursos fitogenéticos es de importancia estratégica para nuestro país. La razón es que éstos desde hace muchos años han estado sometidos a una activa interacción con el ambiente, generando un gran número de genotipos, ampliando con ello la diversidad genética. Sin embargo, dicha diversidad genética está reduciéndose por las exigencias del mercado, el desplazamiento de los cultivares, abuso de insumos y pesticidas químicos, destrucción de ecosistemas, los cuales están ocasionando erosión genética y pérdida de variabilidad (Jaramillo y Baena 2000).

### **1.1 JUSTIFICACIÓN**

El objetivo más importante del germoplasma es la recolección, conservación, caracterización, evaluación, documentación e intercambio de material genético.

Como es de conocimiento, en el material de germoplasma se cuenta con una enorme

variabilidad genética, materia prima para los programas de mejoramiento genético, en el cual aplicando metodologías de selección adecuada para el carácter deseable, pueden obtenerse variedades superiores.

La quinua es una especie de gran utilidad y aceptación en el mercado internacional, es por ello imprescindible realizar colecciones más minuciosas del material genético, puesto que en la región andina se han dado políticas de promoción del cultivo, razón por la cual se cultivan áreas considerables de quinua con variedades mejoradas.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **i. OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Caracterizar agronómicamente las accesiones de germoplasma de quinua del banco de granos altoandinos en la estación experimental de Patacamaya.

### **ii. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Evaluar la variación fenotípica de las accesiones de quinua en estudio.
- ✓ Identificar la variación morfológica de las accesiones de quinua.
- ✓ Describir el comportamiento agronómico de las accesiones de quinua en la zona de estudio.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Características de la quinua

#### 2.1.1 Origen e importancia

PROINPA (2003), indica que el cultivo de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se remonta a épocas prehispánicas 500 años a.C., donde las culturas existentes cultivaban la quinua en las laderas de las serranías aledañas a los salares de Uyuni y Coipasa. Fue el principal alimento de culturas bolivianas y actualmente es el alimento de mucho valor para el mundo entero, por su valioso aporte en proteínas, vitaminas, minerales y el balance existente entre estos.

Mujica *et al.* (2004), mencionan que la zona andina comprende uno de los ocho mayores centros de domesticación de plantas cultivadas del mundo, dando origen a uno de los sistemas agrícolas más sostenibles y con mayor diversidad genética del mundo. Menciona también que la quinua fue cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas y reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles, a pesar de constituir un alimento básico de la población desde entonces.

Infoagro (2002), menciona que la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un grano nativo de los Andes, por ende las condiciones agrícolas y del cultivo son las óptimas en las regiones del altiplano y los valles altos de país. Es un cultivo con altos rendimientos en lugares áridos y semiáridos. Por otra parte, los precios pagados en mercados europeos y estadounidenses por tonelada métrica de quinua orgánica son elevados, hasta cinco veces más que el precio internacional de la soya.

Infoagro (2002), también indica que este grano es el único alimento vegetal que provee de todos los aminoácidos esenciales para la vida del ser humano y en valores cercanos a los establecidos por la FAO, lo cual hace que la proteína de la quinua sea excelente calidad; sus características nutritivas hacen que se equipare a la leche. Aunque el ser humano no puede sobrevivir con un solo alimento, afirma que si tuviera que depender de un solo alimento para sobrevivir, la mejor opción sería sin lugar a dudas la quinua.



## 2.1.2 Composición nutritiva del grano de quinua frente a otros cereales

Cuadro 1. Composición nutritiva de la quinua

<b>Componentes</b>	<b>Quinua</b>	<b>Trigo</b>	<b>Avena</b>
Calorías	336,0	330,0	405,0
Agua	10,8	16,5	9,3
Proteínas	12,1	9,2	10,6
Grasas	6,1	1,5	10,2
Carbohidratos	68,3	71,6	68,5
Fibra	6,8	3,0	2,7
Cenizas	2,7	1,1	1,5
Calcio	107,0	36,0	100,0
Fósforo	302,0	224,0	321,0
Hierro	5,2	4,6	2,5
Tiamina	1,5	0,2	0,0
Riboflavina	0,3	0,8	0,0
Niacina	1,2	2,8	0,0
Ac. Ascórbico	1,1	0,0	0,0

Fuente: PROCISUR-ICCA (1997).

Según PROINPA (2002), el grano de quinua contiene proteínas de alto valor nutricional, que incluso pueden reemplazar a las proteínas de la carne. La quinua es importante no solo por su valor nutritivo, sino porque es un cultivo rústico, que se adapta y tiene buenos rendimientos por encima de los 1000 kg/ha en condiciones muy adversas, por ejemplo cerca del Salar de Uyuni, en áreas desérticas (con menos de 150 mm de precipitación al año), salitrosas y por encima de los 3800 msnm , donde existen frecuentes heladas.

## 2.1.3 Taxonomía y morfología

Según Mujica *et al.* (2004) y actualizada según The Angiosperm Phylogeny Group (2003), la clasificación taxonómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es la siguiente:

Cuadro 2. Taxonomía de la quinua.

Reino	:	Vegetal
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Sub Clase	:	Angiospermas
Orden	:	Caryophyllales
Familia	:	Amaranthaceae
Sub-familia	:	Chenopodioideae
Género	:	Chenopodium
Especie	:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willdenow

Tapia (1997), describe a la planta de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) como una planta anual de tamaño muy variable, puede medir desde 1 hasta 3,5 m de altura, según los ecotipos, las razas y el medio ecológico donde se cultiven. Morfológicamente se describe a la quinua de la siguiente manera:

**a) Raíz:** Es fasciculada, llegando a tener una profundidad de 0,50 a 2,80 m según el ecotipo, la profundidad del suelo y la altura de la planta. En algunos ecotipos en Colombia se ha observado que, en caso de fuertes vientos, la raíz no soporta el peso de la planta y esta puede volcarse.

**b) Tallo:** Es de sección circular cerca de la raíz, transformándose en angular a la altura donde nacen las ramas y hojas. La corteza del tallo esta endurecida, mientras la médula es suave cuando las plantas son tiernas y seca con textura esponjosa cuando maduran.

**c) Hojas:** Son de carácter polimorfo en una sola planta: las hojas basales son romboides, mientras las hojas superiores, generalmente alrededor de la inflorescencia, son lanceoladas. La lámina de las hojas tiernas está cubierta de una pubescencia granulosa vesciculosa en el envés y algunas veces en el haz. Esta cobertura varía del blanco al color rojo-púrpura, aunque también existen variedades sin pubescencia.

**d) Inflorescencia:** Se denomina panícula, por tener un eje principal más

desarrollado, del cual se originan ejes secundarios. Según el tipo de la panoja se agrupa a todas las quinuas en amarantiforme, glomerulada e intermedia. La inflorescencia glomerulada se considera la forma primitiva y conjuntamente con la amarantiforme pueden ser laxas o compactas; este carácter está muy relacionado al rendimiento del cultivo.

**e) Flores:** En una misma inflorescencia se pueden presentar flores hermafroditas, generalmente terminales y femeninas o pistiladas. La proporción de flores pistiladas varía según los ecotipos. Se estudió 40 introducciones procedentes de Ecuador, Perú y Bolivia, observando más de 240 flores en 102 plantas por introducción. El autor concluye que la quinua puede presentar una gran variación sexual y cuando se presentan flores hermafroditas con poco grano de polen, su tendencia es a la esterilidad masculina; por lo que pueden haber individuos totalmente alógamos.

**f) Fruto:** El fruto de la quinua es un aquenio, tiene forma cilíndrico – lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1,5 a 4 mm , la cual se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos se puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección, el contenido de humedad del fruto a la cosecha es de 14,5%.

**g) Semilla:** Constituye el fruto maduro sin el perigonio, es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presenta tres partes bien definidas que son: epispermo, embrión y perisperma. El epispermo está constituido por cuatro capas, la saponina que le da el sabor amargo al grano se ubica en la primera membrana.

#### **2.1.4. Fenología del cultivo**

##### **2.1.4.1. Fases fenológicas**

Espíndola (1994), citado por Rodríguez (2005), trabajando con quinua eminentemente altiplánicas, señala que en la planta se pueden distinguir

notoriamente nueve etapas morfo-anatómicas distinguibles, las mismas que se describen con las siguientes características:

**0. Etapa de emergencia:** Caracterizada por la emergencia del embrión a la superficie del suelo, pudiendo variar la misma de acuerdo al tiempo de almacenamiento y variedad de la semilla, es así que el tiempo requerido después de la germinación hasta la emergencia de los dos cotiledones varía de 3 a 5 días.

**1. Etapa cotiledonar:** Es la etapa 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 pequeñísimo 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. Etapa de dos hojas basales:** Es la etapa comprendida, entre los días 11 y 13 después de la siembra. Los prófilos ya visibles van a constituirse en las hojas basales y alrededor de su centro se forma un abultamiento de los apéndices, el futuro vástago que empieza a diferenciarse. Al pasar los días se forma un arrellamiento en el ápice de las futuras hojas alternas. Esta etapa finaliza con la completa expansión de dos primeras hojas basales y la iniciación de las primeras hojas alternas.

**3. Etapa de 5 hojas alternas (diferenciación panicular):** Durante el transcurso de esta etapa el tejido meristemático apical cambia de la etapa vegetativa a la reproductiva, es decir, del proceso de formación solamente de primordios foliares (crecimiento) al proceso de formación alternativa de primordios foliares y florales (crecimiento + desarrollo). Externamente, esta etapa se caracteriza por la completa expansión de 5 primeras hojas alternas: el resto de las hojas en crecimiento se encuentran arrelladas alrededor del ápice.

**4. Etapa de 13 hojas alternas (pre-despunte panicular):** Esta etapa implica un notable crecimiento enramado de la planta junto a las dos siguientes etapas, como consecuencia del rápido alargamiento de los entrenudos, en especial de los del tercio inferior. El aspecto externo que caracteriza a esta etapa es la fácil visualización de 13

hojas alternas completamente expandidas. Sin embargo, lo que más caracteriza a esta etapa se encuentra en la parte apical de la planta: en medio del arrellamiento de hojuelas, se visualiza un pequeño abultamiento de suave consistencia, que vendrá a ser la futura flórmula compuesta de compuesta de una infinidad de prófilos y órganos reproductivos en formación y emergencia.

**5. Etapa de despunte de panoja:** Se caracteriza por el despunte de la flórmula hasta la prefloración, en esta etapa aún no hay apertura de ninguna flor. El despunte de la flórmula (inflorescencia) constituida por un gran número de panículas, tiene el aspecto visible en una bellota con la cúspide hacia arriba. Posteriormente, con el proceso de la elongación, adquiere la forma de un cono con la cúspide roma. Si la planta es de hábito ramificado, la aparición de las ramas laterales aun no es notable puesto que aún persiste la dominancia de las hojas del tallo principal. En el sistema radical se produce una expansión de raicillas y pelos absorbentes.

**6. Etapa de floración:** Es la etapa de mayor crecimiento en longitud, también es la etapa de 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 floración. El tiempo de floración varía en función a las condiciones ambientales y en general dura de 15 a 20 días, desde la primera flor aparecida hasta la última flor de las panojas basales.

**7. Etapa de grano lechoso:** Es la etapa 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 incipientemente lechoso, que paulatinamente se vuelve lechoso. Esto marca el principio de un periodo de rápida acumulación de fotosintatos en las células perispérmicas, acumulación que no es sino consecuencias del paulatino incremento de la actividad fotosintética de las hojas y tallos verdes. A estas alturas, el crecimiento en longitud se debe ante todo 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 prácticamente.

**8. Etapa de masa de grano:** Es la etapa en la 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, en tanto el contenido de agua se va reduciendo. Por lo que en esta etapa no interesa el crecimiento en longitud ni el aumento de follaje, sino lo que ocurre en la panoja.

**9. Etapa de grano pastoso duro:** Es el estado de madurez fisiológica de la planta y 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, como consecuencia de que las estructuras almidonosas del perisperma se han solidificado, relegando el contenido de agua en un rango de 15 a 20%. Morfológicamente las plantas en su generalidad muestran hojas verde-amarillentas que van defoliándose en forma gradual.

## **2.2. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS**

### **2.2.1. Suelo**

Mujica *et al.* (2004), menciona que la quinua prefiere suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes, ya que la planta es exigente en nitrógeno y calcio, moderadamente en fósforo y poco de potasio. También se adapta a suelos franco arenosos, arenosos o franco arcillosos, siempre que se le provea de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua, puesto que es muy susceptible al exceso de humedad sobre todo en los primeros estados.

### **2.2.2 pH**

Según Mujica *et al.* (2004), la quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo, se ha observado que da producciones buenas en suelos alcalinos de hasta 9 de pH en los salares de Bolivia y de Perú, como también en condiciones de suelos ácidos encontrando extremos de acidez donde prospera la quinua equivalente a 4,5 de pH en la zona Michiquillay en Cajamarca, Perú.

Estudios efectuados al respecto indican que pH de suelo alrededor de la neutralidad son ideales para la quinua; sin embargo es conveniente recalcar que existen genotipos adecuados para condiciones extremas de salinidad o alcalinidad, por lo que se recomienda utilizar el genotipo más adecuado para cada condición de pH.

### **2.2.3 Clima**

Mujica *et al.* (2004), con respecto a clima la quinua por ser una planta que presenta mucha plasticidad y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa en la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas.

### **2.2.4 Agua**

Mujica *et al.* (2004), también afirma que la quinua es un organismo eficiente en el uso de agua, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar a los déficit de humedad, sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo; en general, la quinua prospera con 250 a 500 mm anuales en promedio, en caso de utilizar riegos estos deben ser suministrados en forma periódica y ligeros; sin embargo a la quinua también se la encuentra creciendo y dando producciones aceptables con precipitaciones mínimas de 200-250 mm anuales, como es el caso del altiplano sur boliviano.

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

### **2.2.5 Temperatura**

Con relación a la quinua, según Mujica *et al.* (2004), la temperatura media adecuada esta alrededor de 15-20 °C, sin embargo se ha observado que con temperaturas medias de 10 °C se desarrolla perfectamente, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25 °C, prosperando adecuadamente. Al respecto se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, soportando hasta -8 °C.

### **2.3. BIODIVERSIDAD Y VARIABILIDAD GENÉTICA**

En el campo de la biología la biodiversidad se refiere al número de poblaciones de organismos y especies distintas, para los ecólogos el concepto incluye la diversidad de interacciones durables entre las especies y su ambiente inmediato o biotopo, el ecosistema en que los organismos viven. En cada ecosistema, los organismos vivientes son parte de un todo actuando recíprocamente entre sí, pero también con el aire, el agua, y el suelo que los rodean.

Se distinguen habitualmente tres niveles en la biodiversidad

- Genética o diversidad intraespecífica, consistente en la diversidad de versiones de los genes (alelos) y de su distribución, que a su vez es la base de las variaciones interindividuales (la variedad de los genotipos).
- Específica, entendida como diversidad sistemática, consistente en la pluralidad de los sistemas genéticos o genomas que distinguen a las especies.
- Ecosistémica, la diversidad de las comunidades biológicas (biocenosis) cuya suma integrada constituye la biosfera.

La diversidad y la variabilidad son términos alternativos para presentar la variación genética se utilice para indicar la sumatoria de información genética potencial (conocida y desconocida), y variabilidad genética para indicar la porción de diversidad genética capturada y disponible.



### **2.3.1 Recursos genéticos**

El Convenio sobre la Diversidad Biológica ha definido a los recursos genéticos como a todo aquel material de origen vegetal, animal o microbiano que contiene unidades funcionales de la herencia o genes y que presente valor real o potencial.

Los recursos genéticos de las plantas cultivadas y de los animales domésticos constituyen la base biológica de la seguridad alimentaria mundial. Corresponden al concepto de agrobiodiversidad. Estos recursos son la materia prima más importante de los mejoradores de plantas y animales y la aportación más imprescindibles para los agricultores. Por consiguiente, son fundamentales para una producción agrícola sostenible. La conservación, utilización sostenible y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su uso, son objeto de preocupación nacional e internacional.

Los recursos genéticos vegetales, recursos filogenéticos o reservorios de genes son términos sinónimos, con el significado de colecciones o poblaciones de materiales reproductivos que se mantienen y utilizan como fuentes de variación genética en el mejoramiento presente y futuro de los cultivos.

### **2.3.2 Erosión genética**

La erosión genética es la pérdida gradual de diversidad genética. Entre las causas que provocan esta erosión y se mencionan la aparición de nuevas tecnologías, la sustitución de variedades locales por variedades importadas, la colonización de nuevas tierras, los cambios en las técnicas de cultivo, etc.

### **2.3.3 Germoplasma**

Mujica, A., *et al.* (2004), desde el punto de vista etimológico “germoplasma” deriva del latín “germen” que significa “principio rudimental de un nuevo ser orgánico” y del griego “plasma”, que significa “formación”, por lo tanto; germoplasma se define como a la formación del principio rudimental de un nuevo ser orgánico.

El germoplasma es el conjunto de genes que se transmite por la reproducción a la

descendencia por medio de gametos o células reproductoras. El concepto de germoplasma se utiliza comúnmente para designar a la diversidad genética de las especies vegetales silvestres y cultivadas de interés para la agricultura y, en ese caso, se asimila al concepto de recurso genético.

#### **2.3.4 Bancos de germoplasma.**

Mujica, A. *et al.* (2004), conceptualiza como banco de germoplasma a un área determinado de terreno o ambientes construidos, acondicionados para el almacenamiento de plántulas *in vitro*, plantas, jardines de colectas, plantas desarrolladas y semillas, el cual debe estar atendido por personal especializado.

En el área de los recursos genéticos, un banco de germoplasma o banco de semillas es un lugar destinado a la conservación de la diversidad genética de uno o varios cultivos y sus especies silvestres relacionadas. En muchos casos, no se conservan semillas sino otros propágulos, tales como tubérculos o raíces debido a que el cultivo en cuestión se multiplica sólo asexualmente. La conservación de las semillas se realiza a bajas temperaturas, de modo de mantener por muchos años una adecuada viabilidad de las mismas. Físicamente, los bancos de germoplasma consisten en grandes depósitos de sobres de semillas conservados a bajas temperaturas.

#### **2.4. CONSERVACIÓN EX SITU – IN SITU**

La conservación *ex situ* consiste en el mantenimiento de algunos componentes de la biodiversidad fuera de sus hábitats naturales.

Este tipo de conservación incluye tanto el almacenamiento de los recursos genéticos en bancos de germoplasma, como el establecimiento de colecciones de campo y el manejo de especies en cautiverio. El objetivo primordial de la conservación *ex situ* es mantener la supervivencia de las especies en su medio natural, por lo que debe ser considerada como un complemento para la conservación de especies y recursos genéticos *in situ*, sobre todo cuando tratamos con especies críticamente amenazadas.

Existen dos tipos de conservación *ex situ*:

- Bancos de germoplasma en donde se conservan las especies para la alimentación y la agricultura.
- Centros con especies que se dividen en centros de fauna (zoológicos, centros de rescate, museos) y centros de flora (jardines botánicos, viveros).

## **2.5 Caracterización y evaluación**

La Real Academia define caracterizar como "determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás". Puede referirse a personajes, tipografías, páginas web, empresas, productos.

Rojas, W. (2003), establece que consiste en describir los atributos y/o características de las accesiones de las colecciones de germoplasma, para diferenciar, determinar su utilidad e identificar genes de importancia agronómica e industrial.

Jaramillo, S. (2000), menciona que son actividades complementarias que sostienen en describir los atributos cualitativos y cuantitativos de las accesiones de una misma especie para diferenciarlas, determinar su utilidad, estructura, variabilidad genética y relaciones entre ellas, también localiza genes que estimulen su uso en la producción o en el mejoramiento de cultivos.

### **2.5.1 Accesoión**

Soto, J. (2001), menciona que accesoión es el término utilizado para calificar toda muestra de germoplasma que presenta la variación genética de una población o de un individuo. Debe preferirse utilizar el término accesoión, aunque también se ha referido como entrada, por representar un elemento de recolección y colecta, por tratarse muestras obtenidas a través de procedimientos de colección.

Señala que la accesoión de un banco genético es una muestra vegetal que se ha recibido para su procesamiento y eventual almacenamiento y evaluación.

Para ser utilizado por los mejoradores las accesiones primero deben examinarse por sus reacciones y diversos organismos patógenos y a otros estreses ambientales.

Las accesiones de los bancos genéticos son generalmente razas nativas o variedades tradicionales seleccionadas por los agricultores.

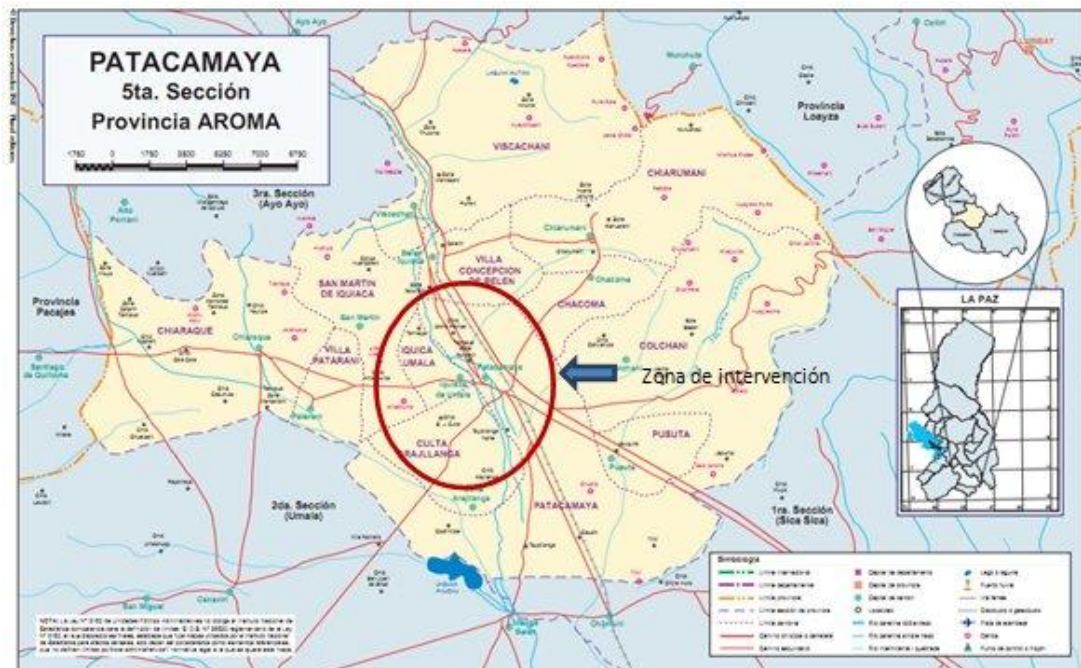
### **2.5.2 Descriptor**

PROINPA. (2003), menciona que en el trabajo de recursos filogenéticos se usa la palabra “descriptor” para definir una característica o un atributo que se observa en las accesiones de una colección de germoplasma. Los estados de un descriptor son los valores que pueden tener un descriptor en un caso específico. La guía de descriptores para especie es el conjunto de características que pueden ser registradas en la que se incluye: datos de pasaporte, datos de caracterización, de evaluación preliminar y de evaluación posterior.

### 3. LOCALIZACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La presente investigación se llevó a cabo en Centro Experimental de Patacamaya perteneciente a la Facultad de Agronomía UMSA. Patacamaya es la Quinta Sección de la Provincia Aroma del departamento de La Paz, se sitúa a una distancia de 101 kilómetros de la sede de gobierno, por la carretera interdepartamental La Paz – Oruro al sudeste de la capital del Departamento de La Paz, a una altitud promedio de 3.789 msnm (PDM Patacamaya, 2007-2011).



Fuente

: PDM Patacamaya.

**Gráfico 1.** Ubicación del área de investigación en la provincia Aroma.

#### 3.2. CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS.

##### 3.2.1. Clima

La región se caracteriza por presentar dos tipos de épocas, la época seca que comprende los meses abril a septiembre, y la época húmeda que comprende los meses octubre a marzo. El cambio regular entre la época seca (invierno) y la época de lluvias (verano) tiene como principal factor el fuerte calentamiento terrestre. (PDM

Patacamaya, 2007-2011).

### 3.2.2. Temperatura

Según los datos de la estación meteorológica de Patacamaya, el Municipio presenta una temperatura máxima de 21,2 °C y una mínima de – 5,2 °C, con una temperatura promedio de 9,7 °C.

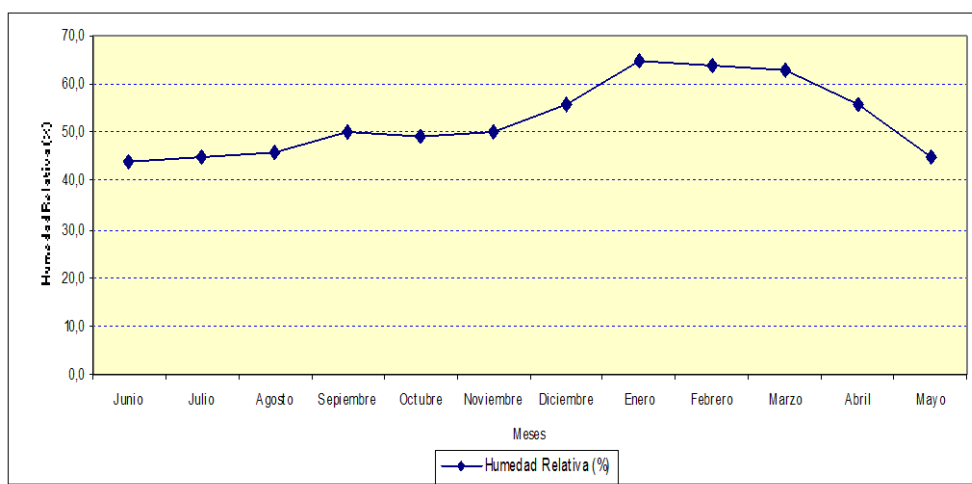
Las temperaturas mínimas se presentan entre Mayo a Septiembre, en este periodo la temperatura crítica se presenta en los meses de Junio y Julio que es aprovechado para la elaboración de productos deshidratados (chuño, caya y tunta). (PDM Patacamaya, 2007-2011).

### 3.2.3. Precipitaciones pluviales, periodos

Las precipitaciones se presentan desde Septiembre a Marzo, con mayor intensidad en enero alcanzando los 102,2 mm promedio. Las de menor intensidad se encuentran en los meses de mayo a agosto. (PDM Patacamaya, 2007-2011).

### 3.2.4. Humedad Relativa

La humedad relativa promedio de dos gestiones anteriores indica una mayor al 60 % de humedad los meses Enero, Febrero y Marzo. (PDM Patacamaya, 2007-2011).



Fuente: SENAMHI, 2005. (Estación Meteorológica Patacamaya).

**Gráfico 2. COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD RELATIVA**

### **3.2.5. Riesgos climáticos**

Las características estacionales de clima en la región, se manifiestan principalmente en la variación del régimen de las precipitaciones por su irregular distribución a lo largo del año.

El comportamiento de los vientos es variable; debido a la ubicación de las serranías; en la zona alta los vientos son más fuertes en comparación a las Zonas Bajas o planicies.

La ocurrencia de las heladas son cada vez más frecuentes y más fuertes en toda la región, incrementándose el número de días con este fenómeno, muchas veces ocasionando grandiosas pérdidas en los diferentes cultivos del altiplano, llegando a alcanzar 300 días de heladas al año (ZONISIG 1998). Son pocas las estaciones que registran meses libres de heladas, en esta región.

La ocurrencia de heladas en el Altiplano sobrepasa los 200 días por año; en el extremo sudoeste de la Cordillera Occidental llega muy frecuente a más de 300 días al año. Es importante destacar que los meses libres de heladas coinciden con los meses de mayor precipitación.

Cabe destacar que en general, son muy pocas las estaciones meteorológicas que registran los períodos de heladas (PDM Patacamaya, 2007-2011).

La ocurrencia de heladas coincide con el inicio de la época de crecimiento de las plantas, por lo que genera reducción en los rendimientos de los cultivos del lugar.

Las sequías son fenómenos que generalmente son el resultado de desbalances extremos entre la evaporación y la precipitación temporal. Son más frecuentes en el altiplano, acelerando los procesos de desertificación. La falta de lluvias en el periodo de crecimiento de las plantas es de más peligro, se corre el riesgo de perder la producción.

La granizada, es uno de los fenómenos naturales climáticos que causa serios daños en la agricultura, debido al impacto físico que presenta este tipo de precipitación con

los cultivos. Este fenómeno se presenta en los meses de octubre y marzo, siendo el inicio y final de la época de lluvias

### **3.2.6. Suelos**

Los suelos del municipio Patacamaya tienen la particularidad de ser heterogéneos debido a su origen fluviolacustre. El contenido de materia orgánica es bajo y de acuerdo a la clasificación ecológica presenta las siguientes características:

La puna húmeda, ubicada al Norte del municipio Patacamaya, comprende los cantones: Viscachani, Villa Concepción Belén, Chiarumani y parte de San Martín, caracterizado por el mayor contenido de humedad y cobertura vegetal, la humedad se debe a la existencia de vertientes y quebradas.

La puna seca, comprende los cantones: Patacamaya, Chacoma, Colchani, Patarani, Chiaraque, Arajllanga y Taypillanga; que se diferencia por presentar poca cobertura vegetal y baja humedad de sus suelos, dentro de este sector se encuentra también el centro urbano Patacamaya.



## 4. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 Material.

#### 4.1.1 Material vegetal.

Para la presente investigación se utilizó 310 accesiones de quinua, procedentes del banco nacional de granos Alto andinos.

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>Nº DE ACCESIONES</b>
LA PAZ	195
ORURO	115
<b>TOTAL</b>	<b>310</b>

#### 4.1.2 Material de campo

Los materiales utilizados para el presente trabajo fueron:

- ✓ 1 Pala
- ✓ 1 Cinta métrica
- ✓ 1 Libreta de campo
- ✓ 1 Flexo metro
- ✓ 4 Lápices
- ✓ 1 Tijera podadora.
- ✓ 1 Cámara fotográfica.
- ✓ Estacas
- ✓ 1 Calibrador manual (vernier).
- ✓ Bolsas de papel
- ✓ Bolsas nylon 15 x 20 cm.
- ✓ 1 Cuadernillo de apuntes.
- ✓ Yutes.

- ✓ Hoz.
- ✓ Picotas.

#### **4.1.3 Material de Laboratorio**

Fueron los Siguietes:

- ✓ 1 Balanza electrónica de 0 a 2500 g.
- ✓ Cajas petri
- ✓ Vernier
- ✓ Espátula
- ✓ Agua destilada
- ✓ Papel secante
- ✓ Picetas.
- ✓ Pinzas.
- ✓ Cuaderno de datos

#### **4.1.4 Material de Gabinete**

Los materiales son los siguientes:

- ✓ 1 Cuaderno de datos
- ✓ 1 Computadora.
- ✓ Paquetes de hojas tamaño carta
- ✓ Cds.

### **4.2 METODOLOGÍA.**

#### **4.2.1 Procedimiento de campo**

##### **a) Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizó con labores de roturado, rastreado y nivelado del terreno, esta actividad se realizó con la ayuda de un tractor y los aperos agrícolas necesarios.

## b) Preparación de semilla

La preparación del material genético (310 accesiones) consistió en la selección de accesiones que tenga un porcentaje de germinación del 40% ya que el Banco de germoplasma cuenta con más de 3000 accesiones por tal motivo se priorizo las que tenían un porcentaje bajo en germinación.

Primeramente se pesaron 12 g. de quinua por accesión, equivalente a una densidad de siembra de 8 kg/ha.

## c) Siembra.

La técnica utilizada fue de forma semimecanizada surcos/accesión, siembra que consistió en la apertura de surcos y posterior distribución manual de la semilla a chorro continuo, inmediatamente se cubrió la semilla con una capa delgada de tierra, a una profundidad de 1 a 2 cm.



## d) Labores culturales.

- **Riego**, se aplicó riego una semana después de la siembra esto para obtener un mayor porcentaje de germinación en campo. Esta actividad se realizó con baldes accesión por accesión.
- **Deshierbe**, se realizó debido a la presencia de hierbas que impedían el desarrollo normal de las plantas en estudio.
- **Purificación**, consiste en la eliminación de plantas atípicas; es decir plantas de quinuas que no presentan las mismas características fenotípicas. La

purificación se realiza cuando las plantas alcanzan la fase de prefloración.

### **e) Resiembra**

La resiembra se efectuó en aquellas accesiones que no tuvieron un buen porcentaje de germinación en campo o no emergieron.

### **f) Caracterización y evaluación**

Estas actividades se realizaron por separado, la evaluación fue efectuada en variables fenológicas, sobre el total de la población, registrando los días transcurridos desde la siembra hasta que las accesiones alcanzaron las diferentes fases fenológicas. La caracterización se realizó en variables morfológicas sobre cinco plantas seleccionadas al azar de cada accesión, midiendo variables como altura de planta, longitud de panoja, color de panoja, número de ramas, etc.



### **g) Cosecha**

Dicha actividad se realizó conforme cada accesión alcanzó la madurez fisiológica, consistió en el segado, secado, trillado y venteado en forma consecutiva.

- El segado se realizó en forma manual cortando las plantas desde la base del cuello con ayuda de tijeras de podar y realizando la caracterización correspondiente.

- La trilla fue individual por accesión, mediante el pisado y pulido en forma manual logrando desprender el perigonio del fruto.
- El venteado se hizo de forma manual, con tamices o zarandas para eliminar las impurezas obteniendo grano limpio.

### **4.3 VARIABLES DE RESPUESTA**

Se realizó la descripción de 40 variables con su respectiva codificación. Las variables de respuesta que fueron evaluadas en el desarrollo de las diferentes fases fenológicas, se hizo en base al descriptor para quinua del Instituto Internacional de Recursos Fito genéticos para plantas (IPGRI) propuesto por la Fundación PROINPA, y también se hizo según al cuadro de colores para vegetales basado en la tabla de Munsell.

#### **4.3.1 Caracterización y evaluación preliminar**

Estos datos se observó en un mínimo de 5 plantas tomadas al azar. Para las medidas cuantitativas la cifra anotada fue la media de las plantas observadas y en las cualitativas fue en función al 50% de las plantas de la población. La distribución de las variables fue de 23 variables cuantitativas y 31 variables cualitativas.

##### **4.3.1.1 Hábito de crecimiento**

- 1 Simple
- 2 Ramificado con ramas cortas
- 3 Ramificado con ramas largas
- 4 Ramificado con panoja principal no definida

##### **4.3.1.2 Diámetro del tallo principal**

Se midió en milímetros en el tallo principal de 10 plantas y se hizo en la parte media del tercio inferior de la planta, en la madurez fisiológica.

##### **4.3.1.3 Presencia de axilas pigmentadas**

Se observó en la intersección entre el tallo principal y las ramas primarias, en la floración de la planta.

- 1 Ausentes
- 2 Presentes

#### **4.3.1.4 Altura de la planta**

Se hizo la medida en centímetros desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja, en la madurez fisiológica. Promedio de 10 plantas

#### **4.3.2 Hoja**

Se hizo la codificación en hojas del tercio medio de la planta en la floración

##### **4.3.2.1 Forma de lámina**

- 1 Triangular
- 2 Romboidal

##### **4.3.2.2 Perfil de lámina**

- 1 Triangular
- 2 Ondulada

##### **4.3.2.3 Borde de lámina**

- 1 Entero (dientes ausentes)
- 2 Dentado (dientes presentes)

##### **4.3.2.4 Presencia de gránulos en la lámina**

- 1 Ausentes
- 2 Presentes

##### **4.3.2.5 Color de gránulos en las hojas**

- 1 Blanco
- 2 Blanco – Rojo (mixtura)
- 3 Rojo

#### **4.3.3 Panoja**

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

- 1 Verde
- 2 Púrpura
- 3 Mixtura
- 4 Roja

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

- |              |                  |
|--------------|------------------|
| 1 Blanca     | 7 Marrón         |
| 2 Púrpura    | 8 Gris           |
| 3 Rojo       | 9 Negro          |
| 4 Rosado     | 10 Rojo y blanco |
| 5 Amarillo   | 11 Rojo y rosada |
| 6 Anaranjado | 12 Rojo          |

#### **4.3.3.3 Forma de panoja**

La panoja es amarantiforme cuando sus glomérulos están insertados directamente en el eje secundario y presentan una forma alargada; glomerulada cuando dichos glomérulos están insertos en los llamados ejes glomerulares y presentan una forma globosa y; la forma intermedia expresa ambas características.

- 1 Glomerulada
- 2 Amarantiforme

#### **4.3.3.4 Longitud de panoja**

A la madurez fisiológica, se midió en centímetros desde la base hasta el ápice de la panoja principal. Media del al menos 10 plantas.

#### **4.3.3.5 Diámetro de panoja**

A la madurez fisiológica, se hizo la medida en centímetros el diámetro máximo de la panoja principal. Media del al menos 10 plantas.

### **4.3.4 Características del grano**

#### **4.3.4.1 Diámetro del grano**

Se hizo la medida en milímetros (promedio de 20 granos)

#### **4.3.4.2 Espesor del grano**

Se hizo la medida en milímetros (promedio de 20 granos)

#### **4.3.4.3 Peso de 100 granos**

Cuyo registro del peso fue en gramos (g)

#### **4.3.4.4 Rendimiento de semilla por planta**

Se hizo la medida en gramos en al menos 10 plantas promedio.

#### **4.3.4.5 Color del pericarpio**

Codificado en base a la tabla de colores para vegetales de Munsell.

#### **4.3.4.6 Color de epispermo**

Codificado en base a la tabla de colores para vegetales de Munsell.

#### **4.3.5 Evaluación Agronómica**

Cuyo registro fue en toda la parcela.

##### **4.3.5.1 Días a la emergencia**

Número de días desde la siembra hasta 50 % de emergencia de plántulas.

##### **4.3.5.2 Días al botón floral**

Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50 % de las plantas hayan formado el botón floral.

##### **4.3.5.3 Días al inicio de floración**

Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan iniciado la floración.

##### **4.3.5.4 Días al 50% de floración**



Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas hayan alcanzado el 50% de la floración

#### **4.3.5.5 Días al fin floración**

Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten flores abiertas

#### **4.3.5.6 Días al grano lechoso**

Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten este carácter

#### **4.3.5.7 Días al grano pastoso**

Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten este carácter

#### **4.3.5.8 Días a la madurez fisiológica**

Número de días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten este carácter

#### **4.3.5.9 Índice de cosecha**

$$IC = PG/PB+PG$$

$$IC =PG/PT$$

Dónde:

PG: Peso del grano

PB: Peso de Broza

PT: Peso total

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1. CARACTERIZACIÓN GENERAL

De las 310 accesiones que se sembró en el trabajo de estudio, solamente se muestra los resultados de los que tuvieron datos cuantitativos y cualitativos completos que son de las 188 accesiones que representan el 60,64 % del total de trabajo y de las accesiones, ya que las demás accesiones no tuvieron una buena representación de número de plantas por accesión, es decir que tenían menor a 5 plantas de quinua ya sea por la mala viabilidad u otros factores.

Por todo ello las 188 accesiones de quinua que se hizo correr en el análisis será el 100% para la interpretación de los resultados y discusiones.

### 5.2. ANÁLISIS DE CARACTERES CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS

#### 5.2.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE VARIABLES CUANTITATIVAS

En este análisis se describen las medidas de tendencia central y de dispersión para cada variable cuantitativa, los resultados de estos parámetros, permitieron estimar el comportamiento de la variabilidad existente en los diferentes caracteres.

El cuadro 3, presenta los resultados obtenidos de las variables cuantitativas evaluadas en la investigación, donde se observa en cada característica una amplia variabilidad genética, deduciendo que cada carácter es la expresión poli génica y estos genes difieren de un carácter a otro.

Cuadro 3. Estadística descriptiva de las variables cuantitativas evaluadas de 188 accesiones de quinua.

<b>VARIABLES</b>	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>DESV. EST.</b>
Días a la emergencia	8	19	12,31	4,02
Días al botón floral	75	114	89,02	11,13
Días al inicio de floración	91	128	109,13	12,01
Días al 50% de floración	114	139	125,91	7,98
Días al fin de floración	128	150	137,13	6,56
Días al grano lechoso	139	171	149,19	8,95

Días al grano pastoso	150	183	165,85	10,58
Días a la madurez fisiológica	171	192	180,64	6,56
Diámetro de tallo	4,66	20,56	11,92	3,23
Nº de ramas	5,2	38	17,62	3,91
Altura de planta	34,7	106,8	72,41	15,67
Long. Máxima de peciolo	2,36	6,86	4,41	0,94
Long. Máxima de lamina	4,63	10,38	7,61	2,30
Ancho máximo de lamina	3,68	10,2	6,45	1,37
Long. De panoja	6,6	40,8	21,24	6,86
Diámetro de panoja	16,67	90,47	41,62	11,04
Diámetro de grano	1,51	2,41	1,87	0,18
Espesor de grano	0,89	1,27	1,08	0,08
Peso de 100 granos	0,15	0,51	0,27	0,06
Rendimiento de semilla por planta	0,42	86,04	25,80	17,60
Índice de cosecha	0,06	0,59	0,42	0,38

#### **5.2.1.1. Días a la emergencia.**

Esta variable como se expone en el cuadro 3 demuestra el tiempo de emergencia de plántulas desde el día de siembra hasta el 50% de emergencia de la población, donde 78 accesiones tuvieron una emergencia de plántula en 8 días, 80 accesiones emergieron en un tiempo de 14 días y finalmente 30 accesiones emergieron en un tiempo de 19 días este último fue el mayor número de días a la emergencia, siendo la media de esta característica 12,31 días, con una desviación estándar de 4,09 días.

#### **5.2.1.2. Días al botón floral.**

Como se aprecia en el cuadro 3 esta variable muestra el tiempo desde la siembra hasta el 50% de presencia del botón floral, donde se terminó la media de 89,02 días con una desviación típica de 11,12 días. Rojas y Pinto (2004), encontraron rangos similares a la aparición del botón floral las cuales fluctúan entre 30 y 113 días entre accesiones, por su parte Revollo (2004), al estudiar la variabilidad genética en quinuas reales registro rangos de 54 y 114 días entre accesiones precoces y tardías.

#### **5.2.1.3. Días al inicio de la floración.**

En el cuadro 3 la variable inicio de floración muestra el tiempo desde la siembra hasta el 50% de inicio de floración donde la media es de 109,13 días con una desviación típica de 12 días, donde 52 accesiones llegaron a inicio de floración en 91 días, 116 accesiones en 114 días y 20 accesiones en 128 días.

#### **5.2.1.4. Días al 50% de floración.**

En el cuadro 3 la variable 50% de floración muestra el tiempo desde la siembra hasta que el 50% de la población esté en esta fase, se tiene una media de 125,91 días con una desviación típica de 7,98 días, se pudo observar que 52 accesiones en 114 días y 20 accesiones en 139 días.

Revollo (2004), en el reporte obtenido en poblaciones de Quinua real registró rangos más estrechos de 73 y 101 días para la mayoría de las accesiones, debido a que la mayoría de las accesiones del Altiplano Sur poseen la característica de desarrollar precozmente los cuales fluctuaron entre 60 y 145 días respectivamente.

#### **5.2.1.5. Días al fin de floración.**

Como se aprecia en el cuadro 3 la variable muestra el número de días desde la siembra hasta el final de la floración, se tuvo una media de 137,13 días con una desviación típica de 6,56 días.

#### **5.2.1.6. Días al grano lechoso.**

Esta variable muestra el tiempo que dura desde la siembra hasta que la planta entre en la fase de grano lechoso, como se aprecia en el cuadro 3 la media es de 149,19 días con una desviación típica de 8,95 días.

#### **5.2.1.7. Días al grano pastoso.**

En cuanto al grano pastoso el tiempo que duro en llegar desde la siembra hasta que el 50% de la población llegue a esta fase, se tuvo una media de 165,85 días con una desviación típica de 10,58 días.

#### **5.2.1.8. Días a la madurez fisiológica.**

Según el cuadro 3 muestra la variable días a la madurez fisiológica, se presentaron tres tipos precoces las cuales llegaron a madurar en 171 días que fueron 52 accesiones y las tardías que maduraron en 192 días con una media de 180,64 días y una desviación de 6,56 días

Vargas (2013), registro cultivares que llegaron a la madurez fisiológica en 125 días promedio, los cultivares más precoces en 120 días y los cultivares tardíos en 132 días.

#### **5.2.1.9. Diámetro de tallo.**

En la variable diámetro de tallo, la media fue de 11,92 mm con una desviación típica de 3,229 mm; el valor mínimo de esta variable presento la accesión 1382 con 4,7 mm en cambio el valor máximo presento la accesión 267 con 20,60 mm demostrando que existe variabilidad del germoplasma de quinua.

Según Vargas (2013), los diámetros menores se presentaron en cultivares procedentes del altiplano por el contrario diámetros mayores se observan en cultivares del valle.

#### **5.2.1.10. Nº de ramas primarias**

En esta variable la media fue de 18 ramas con una desviación estándar de 4 ramas, el valor mínimo de esta variable presento la accesión 225 con 5 ramas y el valor máximo presenta la accesión 2296 con 38 ramas, demostrando así que si existe variabilidad.

#### **5.2.1.11 Altura de planta.**

Para la variable altura de planta, se registraron la media de 72,41 cm. Con la desviación estándar de 15,66 cm. Donde el valor mínimo se registró en la accesión 1382 con 34,70 cm. Y el valor máximo fue de la accesión 1845 con 106,8 cm. Esta información muestra la variabilidad que existe en este carácter. Cabe recalcar que

las alturas de planta variaron por su genotipo, factores ambientales y edáficos. La altura de planta esta

Limachi (1998), evidencia que la altura de planta esta influenciada principalmente por el medio ambiente, este autor reporto diferentes alturas al caracterizar las mismas accesiones en dos localidades diferentes, en la localidad de Mañica registro rangos de 41,4 a 84,3 cm y en Patacamaya registro rangos de 64,7 a 129,4 cm entre plantas de mayor y menor altura.

#### **5.2.1.12 Longitud máxima del peciolo.**

En esta variable se observa que la media que se obtuvo fue de 4,41 cm. De longitud con un coeficiente de variación de 0,93 cm. Lo que indica que existió cierta variación con respecto a este carácter, donde el valor mínimo fue de 2,36 cm de la accesión 453 y el valor máximo fue de 6,86 cm. de la accesión 2266. El reporte realizado por Rojas y Pinto (2004), registro rangos de variación de 1,16 a 9,00 cm.

#### **5.2.1.13 Longitud máxima de lámina.**

Esta variable tuvo una media de 7,61 cm. de longitud, con una desviación típica de 2,30 cm, donde el valor mínimo fue de 4,63 cm de la accesión 513 de la localidad del Tholar y el valor máximo fue de 10,4 cm. de la accesión 2280 de la localidad de Patacamaya. Lo nos permite deducir que en accesiones de abundante folaje la eficiencia fotosintética es baja, al respecto Rojas y Pinto (2004), encontraron rangos 2,06 y 11,92 cm.

#### **5.2.1.14 Ancho máxima de lámina.**

Esta variable tuvo una media 6,45 cm, una desviación estándar de 1,37 cm. Donde el valor mínimo 3,68 cm. Y un valor máximo de 10,20 cm.

Para esta variable Rojas y Pinto (2004), en la conformación de la colección núcleo encontraron rangos de variación de 2,34 a 12,02 cm.

#### **5.2.1.15. Longitud de panoja.**

En esta variable se puede observar que el registro medio fue de 21,24 cm, con una desviación estándar de 6,86 cm; donde la accesión 1382 tuvo el mínimo registro que es de 6,60 cm. Y la accesión 1352 tuvo el máximo registro que fue de 40,80 cm.

Vargas (2013), indica un promedio de 39,48 cm. para cultivares de panojas cortas (altiplano) y 46,67 cm. para cultivares de panojas largas.

Garandillas (1986), indica que la longitud de panoja es un componente importante para la evaluación del rendimiento.

#### **5.2.1.16 Diámetro de panoja.**

Para esta variable se presentó una media de 41,62 mm con una desviación estándar de 11,04 mm. El valor mínimo fue de 16,67 mm que pertenece a la accesión 1675, el valor máximo fue de 90,45 mm de la accesión 459. De este modo se observa una considerable variabilidad fenotípica y una acción genética.

Para esta variable Vargas (2013), encontró un promedio de 17,39 cm. los cultivares con panojas de menor diámetro fueron los del altiplano por el contrario diámetros mayores fueron registrados en cultivares procedentes del valle.

#### **5.2.1.17 Diámetro de grano.**

La media para esta variable fue de 1,87 mm, con una variación estándar de 0,176 mm. Existiendo un valor máximo de 2,41 mm que es de la accesión 2245, y el valor mínimo fue de 1,51 que es de la accesión 400.

Vargas (2013), registro un promedio de 2,43 mm. y un rango de variación entre 1,9 a 3 mm. También indica que un mayor peso de 100 granos y diámetro de grano se encuentran en cultivares del altiplano, esta es una característica importante para el mercado.

Espindola y Saravia (1985), refiriéndose en particular al diámetro de grano, consideran como granos grandes a aquellos mayores a 2,1 mm, medianos de 1,8 a 2,1 mm y pequeños a las inferiores a 1,8 mm.

#### **5.2.1.18 Espesor de grano.**

Según el cuadro 3, el espesor medio de grano fue de 1,08 mm, con una variación estándar de 0,076 mm; existiendo un valor máximo de 1,27 mm de las accesiones 184; y un valor mínimo de 0,89 de la accesión 1323.

Vargas (2013), registro un promedio de 1,06 mm. y un rango de variación de 0,9 a 1,00 mm.

Donde el tamaño de grano es un carácter económico importante, porque en el mercado interior al igual que el exterior, el precio es mayor por los granos más grandes.

#### **5.2.1.19 Peso de 100 granos.**

La variable peso de 100 de granos, presento un valor promedio de 0,27 gr. Con una desviación típica de 0,064 gr. El valor mínimo fue de 0,15 gr. Que es de la accesión 400 y un valor máximo de 0,51 gr. que pertenece a la accesión 2245. Esta característica se encuentra relacionada con el diámetro y espesor de grano, de manera que accesiones que desarrollen de mayor tamaño desarrollan también mayor peso. Rojas (1998), menciona que el desarrollo de los granos depende principalmente del espesor y la forma del grano.

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

Para esta variable se obtuvo una media de 25,80 gr. Con una desviación típica de 17,59 gr. Siendo el valor máximo de 86,04 gr. de la accesión 1248 y un valor mínimo de 0,42 gr. de la accesión 2249. Garandillas (1986), señala que la altura de planta, longitud de panoja y diámetro de tallo son componentes principales para el rendimiento. Camargo (2002), reporto rendimientos que varían de 2,48 y 21,14 gr.



### **5.2.1.21 Índice de cosecha.**

El promedio para esta variable es de 0,42 que significa que un 42 % del total de peso de la planta se manifiesta en grano y la otra parte que es el 58 % es el resto de broza, con una desviación típica de 0,38; teniendo valores mínimos de 0,06 de la accesión 2249, indicando que el 6% es grano y el resto que es 94% es broza; el valor máximo fue de 0.59 de la accesión 2225, indicando que el 59 % de la planta es grano y el resto 41 % es broza.

Los resultados descritos de los caracteres anteriores, tuvo una influencia importante de los factores genéticos, medio ambientales, edáficos y por la viabilidad de la semilla ya que una buena viabilidad trae pronósticos de buenos rendimientos.

## **5.3 ANÁLISIS DE CORRELACIÓN SIMPLE.**

### **5.3.1 Matriz de coeficiente de correlación simple.**

Los resultados del anexo 1, muestran una matriz con correlación entre variables cuantitativas, se cuantifico el grado de asociación o variación conjunta entre 22 variables cuantitativas. Su valor oscila entre -1 y +1, el signo del coeficiente indica el tipo de asociación (-) negativo si la relación es inversa y (+) positivo si es directa. La magnitud está asociada con el grado de intimidad de variables y si el valor es próximo a 1 están estrechamente correlacionados; por el contrario un valor próximo a cero debe ser interpretado con reserva, ya que puede indicar independencia entre las variables o una relación no lineal (Franco, Hidalgo. 2003). El análisis de estas variables se presenta a continuación.

La matriz de correlación entre cada par de características cuantitativas se presenta en el anexo 1 donde se observa que 98 coeficientes fueron altamente significativos ( $P \leq 0,001$ ) de esta forma las correlaciones más importantes fueron las variables fenológicas y las de grano en comparación con las variables de arquitectura de planta.

Entre las variables fenológicas, la correlación más alta correspondió al inicio de floración y 50% de floración ( $r = 0.99$ ). estas variables en su orden, están altamente

correlacionadas con la aparición de botón floral ( $r = 0.95$ ,  $r = 0.85$ ); fin de floración ( $r = 0.98$ ;  $r = 0.99$ ); grano lechoso ( $r = 0.92$ ;  $r = 0.97$ ); grano pastoso ( $r = 0.89$ ;  $r = 0.92$ ) y madurez fisiológica ( $r = 0.94$ ;  $r = 0.99$ ), lo que permite deducir que la estabilidad y equilibrio del ciclo fenológico en una accesión ya sea este precoz o tardío, influirá en el comportamiento y desarrollo de sus diferentes órganos. Este análisis corrobora el trabajo realizado por Pinto (2002), quien indica que a medida aumenta o disminuye la duración del periodo fenológico en una variable, se modificara el comportamiento de las siguientes variables.

La variable altura de planta se correlaciona parcialmente y de forma positiva con las variables diámetro de tallo ( $r = 0.69$ ); longitud de peciolo ( $r = 0.50$ ), longitud de panoja ( $r = 0.76$ ) y diámetro de panoja ( $r = 0.68$ ), lo que permite deducir que las plantas precoces con poco follaje desarrollan menor altura y diámetro de tallo, entonces estas plantas desarrollan panojas pequeñas.

Otra importante asociación fue la variable diámetro de grano con peso de 100 granos ( $r = 0.92$ ); espesor de grano ( $r = 0.70$ ), indicando que accesiones con granos grandes tienen mayor peso.

La correlación positiva del rendimiento con las variables morfológicas, diámetro de tallo ( $r = 0.27$ ), altura de planta ( $r = 0.14$ ), Nº de dientes en la lámina ( $r = 0.14$ ), ancho de lámina ( $r = 0.18$ ) y diámetro de panoja ( $r = 0.22$ ), indican que la formación de las fases florales son importantes para el desarrollo morfológico de la planta y principalmente para el desarrollo de la panoja.

Entonces se deduce que las plantas altas con panojas grandes, tallos gruesos y bastante follaje, tienden a desarrollar mayores rendimientos.

Limachi (1998), al registrar asociaciones entre diámetro de tallo, altura de planta, longitud y ancho de panoja, indica que estos caracteres tienen efecto directo sobre el rendimiento.

#### **5.4 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.**

En este estudio, los resultados de los componentes principales son interpretados tomando como base sus valores y vectores propios.

Cuadro 4. Valores y vectores propios de los componentes principales.

Componentes principales	Auto valores iniciales		
	Total	% de la varianza	% acumulado
Emergencia	6,922	31,465	31,465
Botón floral	3,993	18,149	49,614
Inicio de floración	2,665	12,115	61,73
50% de floración	1,498	6,811	68,541
Fin de floración	1,345	6,116	74,656
Grano lechoso	1,017	4,621	79,278
Grano pastoso	0,828	3,762	83,039
Madurez fisiológica	0,754	3,426	86,466
Diámetro de tallo	0,707	3,215	89,681
Nº de ramas	0,591	2,685	92,366
Altura de planta	0,51	2,319	94,685
Dientes en la lamina	0,328	1,491	96,176
Long. De peciolo	0,283	1,285	97,461
Long. De lamina	0,211	0,959	98,42
Ancho de lamina	0,151	0,684	99,104
Long. De panoja	0,123	0,558	99,663
Diámetro de panoja	0,074	0,337	100
Diámetro de grano	2,89E-15	1,31E-14	100
Espesor de grano	9,03E-16	4,10E-15	100
Peso de 100 granos	-1,08E-15	-4,91E-15	100
Rendimiento	-4,18E-15	-1,90E-14	100
Índice de cosecha	-5,28E-15	-2,40E-14	100

En el cuadro 4, se observa la varianza asociada con cada componente principal, es diferente y decrece en orden. El primer componente explica el 31% de la varianza total, el segundo explica el 18%, y así sucesivamente; hasta que toda la variabilidad queda distribuida diferencialmente entre los 22 componentes.

Para determinar el número de componentes para el análisis, Rojas, W. (1998), toma en cuenta los criterios de:

Cliff (1987), indicó que se deben considerar como aceptables los

componentes cuyos valores propios expliquen un 70 % o más de la varianza.

Káiser (1960), estableció un criterio utilizando frecuentemente y que consiste en la selección de los componentes cuyo valor propio sea mayor o igual a 1.

Catell (1966), sugirió un criterio gráfico que consiste en representar el número de componentes y su valor propio en la abscisa, y el porcentaje de la varianza correspondiente en la ordenada, lo que permite observar en forma gráfica el decrecimiento de los primeros componentes en relación con los demás.

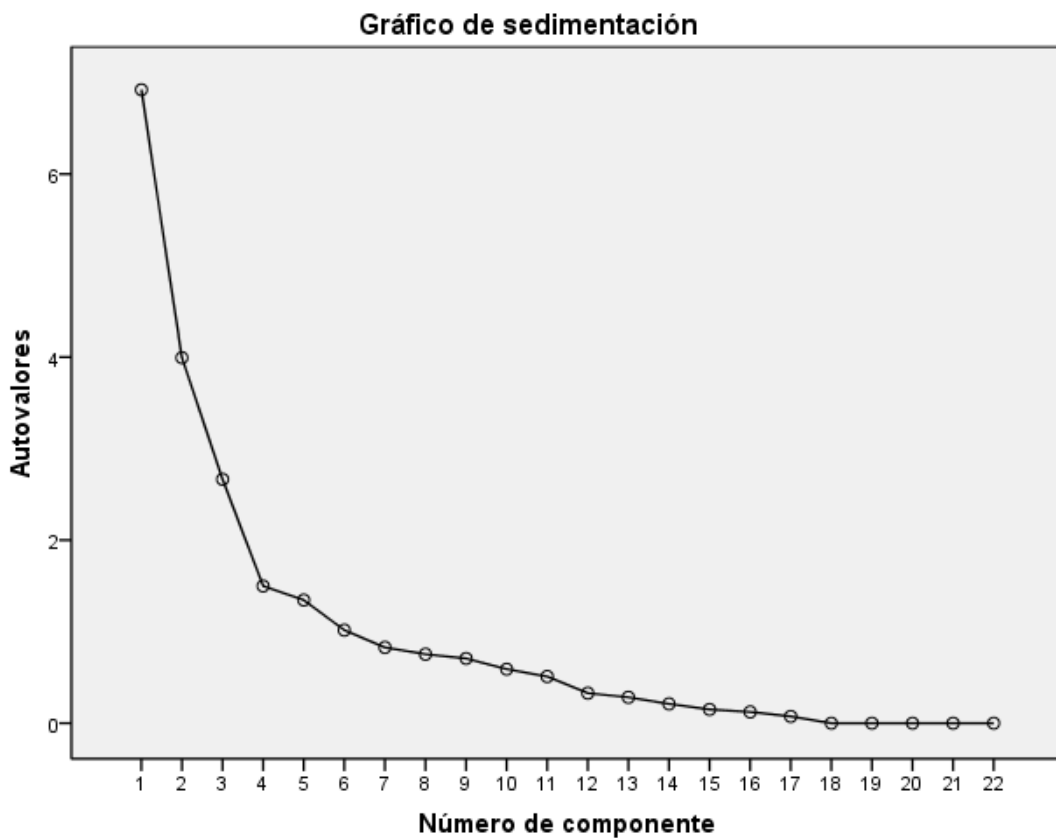


Gráfico 3. Proporción de la varianza explicada por cada componente principal en la caracterización del germoplasma de quinua.

Se consideró como componentes significativos a aquellos valores anteriores al punto de inflexión (grafico 2). Se retuvo tres componentes cuyo valor propio fue  $\geq 1$  y que expresaron 60% de la varianza, López e Hidalgo (2003).

Cuadro 5. Valores propios y correlación asociada a los primeros tres componentes principales

	Componentes principales		
	FENOLOGÍA	CARACT. DE PANOJA	CARACT. DE GRANO
Emergencia	-0,109	-0,146	<b>-0,283</b>
Días al botón floral	<b>0,985</b>	0,048	0,011
Inicio de floración	<b>0,986</b>	0,044	0,000
50% de floración	<b>0,990</b>	0,045	0,001
Fin de floración	<b>0,998</b>	0,047	0,006
Grano lechoso	<b>0,961</b>	0,049	0,015
Grano pastoso	<b>0,989</b>	0,045	0,000
Madurez fisiológica	<b>0,994</b>	0,045	0,002
Diámetro de tallo	-0,073	<b>0,757</b>	0,015
Nº de ramas	0,044	0,458	0,312
Altura de planta	-0,061	<b>0,860</b>	0,162
Dientes en la lamina	-0,072	0,239	-0,232
Long. Máxima de peciolo	0,035	0,673	0,168
Long. Máxima de lamina	-0,030	0,454	-0,045
Ancho máximo de lamina	-0,161	<b>0,590</b>	-0,006
Long. De panoja	-0,012	<b>0,818</b>	-0,045
Diámetro de panoja	-0,151	<b>0,753</b>	0,116
Diámetro de grano	-0,058	-0,159	<b>0,897</b>
Espesor de grano	0,015	-0,094	<b>0,812</b>
Peso de 100 granos	-0,072	-0,156	<b>0,923</b>
Rendimiento	-0,154	0,269	-0,211
Índice de cosecha	0,042	0,037	-0,014

La interpretación de los resultados de los vectores propios (Cuadro 5) sobre los tres primeros componentes seleccionados se presenta continuación.

El primer componente principal contribuyó con más del 30% de la varianza total explicada, mientras que la distribución de los coeficientes del primer vector propio de acuerdo con los coeficientes del primer vector propio (Cuadro 5), las variables que más contribuyeron en forma positiva fueron las fases fenológicas de la planta como ser botón floral, inicio de floración, 50% de floración,

fin de floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica fueron las variables que más contribuyeron en forma positiva a dicho componente.

Los resultados anteriores indican que el primer componente permitió distinguir las accesiones que florecen en forma tardía y que registran valores bajos en índices de cosecha. Los demás caracteres también aportaron en forma positiva, aunque en menor proporción que las mencionadas.

Para este componente, Rojas (1998), identificó a las variables fenológicas como las de mayor contribución seguidas de las variables de arquitectura de planta con bajos índices de cosecha. Por el contrario Pinto (2002), identificó a las variables de arquitectura de planta como las de mayor importancia.

El segundo componente principal contribuyó con más del 18% de la varianza total explicada donde aportaron en forma positiva las variables morfológicas; altura de planta, longitud de panoja, diámetro de tallo, diámetro de panoja, por lo que este componente distinguió a las plantas de elevada altura, con tallos gruesos y panojas largas y gruesas.

Pinto (2002), encuentra similares comportamientos, identificó variedades precoces de porte mediano que tienden a desarrollar mayor diámetro de tallo y longitud de panoja, en consecuencia mejores rendimientos.

El tercer componente principal, contribuyó con más 12.11% de la varianza total explicada, donde el diámetro de grano, espesor de grano y peso de cien granos, fueron las características que más contribuyeron en forma positiva, indicando que este componente identificó a los cultivares de quinua con granos grandes y plantas de menor tamaño y menor follaje.

Rebollo (2004), obtuvo resultados similares, indicando que las variables de diámetro de grano y peso de 100 granos aportan significativamente a la formación del tercer componente.

## 5.5. ANÁLISIS DE VARIABLES CUALITATIVAS.

### 5.5.1 Análisis de frecuencias.

En este análisis se describen los estados de 15 variables cualitativas, tomando en cuenta las frecuencias evaluadas, tanto nominales como porcentuales conforme a sus características comunes y estados en las 188 accesiones de quinua.

#### 5.5.1.1. Hábito de crecimiento

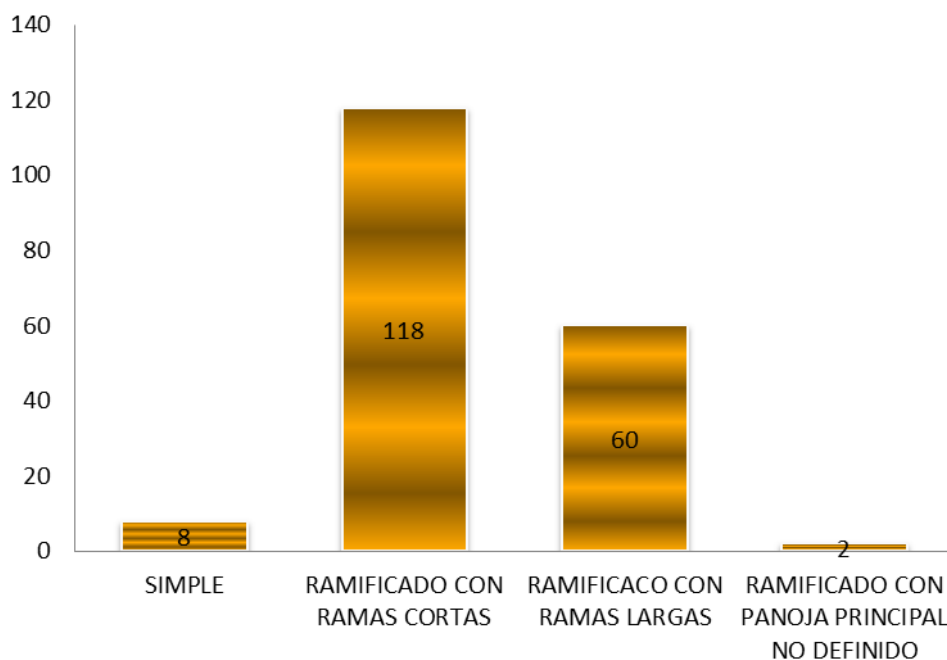


Gráfico 4. Estados del hábito de crecimiento

Los resultados muestran que 8 accesiones (4,3%) del germoplasma presentaron un hábito de crecimiento simple, 118 accesiones (62,8%) presentaron el hábito ramificado con ramas cortas, 60 accesiones (31,9%) mostraron el hábito de ramificado con ramas largas y finalmente 2 accesiones (1,1%) presentaron el hábito de crecimiento ramificado con panoja principal no definido.

### 5.5.1.2 Presencia de axilas pigmentadas

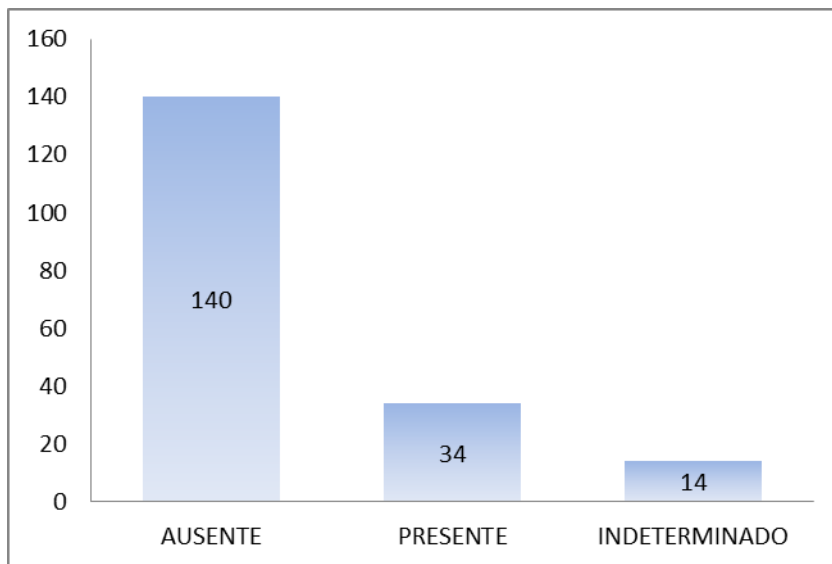


Grafico 5. Estados de la presencia de axilas pigmentadas.

Como se aprecia en el gráfico 5, de las 188 accesiones, la mayor proporción de las accesiones (74,5%) no presento axilas y el 18,1% de las accesiones presentaron axilas pigmentadas, 7,4% mostraron indeterminación en la presencia de axilas.

### 5.5.1.3 Forma de lámina.

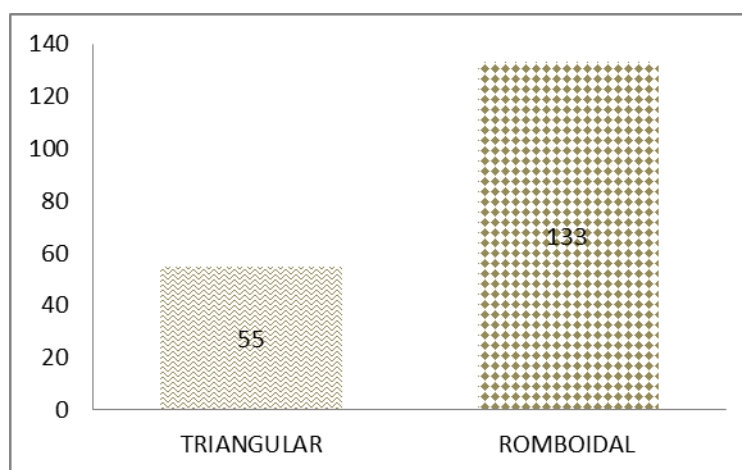


Grafico 6. Estados de la forma de lámina

Con respecto a la forma de lámina, el mayor porcentaje de las accesiones (70,7%)



mostró la forma romboidal, mientras el resto (29,3%) presentó la forma triangular. Al respecto (Mujica, A. *et al.* 2001), menciona que la hoja es polimorfa en la misma planta, teniendo en las hojas inferiores de forma triangular o romboidal y en las superiores lanceoladas o triangulares.

#### 5.5.1.4 Perfil de lámina

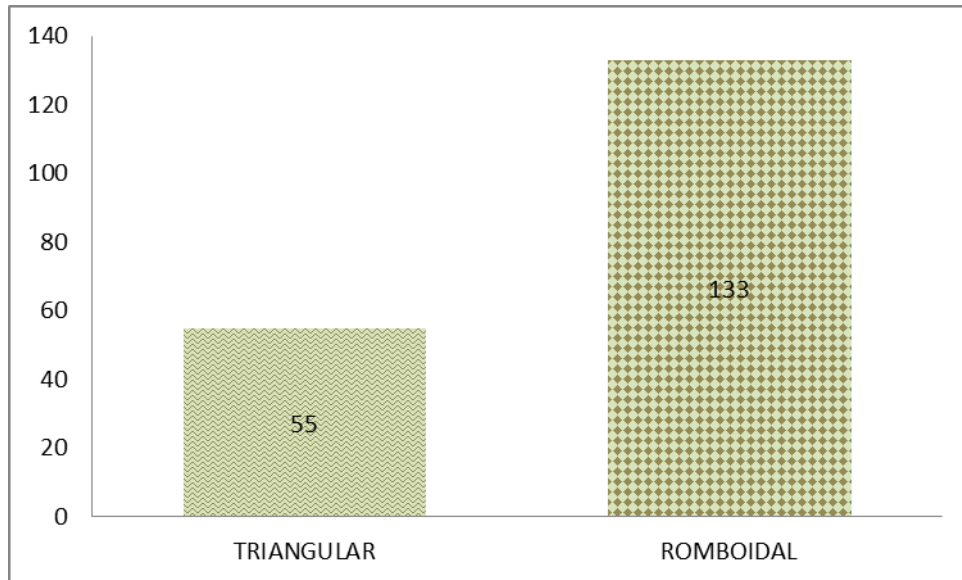


Gráfico 7. Estados del perfil de lámina

En el perfil de lámina (gráfico 7), la mayor parte de las accesiones (60,6%) presentó el perfil de lámina plana, en cambio el resto (39,4%) mostró el perfil ondulado, haciendo un total del 100%.

### 5.5.1.5 Color del peciolo.

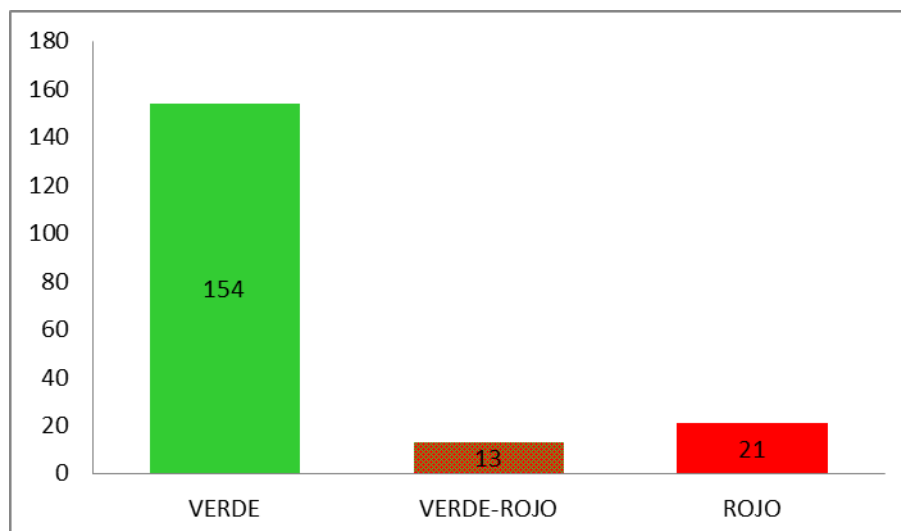


Gráfico 8. Estados del color del peciolo

En el color del peciolo como se aprecia en el gráfico 8, la mayor proporción de accesiones (81,9%) presento el color verde, seguido por el color rojo con (11,2%), por último en menor proporción (6,9%) mostró el color de peciolo verde-rojo, haciendo un total del 100%.

### 5.5.1.6 Color de la panoja a la floración.

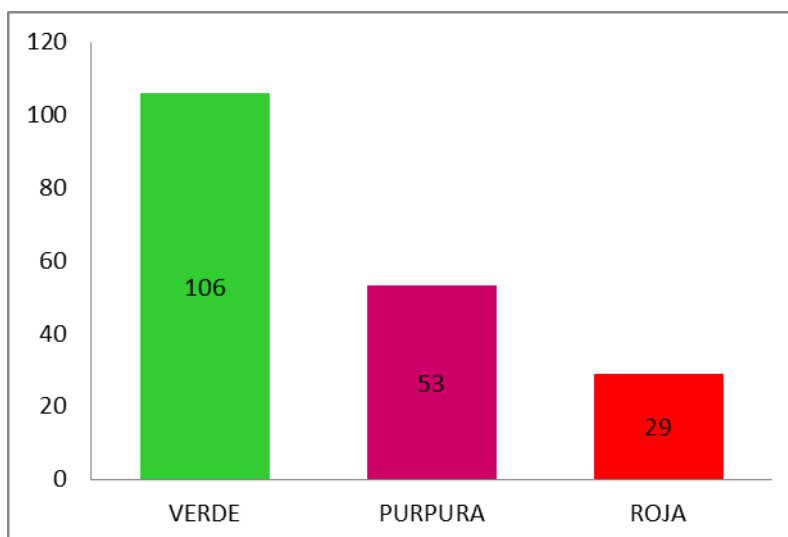


Gráfico 9. Estados de la coloración de la panoja a la floración

El color de la panoja en la floración de las accesiones de quinua presentaron diferentes coloraciones (gráfico 9), en el cual la mayor proporción de ellas (56,42%) mostró el color verde; el 28,2% presentó de color púrpura; el 15,4% de las accesiones mostró el color rojo demostrando así la gran variabilidad de colores de las panojas del germoplasma.

### 5.5.1.7 Color de la panoja a la madurez fisiológica.

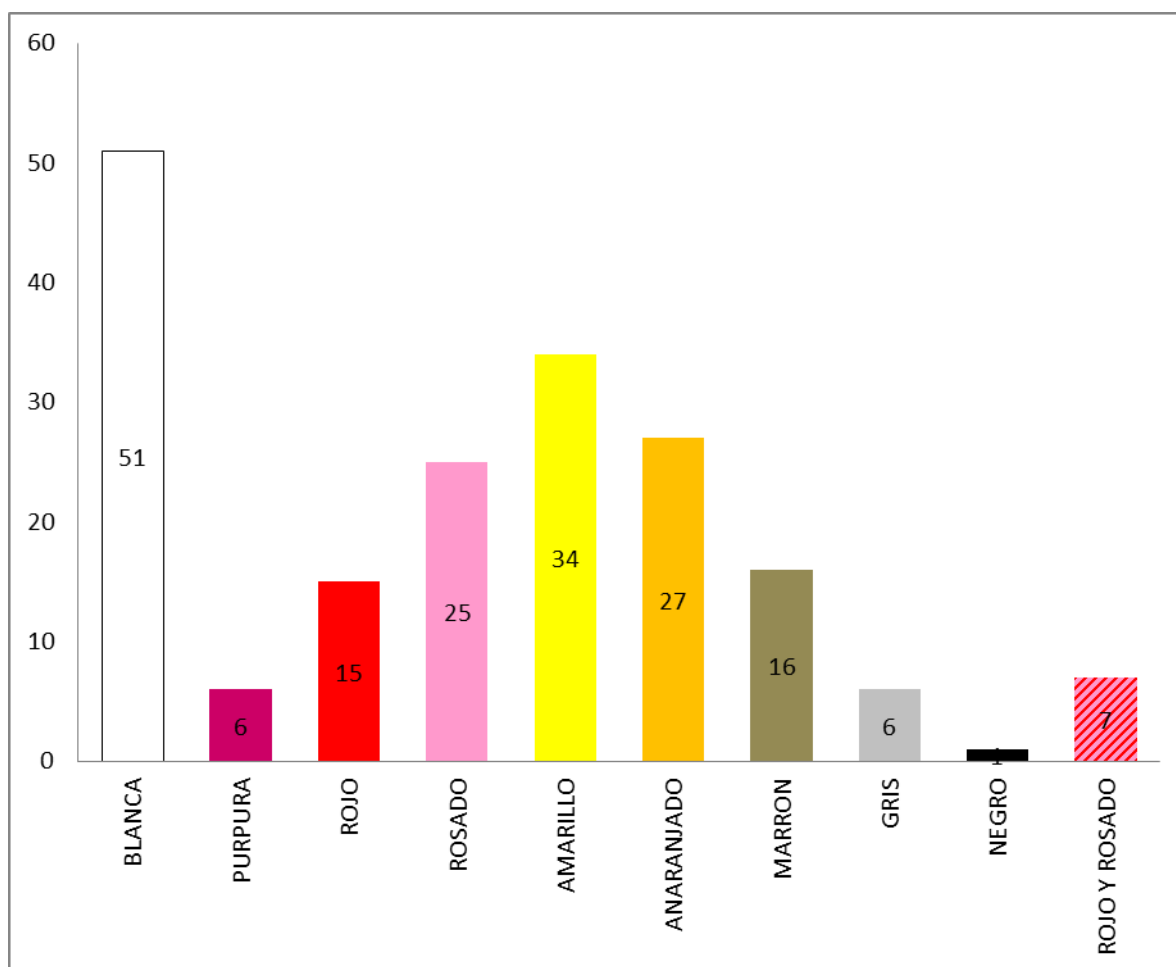


Gráfico 10. Estados del color de panoja a la madurez.

En lo referente al color de panoja en la madurez fisiológica (gráfico 10), las accesiones presentaron varios colores, donde la mayor proporción (27,1%) mostró el color de panoja blanco, seguido por el color amarillo que tuvo un 18,1%; el 14,4% de las accesiones presentó un color anaranjado, el 13,3% presentó un color rosado, siendo estos colores que predominaron el germoplasma; los colores con

porcentajes bajos fueron los colores marrón, rojo, gris y negro con 8,5%, 8%, 3,2%, 0,5%.

#### 5.5.1.8 Forma de panoja.

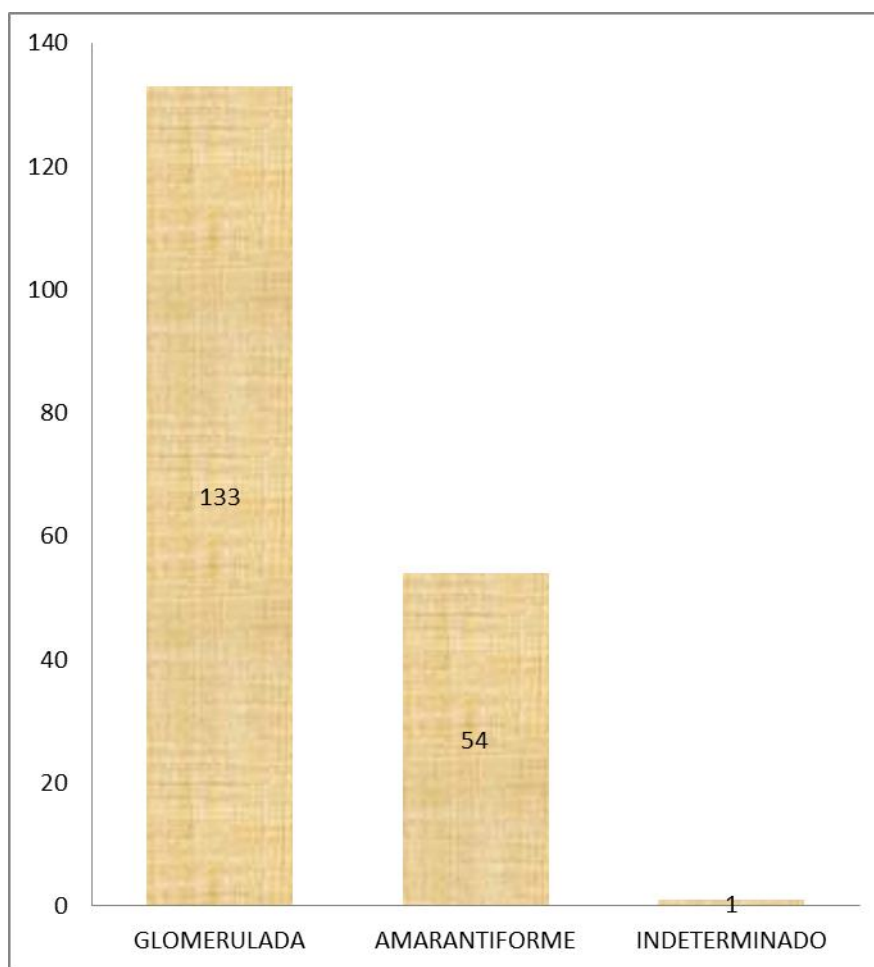


Gráfico 11. Estados de la forma e panoja.

Como se aprecia en el gráfico 11, la mayor parte del germoplasma (70.7%) presentaron la forma de la panoja glomerulada y por el contrario el resto de las accesiones (28,7%) presentaron la forma de la panoja amarantiforme.

### 5.5.1.9 Color del pericarpio.

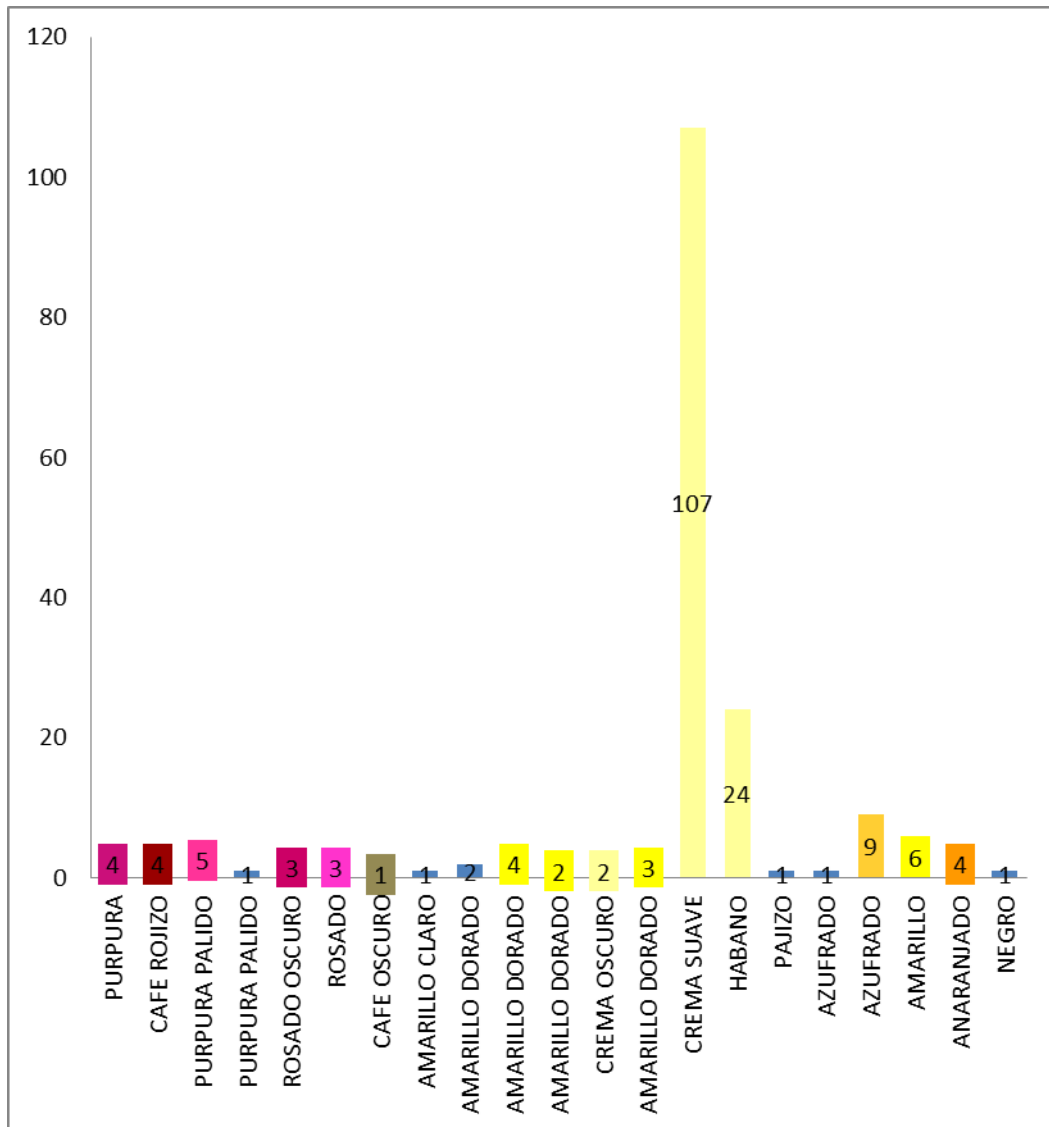


Gráfico 12. Estados del color del pericarpio del grano de quinua.

De acuerdo a la Tabla de Munsell, el pericarpio de las accesiones presentó 40 tonos que se agruparon en 12 colores. El gráfico 12, muestra que el color de pericarpio crema suave es el que predominó en las accesiones estudiadas (56,9%), distribuyéndose el resto en la amplia variabilidad de colores hasta llegar al color negro con 0.50%. Al respecto Gandarillas, H. (1979), indica que el color del grano, la forma del fruto y su sabor, son caracteres de la planta que más se han tomado en cuenta para clasificar la quinua.

### 5.5.1.10 Color del epispermo

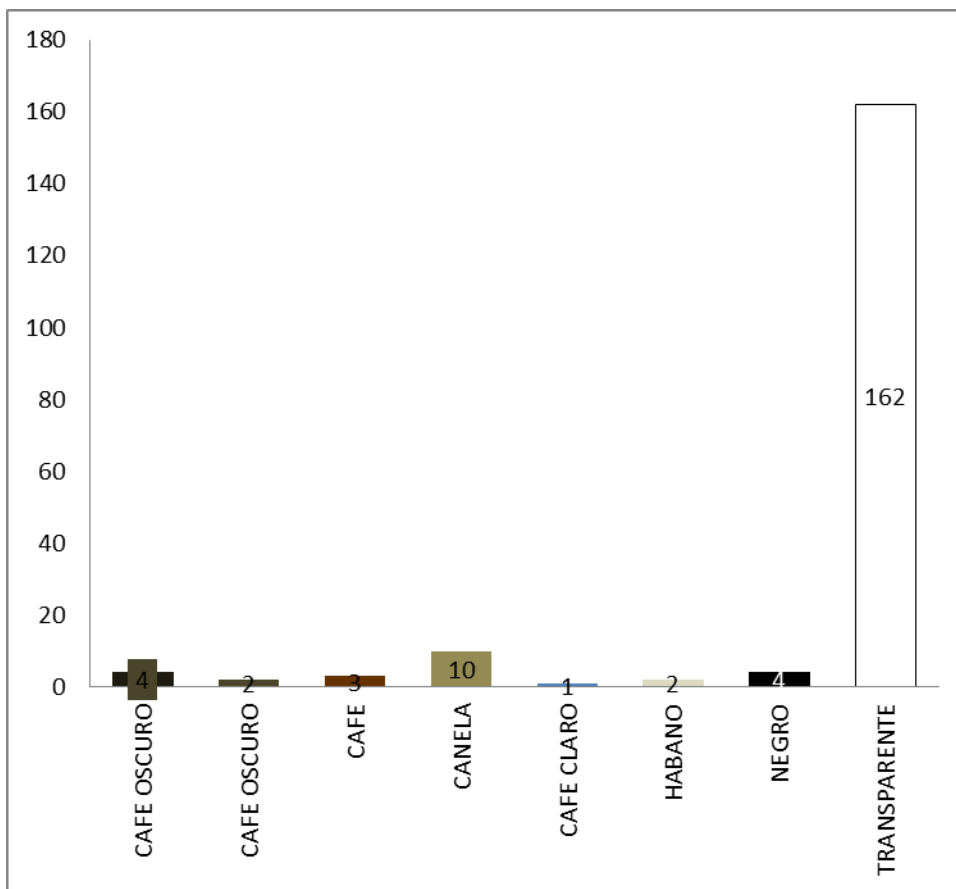


Gráfico 13. Estados del color del epispermo del grano de quinua.

El color del epispermo de las accesiones presentó 15 tonos que se agrupó en 12 colores (gráfico 13); donde el color transparente del epispermo predominó (86,2%) en las accesiones, seguido por el color canela con 5,3% y el resto se distribuyó en la amplia variabilidad de colores hasta llegar al color negro que tuvo una menor porcentaje de 2,1%.

### 5.5.1.11 Forma de grano.

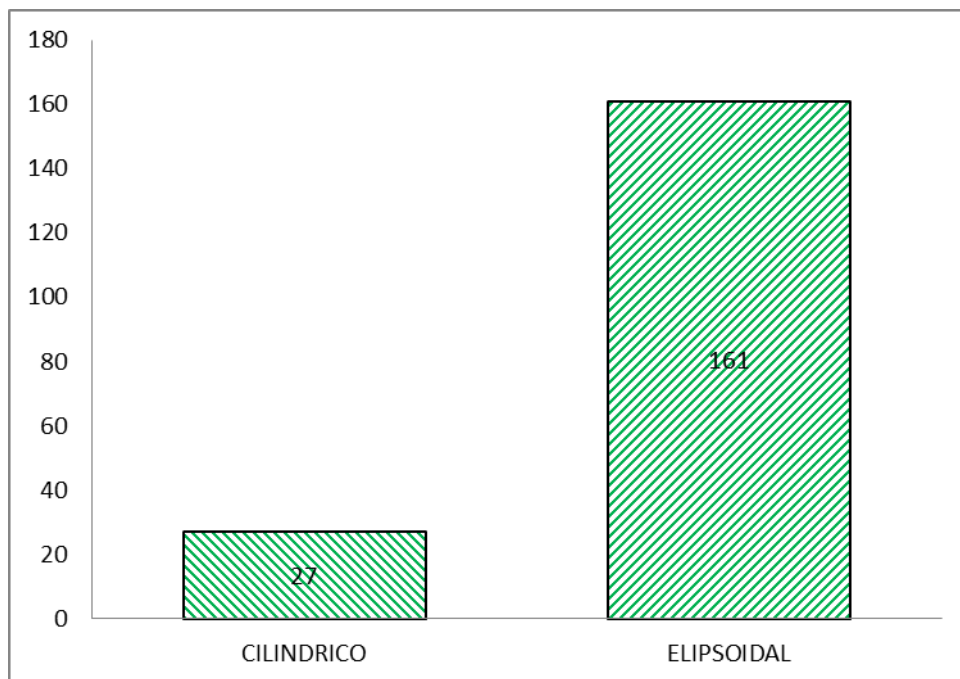


Gráfico 14. Estados de la forma del grano de quinua.

En la forma del grano como se aprecia en el gráfico 14, se determinó que la mayor cantidad de accesiones (85,6%) presentó la forma elipsoidal y 27 accesiones (14,4%) presentó la forma cilíndrico.

## 6. CONCLUSIONES

Se observa una amplia variación en la mayoría de las variables estudiadas, influenciadas por factores genéticos, ambientales y edáficos.

Las accesiones estudiadas presentan amplia variabilidad en cuanto al ciclo fenológico donde se pudo apreciar accesiones tanto precoces como tardías.

El análisis de correlación simple, ayudo en la identificación del grado de correlación entre las variables cuantitativas, donde se observó que hubo una alta correlación entre las variables fenológicas, sobresaliendo los coeficientes entre el inicio de floración y el fin de floración ( $r = 0.99$ ).

En el análisis de componentes principales, se pudo distinguir que su primer componente contribuyó con más del 30% de la varianza total explicada, las variables que más contribuyeron en forma positiva fueron las fases fenológicas de la planta.

En cuanto a las variables morfológicas, la altura de planta, longitud de panoja y número de dientes fueron las más discriminantes siendo parte primordial de la amplia variación obtenida en los resultados del rendimiento.

El análisis de componentes principales, ayudo a identificar las variables que más contribuyeron a la varianza, donde se tuvo un aporte acumulado del 74,65 % en los 3 primeros componentes principales, también se pudo determinar el grado de discriminación de cada uno de las variables, donde el diámetro de tallo, diámetro de grano y días al fin de floración fueron las más discriminantes del germoplasma, cuyo comportamiento depende principalmente del genotipo.

El hábito de crecimiento que presentaron las accesiones fueron simple y ramificado, donde la mayor parte (159 accesiones) presento el hábito ramificado con ramas largas.

La altura planta y diámetro de tallo presentaron valores máximos de 106,80 cm. y 14,1 mm. respectivamente que fue de la accesión 1845 y el valor promedio para la altura planta fue 72,4 cm., y 11,92 mm. para el diámetro de tallo. Del



mismo modo la longitud de panoja presento un promedio de 21,23 cm. con valor máximo de 40,8 cm. de la accesión 1352; el diámetro de panoja tuvo un promedio de 41,61 mm y un valor máximo de 90,47 mm. de la accesión 459.

Las hojas presentaron diferentes formas (triangulares y romboidales), también tamaños que varía según la altura de la planta.

Las variables de grano como ser el peso de 100 granos presentó un promedio de 0.26 gr y el valor máximo fue de 0.51 gr. de la accesión 2245. Asimismo existe mayor proporción de granos grandes y medianos en el germoplasma donde el promedio del diámetro de grano fue de 1,87 mm. con un valor máximo fue de 2.41 mm. de la accesión 2245; y el promedio del espesor de grano fue de 1.08 mm y el valor máximo fue de 1.27 mm de la accesión 184.

Las accesiones 1248, 1277 y 459 mostraron buenos rendimientos por planta, teniendo como promedio para esta variable de 25,79 gr.

Las accesiones estudiadas presentaron diferentes coloraciones de grano; en el pericarpio predomino el color crema suave y el resto se distribuyó en los demás coloraciones hasta llegar al negro; en el epispermo predomino el color blanquecino también distribuyéndose en los demás colores.

## **7. RECOMENDACIONES**

El cultivo de quinua tiene una notable importancia a nivel mundial en la producción de grano, por lo que se recomienda conservar la variabilidad de los recursos genéticos existentes en toda la zona andina en bancos de germoplasma para dar uso a programas de mejoramiento y obtener quinuas potenciales y resistentes a factores externos.

Realizar este mismo estudio con todas las accesiones en distintas zonas productoras de quinua, para evidenciar el comportamiento de las accesiones, ya que los resultados serán importantes para la misma zona donde se practiquen los ensayos.

Se recomienda las accesiones 1845, 1352 y 459 para el mejoramiento genético ya que presentaron altura de planta, diámetro de tallo, altura de panoja y diámetro de panoja con valores máximos

Las accesiones 1248, 1277, 459, 2245 y 184, son recomendables para producción ya que tienen valores máximos en cuanto a características de grano y rendimientos por planta.

## 8. BIBLIOGRAFIA.

- ALVAREZ, A. 1999. Conservación, caracterización y evaluación de germoplasma de quinua. Primer taller internacional en quinua: recursos genéticos y sistemas de producción 10 – 14 de mayo de 1999. La Molina, Lima – Perú. 120 Págs.
- BONIFACIO, A. et. al. 2001. Mejoramiento Genético, 'Germoplasma y Producción de Semilla. En: MUJICA, A. et. al. 2001. Agronomía del cultivo de la quinua. Capítulo II. (en línea). Oruro – Bolivia. Consultado el 16 marzo 2006. Disponible en la página Web <http://www.FAOquinua\fao\FAO Quinoa\fao\home03.htm>
- ESPINDOLA, A. y SARAIVIA, R. 1985. Catálogo de quinua del banco de germoplasma en la Estación Experimental de Patacamaya. MACA – IBTA. La Paz – Bolivia. Pág. 2 – 11.
- FRANCO, TL.; HIDALGO, R. 2003. Análisis estadísticos de datos de caracterización morfológica de recursos filogenéticos. Boletín técnico N° 8, Instituto Internacional de Recursos filogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).2005. Introducción y manejo del cultivo de quinua (en línea). Disponible en la página Web <http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro04/cap10.htm#10>
- GANDARILLAS, H. 1979. Genética y origen de la quinua. CIID. Bogotá – Colombia. Pág. 45 – 64.
- INFOAGRO, BO. 2002. (en línea). Consultado 15 enero 2013. Disponible en: <http://www.infoagro.gob.bo/panorama.htm>
- JARAMILLO, S. y BAENA, M. 2000. Material del apoyo a la capacitación de conservación ex situ de recursos filogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI). Cali – Colombia. 122 Págs.
- LOPEZ, FT. HIDALGO, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos genéticos. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos, Cali, Colombia. 89 p.

- LESCANO, J. 1994. Genética y mejoramientos de cultivos andinos. Programa Internacional Waru Waru (PIWA). 1ra. Edición. Puno – Bolivia. 459 Págs.
- MUJICA, A. 1997. "Cultivo de Quinoa". Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigación Agraria. Lima - Perú. 97 Págs.
- MUJICA, A. et. al. 2001. Agronomía del cultivo de la quinoa. Capítulo II. (en línea). Oruro – Bolivia. Disponible en la página Web <http://www.FAOquinua\FAO\FAO Quinoa\fao\home03.htm>
- MUJICA, A. et al. 2004. Quinoa. "Cultivo ancestral alimento del presente y futuro".
- PLA, L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. OEA, Washington – EE.UU. 95 Págs.
- PINTO, M.V. 2002. Análisis de variabilidad genética de germoplasma de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), circundante al lago Titicaca. Tesis de grado, carrera Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz-Bolivia. pp.23-92
- PROINPA. (Promoción e investigación de productos andinos)2006. Evaluación del valor nutritivo y agroindustrial de quinoa y cañahua. "manejo y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos, en el marco del SINARGEAA". Informe final 2005-2006. Fundación PROINPA La Paz- Bolivia pp13-29.
- PROINPA. (Fundación para la Promoción e Investigación en Productos Andinos). 2003. Descriptores para Quinoa. La Paz – Bolivia. 17 Págs.
- REVOLLO, L. M. 2004, Variabilidad genética de 421 poblaciones de quinoa real conservadas en el banco nacional de granos altoandinos. Tesis de grado, Carrera Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Naturales y Medio Ambiente, Universidad Loyola, La Paz- Bolivia, 99pag.
- ROJAS, W. 1998. Caracterización Morfológica del germoplasma. En: FRANCO, T. e HIDALGO, R. 2003. Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Filogenéticos. Boletín técnico N° 8,

Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI). Cali – Colombia.  
89 Págs.

- ROJAS, W. 2003. Banco Nacional de Germoplasma de Granos Altoandinos. Promoción e Investigación de Productos Andinos (Fundación “PROINPA”). Ministerio de Asuntos Campesinos Indígenas y Agropecuarios. Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuario (SIBTA). Sistema Nacional de Conservación de Recursos Genéticos para la Agricultura y la Alimentación (SINARGEAA).
- ROJAS, W.; Pinto, M. 2004, conformación de la colección núcleo de quinua en base a caracteres agro morfológicos. Informe anual 2003-2004 Proyecto SINERGEAA. Fundación PROINPA. 6 P.
- SOTO, J. 2001. Caracterización de 400 accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de grado, UTO. – FCAP. Oruro – Bolivia. 121 Págs.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e hidrología). 2005. Datos climáticos temperatura, precipitación y humedad relativa del municipio de Patacamaya Provincia Aroma, Departamento de La Paz.
- TAPIA, M. 1997. Cultivos Andinos Sub explotados y su Aporte a la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 2º ed. Santiago de Chile.
- VARGAS, M. 2013. Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia 682p.

# **ANEXOS**

ANEXO 1. Matriz de correlación simple entre 23 variables cuantitativas  
(n = 188)

	EMER	BFLO	IFLOR	50%F	FINF	GL	GP	MF	DT	Nº R	ALT	N.º	LP	LL	AL	LP	DP	DGRA	EGRA	P100G	REN	IDC	%G		
EMERGENCIA	<b>1,00</b>																								
BOTON FLORAL	-0,12	<b>1,00</b>																							
INICIO DE FLORACION	-0,06	<b>0,95</b>	<b>1,00</b>																						
50% DE FLORACION	-0,06	<b>0,96</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>																					
FIN DE FLORACION	-0,09	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>0,99</b>	<b>1,00</b>																				
GRANO LECHOSO	-0,14	<b>0,99</b>	<b>0,91</b>	<b>0,92</b>	<b>0,97</b>	<b>1,00</b>																			
GRANO PASTOSO	-0,06	<b>0,96</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,99</b>	<b>0,92</b>	<b>1,00</b>																		
MADUREZ FISIOLOFICA	-0,07	<b>0,97</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,99</b>	<b>0,94</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>																	
DIAMETRO DE TALLO	0,01	-0,04	-0,02	-0,02	-0,03	-0,04	-0,02	-0,02	<b>1,00</b>																
Nº DE RAMAS	-0,21	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,06	0,06	0,15	<b>1,00</b>															
ALTURA DE PLANTA	-0,28	-0,01	-0,04	-0,04	-0,02	0,00	-0,04	-0,03	<b>0,69</b>	0,40	<b>1,00</b>														
DIENTES EN LA LAMINA	0,19	-0,05	-0,04	-0,04	-0,05	-0,06	-0,04	-0,04	0,18	0,02	0,01	<b>1,00</b>													
LONG. DE PECIOLO	-0,24	0,07	0,04	0,05	0,06	0,08	0,05	0,05	0,31	0,36	<b>0,50</b>	0,13	<b>1,00</b>												
LONG. DE LAMINA	-0,05	-0,03	0,00	0,00	-0,01	-0,04	0,00	-0,01	0,20	0,22	0,24	0,13	0,44	<b>1,00</b>											
ANCHO DE LAMINA	0,17	-0,15	-0,09	-0,10	-0,12	-0,16	-0,10	-0,11	0,39	0,23	0,35	0,40	<b>0,59</b>	0,35	<b>1,00</b>										
LONG. DE PANOJA	-0,10	0,04	0,00	0,01	0,03	0,06	0,01	0,01	<b>0,61</b>	0,26	<b>0,76</b>	0,10	0,38	0,22	0,27	<b>1,00</b>									
DIAM. DE PANOJA	-0,05	-0,11	-0,11	-0,11	-0,11	-0,10	-0,11	-0,11	<b>0,59</b>	0,28	<b>0,68</b>	0,07	0,32	0,17	0,28	<b>0,71</b>	<b>1,00</b>								
DIAMETRO DE GRANO	-0,08	-0,06	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06	-0,05	-0,05	-0,01	0,12	-0,01	-0,12	0,02	-0,09	-0,02	-0,22	-0,03	<b>1,00</b>							
ESPESOR DE GRANO	-0,07	0,03	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	-0,08	0,13	0,00	-0,12	0,02	-0,09	-0,02	-0,04	0,06	<b>0,64</b>	<b>1,00</b>						
PESO DE 100 GRANOS	-0,12	-0,07	-0,06	-0,06	-0,07	-0,07	-0,06	-0,06	-0,04	0,13	-0,02	-0,13	0,03	-0,10	-0,04	-0,18	0,00	<b>0,92</b>	<b>0,70</b>	<b>1,00</b>					
RENDIMIENTO	0,13	-0,13	-0,11	-0,11	-0,12	-0,14	-0,11	-0,11	0,27	0,04	0,14	0,14	0,03	0,05	0,12	0,18	0,22	-0,13	-0,12	-0,14	<b>1,00</b>				
INDICE DE COSECHA	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02	0,04	0,04	0,04	-0,03	0,08	0,02	0,00	-0,06	-0,02	-0,02	0,09	-0,04	0,04	-0,04	-0,02	<b>1,00</b>			
% DE GERMINACION	0,01	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,07	-0,11	0,08	0,00	0,03	0,11	0,08	0,09	0,07	-0,31	-0,32	-0,37	-0,02	0,01	<b>1,00</b>		

Fuente: propia.

**ANEXO 2. CROQUIS DE LA PARCELA REGENERACIÓN DE QUINUA EN PATACAMAYA**

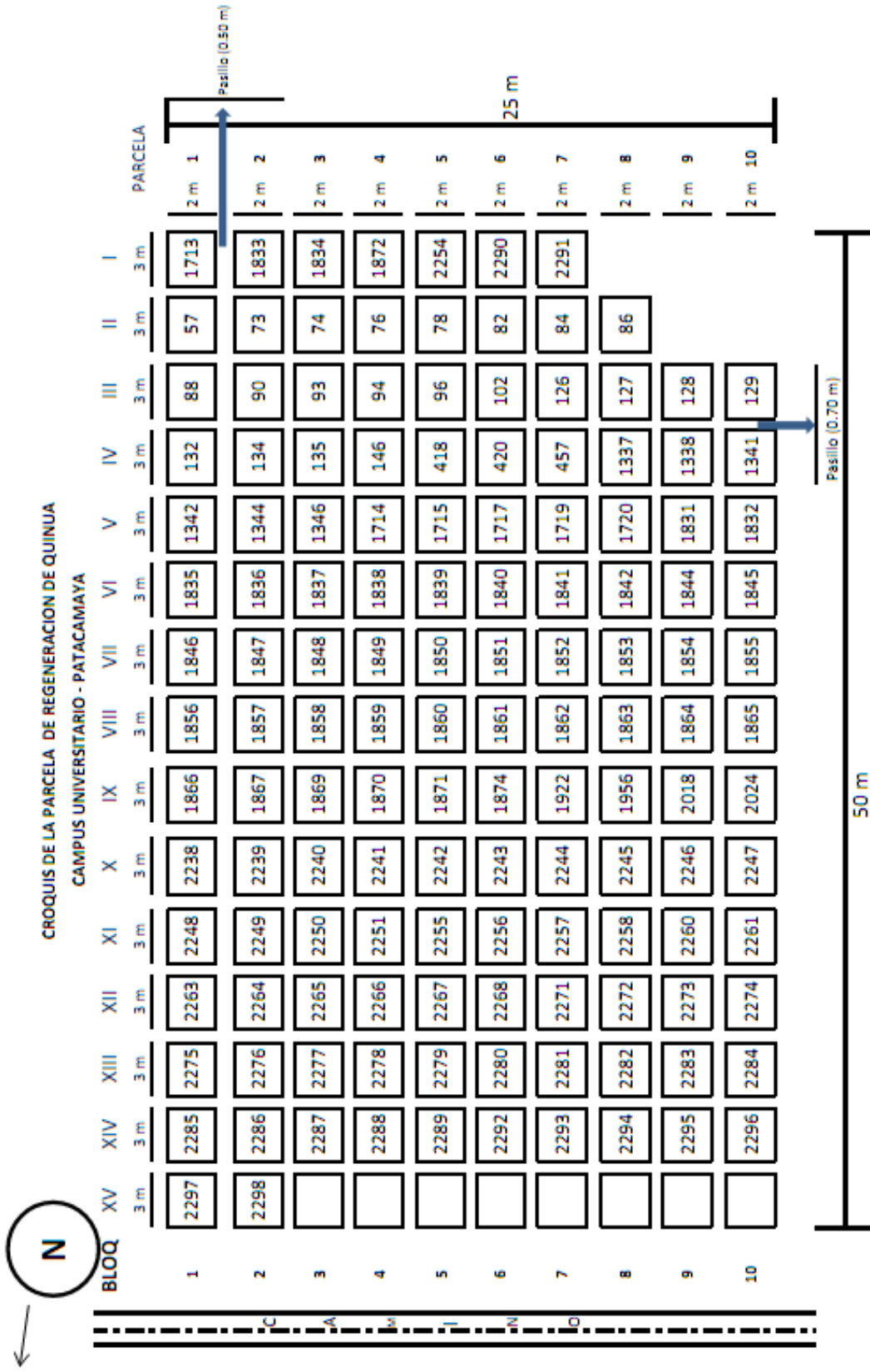
		PARCELAS																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	7	28	36	P	69	161	182	184	186	188	190	193	196	198	200	202	206	208	
II	209	210	211	212	214	215	216	218	220	221	223	225	226	227	228	229	230	231	
III	232	234	235	236	238	240	243	244	245	250	253	267	399	400	411	414	415	416	
IV	1244	1246	1248	1251	1253	1258	1263	1264	1266	1269	1273	1275	1277	1278	1280	1284	1285	1287	
V	1289	1291	1293	1296	1299	1301	1302	1304	1305	1306	1308	1318	1323	1324	1325	1349	1352	1357	
VI	1358	1361	1362	1364	1367	1368	1370	1373	1374	1376	1377	1382	1385	1387	1389	1390	1392	1394	
VII	1398	1471	1518	81	87	92	95	112	113	114	115	118	119	121	124	419	422	423	
VIII	424	425	426	430	432	434	437	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	453	
IX	454	456	459	461	509	511	513	514	515	1336	1339	1340	1343	1345	1347	60	63	301	
X	302	663	1523	1525	1530	1572	1622	5	42	49	1671	1672	1673	1674	1675	1677	1681	1927	
XI	1939	1992	2031	2225	2227	2503	2592	2593	2639	2667	2671	2672	2673	2676	2677	2681	2682	2683	
XII	2685	2843	2844	2941	459	461	509	1525	1530										
XIII																			

67 m

Municipio: Patacamaya  
 Lugar: Campus Universitario Patacamaya - Universidad Mayor de San Andres  
 Fecha de siembra: 18 y 19 de octubre de 2011  
 Superficie por accesion: 12,8 m2  
 Superficie total: 4154 m2



**CROQUIS DE LA PARCELA DE REGENERACION DE QUINUA  
CAMPUS UNIVERSITARIO - PATACAMAYA**



Municipio: Patacamaya

Lugar: Campus Universitario Patacamaya - Universidad Mayor de San Andres

Fecha de siembra: 04 de noviembre de 2011

Superficie por accesion: 7,5 m2

Superficie total: 1250 m2

ANEXO 3. Datos de pasaporte de las 310 accesiones de quinua.

BANCO NACIONAL DE GRANOS ALTOANDINOS
LISTA DE ACCESIONES DE QUINUA PARA REGENERACION
ALTIPLANO CENTRAL ( ORURO Y LA PAZ)
DATOS DE PASAPORTE

Nº	Nº DE ACCESION	DEP	PROV	LOC	RAZA
1	36	2	CERCADO	CHORO	REAL
2	43	2	CERCADO	CHORO	CHALLAPATA
3	50	2	L. CABRERA	SALINAS DE G M	REAL
4	69	2	POOPO	PAZÑA	REAL
5	81	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
6	87	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
7	92	1	AROMA	AMACHUMA	REAL
8	95	1	AROMA	AMACHUMA	REAL
9	112	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
10	113	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
11	114	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
12	115	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
13	117	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
14	118	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
15	119	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
16	121	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
17	122	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
18	124	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
19	161	2	CERCADO	CARACOLLO	REAL
20	182	2	CERCADO	VINTO	REAL
21	184	2	P. DALENCE	MACHACAMARCA	CHALLAPATA
22	186	2	P. DALENCE	MACHACAMARCA	REAL
23	188	2	P. DALENCE	MACHACAMARCA	REAL
24	190	2	P. DALENCE	MACHACAMARCA	CHALLAPATA
25	193	2	P. DALENCE	MACHACAMARCA	REAL
26	196	2	POOPO	TOLA PAMPA	CHALLAPATA
27	198	2	POOPO	TOLA PAMPA	REAL
28	200	2	POOPO	TOLA PAMPA	REAL
29	202	2	POOPO	POOPO	REAL
30	206	2	POOPO	POOPO	REAL
31	207	2	POOPO	POOPO	REAL
32	208	2	POOPO	POOPO	REAL

33	209	2	POOPO	POOPO	REAL
34	210	2	POOPO	POOPO	REAL
35	211	2	POOPO	POOPO	REAL
36	212	2	POOPO	POOPO	REAL
37	214	2	POOPO	POOPO	CHALLAPATA
38	215	2	CERCADO	CATAVI	REAL
39	216	2	CERCADO	CATAVI	REAL
40	218	2	CERCADO	CATAVI	REAL
41	220	2	CERCADO	CATAVI	REAL
42	221	2	CERCADO	CATAVI	REAL
43	223	2	CERCADO	CATAVI	REAL
44	225	2	CERCADO	CATAVI	REAL
45	226	2	CERCADO	CATAVI	DULCE
46	227	2	CERCADO	CATAVI	CHALLAPATA
47	228	2	CERCADO	CATAVI	CHALLAPATA
48	229	2	CERCADO	CATAVI	CHALLAPATA
49	231	2	POOPO	PAZÑA	CHALLAPATA
50	232	2	POOPO	PAZÑA	CHALLAPATA
51	234	2	POOPO	PAZÑA	REAL
52	235	2	POOPO	PAZÑA	REAL
53	236	2	AVAROA	CHALLAPATA	REAL
54	238	2	AVAROA	CHALLAPATA	REAL
55	240	2	AVAROA	CHALLAPATA	CHALLAPATA
56	241	2	AVAROA	CHALLAPATA	DULCE
57	243	2	AVAROA	CHALLAPATA	REAL
58	244	2	AVAROA	CHALLAPATA	REAL
59	245	2	AVAROA	CHALLAPATA	REAL
60	250	2	AVAROA	CHALLAPATA	REAL
61	253	2	AVAROA	TACAGUA	REAL
62	256	2	AVAROA	TACAGUA	REAL
63	267	2	AVAROA	TACAGUA	REAL
64	399	2	CERCADO	LEQUEPALCA	DULCE
65	400	2	CERCADO	LEQUEPALCA	DULCE
66	411	2	CERCADO	LEQUEPALCA	CHALLAPATA
67	414	2	CERCADO	CAIHUASI	REAL
68	415	2	CERCADO	CAIHUASI	REAL
69	416	2	CERCADO	CAIHUASI	REAL
70	419	1	AROMA	PANDURO	
71	422	1	AROMA	PANDURO	REAL
72	423	1	AROMA	PANDURO	REAL
73	424	1	AROMA	PANDURO	REAL

74	425	1	AROMA	PANDURO	REAL
75	426	1	AROMA	PANDURO	CHALLAPATA
76	430	1	AROMA	PANDURO	DULCE
77	432	1	AROMA	PANDURO	REAL
78	434	1	AROMA	PANDURO	DULCE
79	437	1	AROMA	PANDURO	DULCE
80	440	1	AROMA	LAHUACHACA	DULCE
81	441	1	AROMA	LAHUACHACA	DULCE
82	442	1	AROMA	LAHUACHACA	ACHACACHI
83	443	1	AROMA	LAHUACHACA	DULCE
84	444	1	AROMA	LAHUACHACA	DULCE
85	445	1	AROMA	LAHUACHACA	REAL
86	446	1	AROMA	LAHUACHACA	DULCE
87	447	1	AROMA	LAHUACHACA	REAL
88	448	1	AROMA	SICA SICA	DULCE
89	449	1	AROMA	SICA SICA	DULCE
90	453	1	AROMA	SICA SICA	DULCE
91	454	1	AROMA	SICA SICA	REAL
92	456	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
93	459	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
94	461	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
95	509	1	AROMA	EL TOLAR	DULCE
96	511	1	AROMA	EL TOLAR	DULCE
97	513	1	AROMA	EL TOLAR	DULCE
98	514	1	AROMA	EL TOLAR	DULCE
99	515	1	AROMA	EL TOLAR	DULCE
100	1244	2	CERCADO	ORURO	DULCE
101	1246	2	CERCADO	ORURO	DULCE
102	1248	2	CERCADO	ORURO	DULCE
103	1251	2	CERCADO	ORURO	DULCE
104	1253	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
105	1258	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
106	1263	2	CERCADO	ORURO	DULCE
107	1264	2	CERCADO	ORURO	REAL
108	1266	2	CERCADO	ORURO	REAL
109	1269	2	CERCADO	ORURO	DULCE
110	1273	2	CERCADO	ORURO	DULCE
111	1275	2	CERCADO	ORURO	DULCE
112	1277	2	CERCADO	ORURO	DULCE
113	1278	2	CERCADO	ORURO	DULCE
114	1280	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA

115	1282	2	CERCADO	ORURO	PUNO
116	1284	2	CERCADO	ORURO	REAL
117	1285	2	CERCADO	ORURO	REAL
118	1287	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
119	1289	2	SAJAMA	TURCO	DULCE
120	1291	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
121	1293	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
122	1296	2	CERCADO	ORURO	DULCE
123	1299	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
124	1301	2	CERCADO	ORURO	PUNO
125	1302	2	CERCADO	ORURO	DULCE
126	1304	2	CERCADO	ORURO	REAL
127	1305	2	CERCADO	ORURO	DULCE
128	1306	2	CERCADO	ORURO	REAL
129	1308	2	CERCADO	ORURO	DULCE
130	1318	2	CERCADO	ORURO	REAL
131	1323	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
132	1324	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
133	1325	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
134	1336	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
135	1339	1	AROMA	PATACAMAYA	ACHACACHI
136	1340	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
137	1343	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
138	1345	1	AROMA	PATACAMAYA	CHALLAPATA
139	1347	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
140	1349	2	CERCADO	ORURO	DULCE
141	1352	2	CERCADO	ORURO	DULCE
142	1354	2	CERCADO	ORURO	DULCE
143	1357	2	CERCADO	ORURO	DULCE
144	1358	2	CERCADO	ORURO	DULCE
145	1361	2	CERCADO	ORURO	DULCE
146	1362	2	CERCADO	ORURO	DULCE
147	1364	2	CERCADO	ORURO	DULCE
148	1367	2	CERCADO	ORURO	DULCE
149	1368	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
150	1370	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
151	1373	2	CERCADO	ORURO	DULCE
152	1374	2	CERCADO	ORURO	DULCE
153	1376	2	CERCADO	ORURO	REAL
154	1377	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
155	1382	2	CERCADO	ORURO	ACHACACHI

156	1385	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
157	1387	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
158	1389	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
159	1390	2	CERCADO	ORURO	DULCE
160	1392	2	CERCADO	ORURO	DULCE
161	1394	2	CERCADO	ORURO	DULCE
162	1398	2	CERCADO	ORURO	CHALLAPATA
163	1471	2	CERCADO	ORURO	REAL
164	1518	2	P. DALENCE	VILUYO	REAL
165	57	1	AROMA	PATACAMAYA	REAL
166	73	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
167	74	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
168	76	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
169	78	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
170	82	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
171	84	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
172	86	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
173	88	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
174	90	1	AROMA	AMACHUMA	CHALLAPATA
175	93	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
176	94	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
177	96	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
178	102	1	AROMA	AMACHUMA	DULCE
179	126	1	AROMA	CALAMARCA	DULCE
180	127	1	AROMA	CALAMARCA	DULCE
181	128	1	AROMA	CALAMARCA	DULCE
182	129	1	AROMA	CALAMARCA	DULCE
183	132	1	AROMA	CALAMARCA	DULCE
184	134	1	AROMA	EL TOLAR	DULCE
185	135	1	AROMA	EL TOLAR	DULCE
186	146	1	COLQUIRI	KALLI PAMPA	REAL
187	418	1	AROMA	PANDURO	REAL
188	420	1	AROMA	PANDURO	CHALLAPATA
189	457	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
190	1337	1	AROMA	PATACAMAYA	PUNO
191	1338	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
192	1341	1	AROMA	PATACAMAYA	ACHACACHI
193	1342	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
194	1344	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
195	1346	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE
196	1713	1	AROMA	PATACAMAYA	DULCE

197	1714	1	AROMA	PATACAMAYA	
198	1715	1	AROMA	PATACAMAYA	
199	1717	1	AROMA	PATACAMAYA	
200	1719	1	AROMA	PATACAMAYA	
201	1720	1	AROMA	PATACAMAYA	
202	1831	1	AROMA	PANDURO	
203	1832	1	AROMA	PANDURO	
204	1833	1	AROMA	PANDURO	
205	1834	1	AROMA	PANDURO	
206	1835	1	AROMA	PANDURO	
207	1836	1	AROMA	PANDURO	
208	1837	1	AROMA	KONANI	
209	1838	1	AROMA	KONANI	
210	1839	1	AROMA	KONANI	
211	1840	1	AROMA	KONANI	
212	1841	1	AROMA	KONANI	
213	1842	1	AROMA	KONANI	
214	1843	1	AROMA		
215	1844	1	AROMA	BELEN	
216	1845	1	AROMA	BELEN	
217	1846	1	AROMA	BELEN	
218	1847	1	AROMA	BELEN	
219	1848	1	AROMA	LAHUACHACA	
220	1849	1	AROMA	LAHUACHACA	
221	1850	1	AROMA	LAHUACHACA	
222	1851	1	AROMA	LAHUACHACA	
223	1852	1	AROMA	SICA SICA	
224	1853	1	AROMA	SICA SICA	
225	1854	1	AROMA	SICA SICA	
226	1855	1	AROMA	SICA SICA	
227	1856	1	AROMA	SICA SICA	
228	1857	1	AROMA	SICA SICA	
229	1858	1	AROMA	A. PATACAMAYA	
230	1859	1	AROMA	A. PATACAMAYA	
231	1860	1	AROMA	A. PATACAMAYA	
232	1861	1	AROMA	A. PATACAMAYA	
233	1862	1	AROMA	AMACHUMA	
234	1863	1	AROMA	AMACHUMA	
235	1864	1	AROMA	AMACHUMA	
236	1865	1	AROMA	AMACHUMA	
237	1866	1	AROMA	AMACHUMA	

238	1867	1	AROMA	UMALA	
239	1868	1	AROMA		
240	1869	1	AROMA	UMALA	
241	1870	1	AROMA	UMALA	
242	1871	1	AROMA	COCHINITOS	
243	1872	1	AROMA	COCHINITOS	
244	1873	1	AROMA		
245	1874	1	AROMA	COCHINITOS	
246	1922	1	AROMA	PANDURO	
247	1956	1	AROMA	UMALA	
248	2018	1	AROMA	PATACAMAYA	
249	2024	1	AROMA	PATACAMAYA	
250	2238	1	AROMA	PATACAMAYA	
251	2239	1	AROMA	PATACAMAYA	
252	2240	1	AROMA	PATACAMAYA	
253	2241	1	AROMA	PATACAMAYA	
254	2242	1	AROMA	PATACAMAYA	
255	2243	1	AROMA	PATACAMAYA	
256	2244	1	AROMA	PATACAMAYA	
257	2245	1	AROMA	PATACAMAYA	
258	2246	1	AROMA	PATACAMAYA	
259	2247	1	AROMA	PATACAMAYA	
260	2248	1	AROMA	PATACAMAYA	
261	2249	1	AROMA	PATACAMAYA	
262	2250	1	AROMA	PATACAMAYA	
263	2251	1	AROMA	PATACAMAYA	
264	2252	1	AROMA	PATACAMAYA	
265	2253	1	AROMA	PATACAMAYA	
266	2254	1	AROMA	PATACAMAYA	
267	2255	1	AROMA	PATACAMAYA	
268	2256	1	AROMA	PATACAMAYA	
269	2257	1	AROMA	PATACAMAYA	
270	2258	1	AROMA	PATACAMAYA	
271	2259	1	AROMA	PATACAMAYA	
272	2260	1	AROMA	PATACAMAYA	
273	2261	1	AROMA	PATACAMAYA	
274	2262	1	AROMA	PATACAMAYA	
275	2263	1	AROMA	PATACAMAYA	
276	2264	1	AROMA	PATACAMAYA	
277	2265	1	AROMA	PATACAMAYA	
278	2266	1	AROMA	PATACAMAYA	



279	2267	1	AROMA	PATACAMAYA	
280	2268	1	AROMA	PATACAMAYA	
281	2269	1	AROMA	PATACAMAYA	
282	2270	1	AROMA	PATACAMAYA	
283	2271	1	AROMA	PATACAMAYA	
284	2272	1	AROMA	PATACAMAYA	
285	2273	1	AROMA	PATACAMAYA	
286	2274	1	AROMA	PATACAMAYA	
287	2275	1	AROMA	PATACAMAYA	
288	2276	1	AROMA	PATACAMAYA	
289	2277	1	AROMA	PATACAMAYA	
290	2278	1	AROMA	PATACAMAYA	
291	2279	1	AROMA	PATACAMAYA	
292	2280	1	AROMA	PATACAMAYA	
293	2281	1	AROMA	PATACAMAYA	
294	2282	1	AROMA	PATACAMAYA	
295	2283	1	AROMA	PATACAMAYA	
296	2284	1	AROMA	PATACAMAYA	
297	2285	1	AROMA	PATACAMAYA	
298	2286	1	AROMA	PATACAMAYA	
299	2287	1	AROMA	PATACAMAYA	
300	2288	1	AROMA	PATACAMAYA	
301	2289	1	AROMA	PATACAMAYA	
302	2290	1	AROMA	PATACAMAYA	
303	2291	1	AROMA	PATACAMAYA	
304	2292	1	AROMA	PATACAMAYA	
305	2293	1	AROMA	PATACAMAYA	
306	2294	1	AROMA	PATACAMAYA	
307	2295	1	AROMA	PATACAMAYA	
308	2296	1	AROMA	PATACAMAYA	
309	2297	1	AROMA	PATACAMAYA	
310	2298	1	AROMA	PATACAMAYA	

1= Departamento de La Paz.

2= Departamento de Oruro.

**ANEXOS.** Cronología de la regeneración de quinua en la estación de Patacamaya.



SIEMBRA DE LA PARCELA



GERMINACIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA



VERIFICACIÓN Y PURIFICACIÓN DE LA PARCELA DE QUINUA





DESHIERBE DE LA PARCELA



PARCELA DESHIERBADA



ACCESIONES DE QUINUA EN FASE DE GRANO LECHOSO



VARIACIÓN DE LA COLORACIÓN EN LA PARCELA

PARCELA DE REGENERACION EN FASE DE MADUREZ FISIOLÓGICA





## EVALUACIÓN DE LA PARCELA DE QUINUA



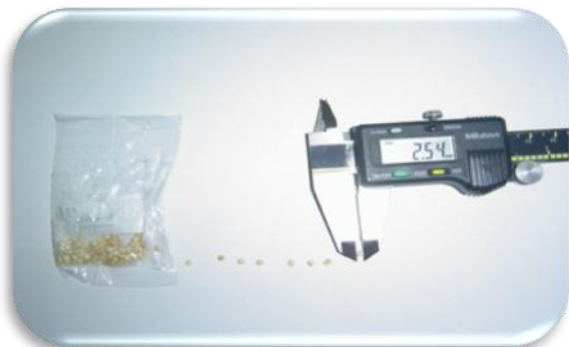
## CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LAS ACCESIONES DE QUINUA



## COSECHA DE LAS ACCESIONES



## TRILLADO Y VENTEADO DE LAS ACCESIONES



## CARACTERIZACIÓN DEL GRANO