

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



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE VARIEDADES PRECOCES DE QUINUA CON  
FERTILIZACIÓN FOLIAR EN K'IPHAK'IPHANI, VIACHA  
DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

**HERMINIA QUISPE CHAMBI**

**LA PAZ - BOLIVIA**

**2015**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**  
**EVALUACIÓN DE VARIEDADES PRECOCES DE QUINUA CON FERTILIZACIÓN**  
**FOLIAR EN K'IPHAK'IPHANI, VIACHA DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

*Tesis de grado presentado como requisito  
Parcial para optar el título de  
Ingeniero Agrónomo*

**HERMINIA QUISPE CHAMBI**

**Asesor:**

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores .....

**Tribunal examinador:**

Ing. Ph. D. Jose Yakov Arteaga .....

Ing. M. Sc. Eduardo Chilon Camacho .....

Ing. Carlos Mena Herrera .....

**APROBADA**

**Presidente tribunal examinador** .....

### ***DEDICATORIA***

*A la memoria de mi papá Pedro Quispe Ticona (†),  
que siempre vivirá en mi corazón y en mi mente.*

*Con amor y mucho cariño a mi mamá Secundina  
Chambi Ticona quien me dio, cariño, amor, compañía  
y comprensión, para lograr mis metas.  
¡Gracias mamita por tu apoyo incondicional!*

*Con mucho cariño a la señora Elizabeth Molina de  
Mitzlaff, quien me dio comprensión y apoyo moral,  
para seguir adelante.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios nuestro padre por haber permitido que concluyera el presente trabajo.

A la universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, al personal docente por haber contribuido en mi formación profesional.

A la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) a todo el personal de k'iphak'iphani (centro de investigación experimental) por permitirme la realización y ofrecer el apoyo en el presente trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial al Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio asesor de tesis e Ing. Amalia Vargas, por su tiempo y paciencia durante la realización del presente trabajo.

A los Tribunales Revisores por sus aportes, explicaciones y sugerencias para este trabajo: Ing. M. Sc. Eduardo Chilon Camacho, Ing. Ph. D. Yakov Arteaga García e Ing. Carlos Mena Herrera.

A mi mamá Secundina Chambi Ticona por haberme brindado todo su amor, cariño y comprensión, quien me enseñó que en la vida se debe luchar para alcanzar una meta. A mis hermanos Gumercindo, Ismael Santos, Bertha María, Nelzon y en especial a mi hermana Lidia que siempre se preocupó por mí, dándome palabras de aliento para seguir adelante.

A la señora Elizabeth Molina de Mitzlaff que siempre estuvo conmigo dándome fuerzas para que siga adelante, señora Isabel Mitzlaff e hijos Alexa Carolina y Dieguito, quienes me dieron su cariño, apoyo y comprensión haciéndome sentir parte de su familia y por tenerme mucha paciencia.

A todos mis amigos y compañeros, Vilma Paloma, Elizabeth, Mary Abelina, Vicky, Felipa, Jeydi, Maria del Carmen, Raquel, Ximena, Cintia, Enrique, Rodrigo, Ariel, Wilson y Edwin Chillo, que compartí momentos de alegría y tristeza.

A Ximena Romero, Patricia Galindo, Felipa Chambi Graciela y Leticia, quienes me dieron cariño y apoyo moral.

A todas aquellas personas que me colaboraron y que no mencioné muchas gracias!

## INDICE GENERAL

INDICE GENERAL .....	i
INDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMÉN.....	x
ABSTRACT.....	xii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación .....	2
2. OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo General .....	3
2.1 Objetivos Específicos .....	3
2.2 Hipótesis .....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1 Origen y distribución .....	4
3.1.1 Distribución geográfica .....	4
3.2 Mejoramiento genético de la quinua.....	4
3.3 Características de las variedades .....	4
3.4 Valor nutritivo de la quinua.....	6
3.4.1 Principios nutritivos y nutraceuticos.....	6
3.5 Evolución de la producción de quinua en Bolivia.....	7
3.6 Ecotipos de la variedad de Quinua, existente y cultivada en Bolivia.....	7
3.7 Precocidad .....	8
3.8 Factores que han contribuido al uso de variedades precoces .....	9
3.8.1 Ventajas y desventajas la precocidad.....	9
3.9 Selección en Ecotipos de Bolivia.....	10

3.9.1	Kariquimeña .....	10
3.9.2	Q'anchis Blanco .....	10
3.9.3	Maniqueña .....	10
3.9.4	Chipaya .....	11
3.10	Fases fenológicas .....	11
3.10.1	Emergencia.....	11
3.10.2	Dos hojas verdaderas .....	11
3.10.3	Seis hojas verdaderas .....	11
3.10.4	Ramificación .....	11
3.10.5	Inicio de panojamiento .....	12
3.10.6	Inicio de floración .....	12
3.10.7	Grano lechoso .....	12
3.10.8	Grano masoso .....	12
3.10.9	Madures.....	12
3.11	Requerimientos agroclimáticos del cultivo de quinua .....	12
3.11.1	Altitud.....	12
3.11.2	Suelo y pH .....	13
3.11.3	Precipitación .....	13
3.11.4	Temperatura .....	13
3.11.5	Radiación.....	14
3.12	Prácticas de cultivo .....	14
3.12.1	Preparación del terreno .....	14
3.12.2	Épocas de siembra .....	15
3.12.3	Labores culturales.....	15
3.12.3.1	Deshierbes.....	15
3.12.3.2	Raleo .....	15
3.12.3.3	Aporques .....	16
3.12.3.4	Purificación varietal.....	16

3.12.3.5	Control de plagas y enfermedades .....	16
3.13	Requerimientos de NPK para el cultivo de quinua.....	16
3.14	Fertilización foliar .....	16
3.14.1	Absorción foliar de nutrientes en la planta .....	17
3.14.2	Fertilizantes foliares químicos.....	17
3.14.3	Fertilizantes foliares orgánicos.....	18
3.15	Rendimiento.....	19
3.16	Calidad de grano.....	19
3.17	Semilla y germinación de la semilla.....	19
4.	LOCALIZACION .....	20
4.1	Ubicación del Trabajo de Investigación.....	20
4.2	Características agroecológicas de la zona .....	20
4.2.1	Clima.....	20
4.2.2	Suelo.....	21
4.2.3	Vegetación .....	21
4.2.4	Características fisiográficas.....	21
5	MATERIALES Y METODOS .....	22
5.1	Materiales .....	22
5.1.1	Material genético madurez .....	22
5.1.2	Insumos.....	23
5.1.3	Material de Campo .....	23
5.1.4	Material de gabinete y laboratorio.....	24
5.2	Método.....	24
5.2.1	Diseño experimental.....	24
5.2.2	Factores de Estudio .....	25
5.2.3	Descripción de los Tratamientos .....	25
5.2.3.1	Croquis del experimento .....	27
5.3	Trabajo de campo .....	27

5.3.3	Muestreo de suelo.....	27
5.3.4	Preparación y delimitación del terreno.....	27
5.3.5	Siembra.....	28
5.3.6	Marcado de las plantas .....	28
5.4	Labores culturales.....	29
5.4.3	Raleo.....	29
5.4.4	Deshierbe.....	29
5.4.5	Aporque.....	29
5.4.6	Enfermedades.....	30
5.4.7	Apertura de canales de drenaje.....	31
5.4.8	Cosecha.....	31
5.4.9	Trilla.....	31
5.4.10	Venteadado y limpieza del grano.....	33
5.5	Variables agronómicas.....	33
5.5.1	Altura de planta (cm).....	33
5.5.2	Diámetro de tallo (mm).....	33
5.5.3	Longitud de panoja.....	34
5.5.4	Diámetro de panoja (cm).....	34
5.5.5	Rendimiento de Grano.....	34
5.5.6	Calibración del grano.....	35
5.5.7	Peso hectolítrico.....	35
5.5.8	Prueba de germinación.....	36
5.5.9	Análisis estadístico.....	36
6	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	37
6.1	Condiciones climáticos.....	37
6.1.1	Precipitación pluvial.....	37
6.1.2	Temperatura.....	38
6.1.3	Suelo del sitio experimental.....	399

6.2	Variables de respuesta.....	411
6.2.1	Altura de planta a los 65 días .....	411
6.3	Altura de planta y diámetro de tallo (80 días) .....	43
6.4	Atura de planta y diámetro de tallo (95 días) .....	466
6.5	Altura de planta y diámetro de tallo a 110 días (fase de grano lechoso).....	499
6.6	Altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja en fase de maduras fisiológica. ....	533
6.7	Rendimiento, Índice de cosecha, calibración y peso hectolítrico de grano ...	588
6.7.1	Rendimiento del grano .....	588
6.7.2	Índice de cosecha. ....	61
6.4	Efecto simple para índice de cosecha según variedad por fertilizante .....	63
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	811
7.1	CONCLUSIONES.....	811
7.2	Recomendaciones .....	833
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	844

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características agromorfológicas, valor nutritivo y aptitud agroindustrial de variedades y líneas de quinua .....	6
Cuadro 2. Principales características climáticas de las regiones productoras de quinua en Bolivia .....	14
Cuadro 3. Características agronómicas del material genético empleado .....	22
Cuadro 4. Factores de estudio.....	25
Cuadro 5. Descripción de los tratamientos .....	26
Cuadro 6. Proporción de nutrientes primarios (NPK), materia orgánica y pH antes de la siembra .....	39
Cuadro 7. Proporción de nutrientes primarios (NPK) y materia orgánica en el suelo por tratamiento, después de la cosecha. ....	40
Cuadro 8. Análisis de varianza, altura de planta a los 65 días .....	41
Cuadro 9. Cuadrados medios del ANVA para altura de planta y diámetro de tallo a 80 días .....	43
Cuadro 10. Cuadrados medios del ANVA para la altura de planta y diámetro de tallo (95 días) .....	46
Cuadro 11. Cuadrados medios del ANVA para la altura de planta y diámetro de tallo (110 días).....	49
Cuadro 12. Cuadrados medios del ANVA para la altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja en fase de madures fisiológica a los 125 días. 53	
Cuadro 13. Análisis de varianza para el Rendimiento.....	58
Cuadro 14. Análisis de varianza para el índice de cosecha .....	61
Cuadro 15. Prueba de Duncan para el índice de cosecha entre variedades .....	62
Cuadro 16. Prueba de Duncan para el índice de cosecha entre fertilizantes .....	62

Cuadro 17. Análisis de efecto simple para el índice de cosecha según variedad por fertilizante .....	63
Cuadro 18. Análisis de varianza para el porcentaje en grano grande (calibre 1.7 a 2.0 mm) .....	66
Cuadro 19. Análisis de efecto simple en la interacción de los factores de variedad y fertilizantes foliares para el tamaño de grano (calibre $\geq 2,00$ mm) .....	66
Cuadro 20. Análisis de varianza para proporción de tamaño de grano (calibre 1.4 a 1.9) grano mediano .....	70
Cuadro 21. Análisis de varianza para grano pequeño .....	72
Cuadro 22. Comparación de Duncan para tamaño de grano (variedades) .....	72
Cuadro 23. Prueba de Duncan para grano grande y mediano para la aplicación de fertilizantes .....	73
Cuadro 24. Análisis de varianza para peso hectolítrico de grano grande.....	73
Cuadro 25. Análisis de varianza para peso hectolítrico de grano Mediano .....	76
Cuadro 26. Comparación de Duncan para peso hectolítrico (variedades), grano grande y mediano.....	77
Cuadro 27. Comparación de Duncan para peso hectolítrico de grano grande y grano mediano (fertilizantes). .....	77
Cuadro 28. Cuadrados medios del ANVA para prueba de germinación en grano grande y mediano (24 horas y 36 horas) .....	78
Cuadro 29. Valores promedio del porcentaje de germinación de grano grande y mediano a las 24 horas y 36 horas entre variedades.....	79
Cuadro 30. Comparación de Duncan para prueba de germinación de grano grande y mediano para fertilizantes ( 24 horas y 36 horas) .....	80

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de investigación.....	20
Figura 2. Croquis experimental .....	27
Figura 3. Precipitación pluvial .....	37
Figura 4. Temperaturas durante el ciclo del cultivo (2013 – 2014) .....	38
Figura 5. Prueba de Duncan para altura a 65 días (fertilizantes).....	42
Figura 6. Prueba de Duncan para altura a 80 días (fertilizantes).....	44
Figura 7. Prueba de Duncan para diámetro de tallo a los 80 días (fertilizantes) .	45
Figura 8. Prueba de Duncan para altura de planta a 95 días (fertilizantes) .....	47
Figura 9. Prueba de Duncan para diámetro de tallo a 95 días (fertilizantes) .....	48
Figura 10. Prueba de Duncan para altura de planta a 110 días (fertilizantes) .....	50
Figura 11. Prueba de Duncan para diámetro de tallo a 110 días (variedades) ..	51
Figura 12. Prueba de Duncan para diámetro de tallo a 110 días (fertilizantes) .	52
Figura 13. Prueba de Duncan para altura 125 días (fertilizantes).....	54
Figura 14. Prueba de Duncan para diámetro de tallo, en 125 (fertilizantes) .....	55
Figura 15. Prueba de Duncan para longitud de panoja a 125 días (fertilizantes) .	56
Figura 16. Prueba de Duncan para diámetro de panoja a 125 días (fertilizantes) .....	57
Figura 17. prueba de Duncan para rendimiento en grano .....	59
Figura 18. Prueba de Duncan para rendimiento de grano (fertilizantes).....	60
Figura 19. Representación gráfica del índice de cosecha para la interacción variedad por fertilizante. ....	64
Figura 20. Interacción de los factores variedades y fertilizantes foliares en el porcentaje de tamaño de grano en quinua (calibre 1.7 a 2.0 mm).....	67
Figura 21. Prueba de Duncan en variedades para tamaño de grano (1.7 a 2.00 mm) .....	68
Figura 22. Prueba de Duncan para grano grande (fertilizantes) .....	69
Figura 23. Prueba de Duncan para proporción de grano mediano .....	71
Figura 24. Prueba de Duncan, peso hectolítrico de grano grande (fertilizantes) 74	
Figura 25. Prueba de Duncan peso hectolítrico de grano grande (Variedad) .....	75
Figura 26. Prueba de Duncan para peso hectolítrico de grano mediano .....	76

## INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Identificación de 5 plantas .....	29
Fotografía 2. Aporque del cultivo de quinua .....	30
Fotografía 3. Plantas con enfermedad de mildiu .....	30
Fotografía 4. Medición de la parcela.....	31
Fotografía 5. Parcela útil cosechado .....	31
Fotografía 6. trilla de las parcelas útiles de quinua .....	32
Fotografía 7. Parcela útil trillado de la variedad Chipaya .....	32
Fotografía 8. Limpieza de los ensayos.....	33
Fotografía 9. Embolsado de grano.....	34
Fotografía 10. Pesado del grano .....	35

## RESUMÉN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental de K'iphak'iphani durante la campaña agrícola 2013 - 2014. Se evaluaron dos factores de estudio, variedades precoces de quinua y aplicación de fertilizantes foliares. El primer factor de estudio estuvo conformado por cuatro variedades precoces de quinua que son Kariquimeña, Chipaya, Qanchis Blanco y Maniqueña. El segundo factor estuvo integrado por los fertilizantes foliares Nitrofoska (inorgánico) y Vigortop (orgánico). La investigación de campo fue establecido bajo el diseño experimental de bloques completos al azar en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Las variedades fueron asignadas a la parcela grande, mientras que los tratamientos con fertilizante foliar fueron asignados a la sub parcela. Los factores de estudio permitieron conformar 48 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja, rendimiento, índice de cosecha, peso hectolítrico, proporción en tamaño de grano (categorías) y porcentaje de germinación por tamaño de grano y en diferentes tiempo de prueba. Los datos obtenidos, fueron sometidos al análisis de varianza y en caso de encontrar diferencias estadísticamente significativas se procedió a aplicar la prueba de Duncan.

Los resultados obtenidos muestran que las variedades tienen comportamiento similar en variables agronómicas de altura de planta, diámetro de tallo, longitud y diámetro de panoja, pero las diferencias fueron evidentes para el rendimiento y categorías de grano. La aplicación de los fertilizantes tuvo respuestas favorables con diferencias significativas en altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja, rendimiento, índice de cosecha y porcentajes de grano grande dentro cada variedad (categorías de grano). La mejor respuesta se ha registrado para el fertilizante foliar Nitrofoska, seguido por el Vigortop y el testigo con promedios menores en las variables evaluadas. Para el rendimiento a nivel de variedades, se registró 1521.83 kg/ha, 1493,83kg/ha, 1408.75 kg/ha y 1303,58 kg/ha, correspondiente a las variedades Chipaya, Maniqueña, Kariquemeña y Q'anchis Blanco respectivamente. Para la misma variable (rendimiento) con aplicación de

fertilizantes foliares, con el fertilizante foliar Nitrofoska se ha obtenido el rendimiento más alto (1793.25 kg/ha), le sigue el tratamiento con fertilizante foliar orgánico Vigortop (1414.50 kg/ha) y finalmente el testigo que no recibió ninguna aplicación reportó el rendimiento más bajo (1088.25kg/ha).

Con respecto a las variables que tienen que ver con la calidad comercial del grano, las variedades de quinua precoz han mostrado diferencias significativas, siendo la variedad Kariquimeña la que presentó el mayor porcentaje de granos grandes en peso, lo que quiere decir que esta variedad tendría la mejor calidad comercial. Por otra parte, la aplicación de fertilizantes foliares, ha influido positivamente sobre las características del grano, entre ellos en el peso hectolítrico y porcentaje de grano grande. En cambio, tanto variedades como fertilizantes, no han tenido influencia directa sobre el porcentaje de germinación.

En conclusión, las variedades precoces expresaron similares valores en los caracteres agronómicos (altura de planta, diámetro de tallo, tamaño de panoja), pero con diferencias para el rendimiento de grano. La aplicación de fertilizantes foliares favorecen a la mayor expresión de sus variables agronómicas, el rendimiento en grano y características de calidad comercial del grano, aunque su influencia sobre la germinación no fue significativo. De lo anterior se deduce que la aplicación de fertilizantes foliares puede ser una alternativa para mejorar la calidad comercial del grano, especialmente en las variedades precoces que tienen menor tiempo para desarrollar y expresar su potencial genético.

## ABSTRACT

This research was conducted at the K'iphak'iphani Experiment Station during the cropping year 2013-2014. Two factors were investigated, early varieties of quinoa and application of foliar fertilizers. The first factor of study consisted of four early varieties of quinoa Kariquimeña, Chipaya, Qanchis Blancoe and Maniqueña. The second factor was composed of Nitrofoska foliar fertilizers (inorganic) and Vigortop (organic). The field research was established under completely randomized experimental design in split plots with four replications. The varieties were assigned to the main plot, while foliar fertilizer treatments were assigned to sub plot. Study factors conducted to establish 48 experimental units. The evaluated variables were plant height, stem diameter, length of panicle, yield, harvest index, weight of grain in a 100 liter volume, grain size ratio (categories) and germination percentage of grain size and different test time. The data obtained were submitted to analysis of variance and in case of finding significant differences, Duncan's test was performed.

The results show that the varieties have similar behavior in agronomic traits of plant height, stem diameter, panicle length and diameter, but the differences were evident for performance and grain categories. The application of fertilizers has favorable response with significant differences in plant height, stem diameter, length of panicle, yield, harvest index and percentages of large grain size in each variety (categories of grain). The best answer is registered for foliar fertilizer Nitrofoska, followed by Vigortop and the control with lower averages in the evaluated variables. For yield performance of varieties, 1521,83 kg/ha, 1493,83 kg/ha and 1408,75 kg/ha corresponding to Chipaya, Kariquemeña Maniqueña respectively. For the same variable (performance) with application of foliar fertilizer, foliar fertilizer with Nitrofoska has obtained the highest yield (1793,25 kg/ha), followed by the organic foliar fertilizer treatments Vigortop (1414,50 kg/ha) and finally the control which did not receive any application reported the lowest yield (1088,25kg/ha).

With respect to variables that have to do with the commercial quality of grain, early varieties of quinoa have shown significant differences among varieties being Kariquimeña reporting the highest percentage of large grains in weight, which

means that this variety would be the best commercial quality. Moreover, application of foliar fertilizers has positively influenced the characteristics of the grain, including the test weight and percentage of large grain. Instead, both varieties as fertilizers have not had direct influence on the germination percentage.

In conclusion, early varieties express similar values in agronomic characters (plant height, stem diameter, panicle size) but with differences for grain yield. The application of foliar fertilizers favors the greatest expression of their agronomic traits, grain yield and quality characteristics of commercial grain, although its influence on the germination was not significant. It suggests that the application of foliar fertilizers can be an alternative to improve the commercial quality of the grain, especially in the early varieties which have less time to develop and express their genetic potential.

## 1. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es originaria de los Andes y fue cultivo principal de las civilizaciones predecesoras. Con la colonización española, su importancia ha decaído. Sin embargo, en los últimos años, la quinua ha adquirido mayor importancia comercial debido al descubrimiento de su alto valor nutritivo y propiedades nutracéuticas. Esto ha derivado en generar interés por el cultivo y consumo del producto en países donde la quinua no es nativa.

La producción de quinua en Bolivia ha experimentado un incremento significativo en la última década, de una producción de 23,000 toneladas en el año 2000, al año 2013 superando las 61,000 toneladas. Estos volúmenes de producción, han incrementado la superficie cultivada, que va de casi 36,000 hectáreas en el año 2000, a más de 130,000 hectáreas para el año 2013 (Blajos *et al.* 2014)

En Bolivia, la quinua se cultiva ampliamente en el altiplano, pero también se produce en menor escala en los valles interandinos. En el altiplano, tradicionalmente la quinua se siembra en los meses de agosto y septiembre, sin embargo, en las últimas décadas, se observa que durante estos meses se registra ausencia de lluvias y el suelo se encuentra generalmente seco, particularmente en el altiplano Norte y Central. Las lluvias generalmente ocurren en los meses de noviembre o a veces recién en diciembre. Esta situación retrasa la siembra con el consecuente riesgo de que la planta no complete su ciclo productivo en razón de las heladas de febrero o marzo.

Ante el retraso en la época de siembra, los agricultores del altiplano Central y Norte, prefieren sembrar variedades precoces, razón que la demanda de semilla de variedades precoces es alta. Las variedades precoces tienen la característica de tener un ciclo corto y completan su ciclo a pesar de una siembra retrasada. En palabra de los productores, las variedades precoces son denominadas noventonas, aunque su ciclo productivo no es necesariamente de 90 días, sino de 120 a 135 días. Las variedades precoces, por su naturaleza biológica y fisiológica, requieren de buenas condiciones ambientales para su buen crecimiento y rendimiento, siendo necesaria la aplicación de fertilizantes y labores de manejo más cuidadosos.

## **1.1 Antecedentes**

En el centro de investigación K'iphak'iphani se han obtenido materiales genéticos derivados de procesos de mejoramiento de la quinua para evasión a factores climáticos adversos (helada, sequia, altas precipitaciones y granizo) junto a caracteres de calidad del grano (variedades precoces).

En cualquier cultivo, las variedades precoces presentan rendimientos moderados debido a sus características fisiológicas propias, siendo necesario suplementar la nutrición de la planta mediante la aplicación de fertilizantes. Los insumos disponibles para el cultivo son orgánicos y sintéticos de formulación líquida y sólida. Entre las formulaciones líquidas se encuentran los Bioles, Vigortop, Crecifol, Nitrofoska foliar, entre otros.

El altiplano boliviano presenta suelos con baja fertilidad y el cultivo de quinua es exigente en nitrógeno además de otros nutrientes. En tales condiciones, es necesario la fertilización suplementaria, para lo cual se puede utilizar productos orgánicos y químicos que proporcionen los elementos necesarios para el desarrollo de la planta.

## **1.2 Justificación**

Las condiciones ambientales del altiplano (sequia), limitan la siembra oportuna de quinua, conducen a fallas en el establecimiento o pérdidas totales del cultivo. Frente a estas situaciones, la alternativa es emplear variedades precoces debido a características de mitigación a factores adversos. Pero, estas variedades tienen limitaciones, dadas por el menor tiempo para su crecimiento y desarrollo. Por lo cual es necesario aplicar insumos que favorecen el crecimiento y desarrollo de cultivos, entre ellos, los fertilizantes foliares como los utilizados en el presente trabajo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluar el comportamiento agronómico de variedades precoces de quinua frente a la fertilización foliar.

### **2.1 Objetivos Específicos**

- Evaluar la altura de las plantas de variedades precoces con aplicación de fertilizantes foliares en época de siembra retrasada.
- Determinar la influencia de los fertilizantes foliares sobre el ciclo productivo de variedades precoces.
- Evaluar el rendimiento total de grano.
- Evaluar el efecto de los fertilizantes foliares sobre la calidad del grano (proporción de categorías de grano).

### **2.2 Hipótesis**

**Ho:** No hay diferencias entre los fertilizantes foliares sobre las características agronómicas.

**Ho:** No hay diferencias en calidad de grano entre variedades y entre los tratamientos de fertilización.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Origen y distribución**

Mújica *et al.* (2001), señalan que la quinua es un cultivo de la región Andina. La mayoría de los autores coinciden en indicar que es originario del altiplano, que comparten los países de Bolivia y Perú. Y su área de dispersión geográfica es bastante amplia por su importancia social y económica, además, en esta zona se encuentra la mayor diversidad de Ecotipos.

Cauthin (2013); citado por Tambo (2014), indica que la quinua es un grano originario de la cordillera de Los Andes, tradicionalmente crece en zonas áridas y semiáridas contando con una amplia variabilidad genética de más de 3000 Ecotipos, estando considerado un alimento estratégico que puede favorecer a la seguridad alimentaria de la humanidad principalmente por sus cualidades nutricionales.

##### **3.1.1 Distribución geográfica**

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

#### **3.2 Mejoramiento genético de la quinua**

El mejoramiento genético de la quinua puede lograrse utilizando diversos métodos, desde los convencionales como la selección masal, individual, hibridaciones o cruzamientos, la inducción de mutaciones; con el objetivo de desarrollar variedades dominantes que combinen alto potencial de rendimiento, tolerancia, resistencia a factores bióticos y abióticos, adaptación a regiones agro-climáticas. Para lo cual se debe considerar los requerimientos del agricultor, de la industria y el consumidor, los cuales varían con el tiempo y la región o país (Bonifacio *et al.* 2013).

#### **3.3 Características de las variedades**

Bonifacio (2013), indica las características de una variedad y define como la expresión de caracteres de un cierto genotipo o una cierta combinación de genotipos, que se distingue de cualquier otro conjunto de plantas. Además señala

que variedad es un grupo de plantas, dentro de una especie que se distingue por una serie de características morfológicas y agronómicas. El mismo autor (2013), señala que en los centros de origen de las especies cultivadas, existen una serie de variedades nativas o tradicionales de quinua, conocidas como ecotipos de quinua real, ecotipos de quinua dulce o variedades locales, estas variedades presentan su rango de adaptación más o menos particular como las variedades mejoradas que se encuentran caracterizadas para cada zona de producción. Explicando las variedades requeridas por zonas como sigue:

- **Variedades para el Altiplano Norte**

Las variedades para el altiplano norte son: Kankolla, Witulla, Janqu, Phisanqalla, Quytu. Todas ellas son de grano pequeño resistentes al mildiu y las variedades mejoradas para el altiplano norte son kurmi, Blanquita, Jacha grano, que son semi tardío, con rendimientos igual o mayor a 1000 kg/ha.

- **Variedades para el altiplano central**

Las variedades aptas para el altiplano central son las que fue liberada por la estación experimental de Patacamaya, las adaptadas a esta zona son Sajama, Chucapaca, Sajama Amarantiforme, Sayaña y Surumi. Estas variedades tienen un bajo nivel de resistencia al mildiu de grano grande de ciclo semi precoz.

- **Variedades del Altiplano Sur**

Las variedades para el altiplano sur son la real blanca, Pandela Rosada, Toledo, rosa blanca y Phisanqalla. Las variedades mejoradas y seleccionadas como Qusuña, Horizontes, Maniqueña, Qanchis Blanco, son aptas para el altiplano sur.

- **Zona de los valles**

En la zona de los valles, se prefiere variedades de ciclo semiprecoz a precoz, resistentes al mildiu y granos medianos a grandes. Últimamente surge el interés de producir quinua en Santa Cruz como cultivo de invierno, donde se requieren variedades resistentes a la enfermedad del mildiu y tolerantes al calor junto a características apropiadas para el manejo mecanizado del cultivo.

### 3.4 Valor nutritivo de la quinua

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

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

**Cuadro 1. Características agromorfológicas, valor nutritivo y aptitud agroindustrial de variedades y líneas de quinua**

Variedad /línea	Parámetros									
	Madurez fisiológica (días)	Altura de Planta (cm)	Rto de grano (kg/ha)	Proteína (%)	Fibra (%)	Contenido de almidón (%)	Granulo de almidón (%)	Azucares invertidos (%)	Amilosa (%)	Hierro (mg/100)
Real blanca	180		650	14,5	3,9	60,3	5,2	23	12,2	2,1
J'acha grano	135	120	1400	14,2	3,8	58,3	3,6	21	10,5	2,1
Blanquita	170	110	1500	13,8	4,2	39,2	1,1	19	16,6	1,8
Kurmi	155	120	1550	16,1	4,3	61,5	2,1	20	15,9	1,2
Aynoka	155	110	1200	13,6	4,3	59,3	2,8	21	15,1	4,5
Kosuña	155	100	1000	14,8	4,5	49,3	4,8	15	15,9	3,5
Línea K-chullpi	160	115	1250	18,2	3,1	61,4	1,5	18	21,5	4,8
Línea 118 cf	150	115	1250	16,8	6,1	42,1	2,8	15	16,5	2,7

Fuente: Rojas *et al.* (2014)

#### 3.4.1 Principios nutritivos y nutraceuticos

En estudios recientes se ha determinado la presencia de fibras dietéticas en quinua y su efecto benéfico en la salud humana, existen posibilidades de iniciar trabajos de mejoramiento en estos factores. Se ha determinado que el contenido de fibra en el grano puede variar entre 3,5 a 9,7%. En Bolivia varias empresas desde hace más de una década han iniciado la transformación de productos, derivados a base de quinua y en los últimos años la diversidad de productos transformados se ha incrementado en forma notable. Sin embargo, estos productos transformados se elaboran con una mezcla de granos de diferentes variedades por lo que la calidad

del producto no se mantiene entre una elaboración y otra. Esto motivó a considerar en el programa de mejora nuevos caracteres como: almidón, amilosa, amilopectina, diámetro de gránulo de almidón, azúcares reductores, agua de empaste y otros (Rojas et al. 2010).

### **3.5 Evolución de la producción de quinua en Bolivia**

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

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

### **3.6 Ecotipos de la variedad de Quinua, existente y cultivada en Bolivia**

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

- **Nombre del Ecotipos y otros nombres:** nombres comunes con los que se conocen en el lugar de procedencia.
- **Longitud de panoja:** registrada en cm. Desde la base hasta el ápice de la panoja principal, en la madurez fisiológica de la planta.

- **Habito de crecimiento:** Registrado en la madurez fisiológica de las plantas, de acuerdo a su predominancia en la población.
- **Altura de planta:** Registrada en cm. desde el cuello de la planta hasta el ápice de la panoja, en la madurez fisiológica (promedio de 10 plantas).
- **Diámetro máximo de panoja:** Registrado en cm en la parte más ancha de la panoja principal, en la madurez fisiológica de la planta
- **Diámetro de grano:** Registrado en mm. (promedio 20 granos).
- **Diámetro del tallo:** Registrado en cm. en la parte media del tercio inferior de la planta, en la madurez fisiológica.
- **Longitud de hoja:** Registrada en cm. en la lámina de las hojas principales del tercio medio de la planta (promedio de 10 hojas).
- **Ancho de hoja:** Registrada en cm. en la lámina de las hojas principales del tercio de la planta (promedio de 10 hojas).
- **Forma de hoja:** Representa a la forma de la lámina o limbo: triangular y romboidal.
- **Longitud de hoja:** Registrada en cm. en la lámina de las hojas principales del tercio medio de la planta (promedio de 10 hojas).
- **Forma de grano:** Son cuatro las formas de grano en la quinua: lenticular, cilíndrico, elipsoide y cónico.

Por su parte Bonifacio y Alcon (2013), indican que tradicionalmente existe más de 50 ecotipo de quinua Real y otros tantos de quinua dulce no real, las mismas que gradualmente se reduce en el número de variedades por una serie de factores ya que, las variedades de ciclo largo están siendo remplazadas por las más precoces derivando en pocas variedades que se producen debido a preferencias del mercado y las condiciones impuestas por la variabilidad climática y la degradación de suelos.

### **3.7 Precocidad**

Márquez (1993), citado por Vargas (2006), define la precocidad como un carácter cuantitativo determinado por las características hereditarias de la planta y por el medio ambiente. La precocidad juega un rol importante por la necesidad de

encontrar una salida a los riesgos naturales de tipo biótico y abiótico. La precocidad relativa de las variedades se expresa de diversas maneras, siendo las más comunes, el número de días transcurridos desde la emergencia a la floración o los días a la maduración.

Con respecto a la precocidad de la quinua altiplánica, Espíndola y Bonifacio (1996), ha propuesto una subdivisión en precoces hasta 145 desde la siembra hasta la madurez, semiprecoz de 146 a 165 días y tardía de 166 a 180 días. Los mismos autores, al evaluar líneas avanzadas seleccionadas para condiciones adversas, constató la existencia de materiales que maduraban entre 124 y 131 días, otros que alcanzan la madurez entre 132 y 143 días e inclusive otros que tienen entre 144 a 152 días a la madurez.

### **3.8 Factores que han contribuido al uso de variedades precoces**

Bonifacio y Alcon (2013), indican que la utilización de variedades precoces, es por los siguientes factores:

- Fallas en germinación-emergencia
- Encostrado del suelo (no emerge)
- Pérdidas de plantas por sequía, heladas
- Pérdidas por ataque de liebres, ratones, vicuñas.
- Pérdida por granizo

#### **3.8.1 Ventajas y desventajas la precocidad**

Según (Bonifacio *et al.* 2013), las variedades precoces tienen las siguientes ventajas y desventajas:

##### **Ventajas**

- Permite sembrar en época retrasada (sequia), reponer parcelas perdidas por helada, encostramiento y granizo.
- Menor tiempo de desarrollo productivo, ocupa menor tiempo el terreno.
- Carácter importante para la adaptación a la variabilidad y al cambio climático

**Desventajas** Respuesta de la planta fuertemente influenciada por el ambiente (fotoperiodo y mildiu)

- Reducción del crecimiento y rendimiento, plantas pequeñas trae dificultades en la cosecha
- Alta susceptibilidad al mildiu que hace menos apto para la producción orgánica (implica control)
- Alta incidencia de malezas, madurez acelerada en suelos calientes
- Madurez retardada en suelos fríos
- Ennegrecimiento del grano en caso de lluvias al final del periodo.

### **3.9 Selección en Ecotipos de Bolivia**

Según Miranda *et al.* (s/a), afirman que entre los ecotipos de quinua que crecen en el altiplano boliviano, están los denominados noventones o precoces, estos ecotipos incluyen a las variedades reales claramente identificadas como la Maniqueña, Kariquimeña y las coloridas Qanchis anaranjada amarillas y blancas.

Bonifacio *et al.* (2012), describen las características morfológicas de las plantas antes de la fase de madures fisiológica, adaptación y calidad del grano en variedades o ecotipos de quinua real, entre las que se encuentran las siguientes variedades:

#### **3.9.1 Kariquimeña**

Esta variedad es proveniente de Bella Vista provincia Daniel campos de Potosí, los años que se multiplicó, fue en la gestión agrícola 2007, 2008, 2009 y 2010. Los rendimientos que se obtuvieron en esta variedad son, ensayo experimental 970 kg/ha y parcela del agricultor 600 kg /ha.

#### **3.9.2 Q'anchis Blanco**

Esta variedad es proveniente de Chacala, los años de multiplicación 2007, 2008, 2009 y 2010 para esta variedad los resultados del rendimiento fueron 991 kg/ha en parcela experimental y para la parcela del agricultor 550 kg/ha

#### **3.9.3 Maniqueña**

Esta variedad es proveniente de Mañica provincia de Nor. Lipes departamento de Potosí. Los años que se multiplico, fue en la gestión agrícola de 2007, 2008, 2009 y 2010 con rendimientos de 1086 kg/ha en parcela experimental, y en las parcelas del agricultor 650 kg/ha

### **3.9.4 Chipaya**

Forma parte de la colección de trabajo del programa de mejoramiento genético y proviene de la localidad de Chipaya, se caracteriza por su precocidad y tendencia a la segregación natural (Bonifacio comunicación personal 2014)

### **3.10 Fases fenológicas**

Según Yzarra y López (s/a), la fenología de la quinua son marcadas y diferenciadas que permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta y se han determinado 12 fases fenológicas, las mismas que se describen a continuación:

#### **3.10.1 Emergencia**

Es cuando la plántula sale del suelo y extiende las hojas cotiledóneas, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto ocurre de los 7 a 10 días de la siembra,

#### **3.10.2 Dos hojas verdaderas**

Es cuando aparecen dos hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledóneas de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía.

#### **3.10.3 Seis hojas verdaderas**

En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledóneas se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando la planta está sometida a bajas temperaturas y al anochecer, stress por déficit hídrico o salino.

#### **3.10.4 Ramificación**

Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledóneas se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre a 45 a 50 días de la siembra, en esta fase la parte

más sensible a las bajas temperaturas y heladas. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinuas.

#### **3.10.5 Inicio de panojamiento**

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento.

#### **3.10.6 Inicio de floración**

La fase de inicio de floración es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas.

#### **3.10.7 Grano lechoso**

El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyendo drásticamente el rendimiento

#### **3.10.8 Grano masoso**

La fase de grano masoso es cuando el grano presenta una consistencia de masa blanquecina lo que ocurre de los 130 a 160 días después de la siembra.

#### **3.10.9 Madures**

La fase de madurez es cuando las hojas, tallo y panoja se tornan a un color amarillento y el grano ofrece resistencia a la presión, ocurre de los 160 a 180 días.

### **3.11 Requerimientos agroclimáticos del cultivo de quinua**

#### **3.11.1 Altitud**

El cultivo de quinua se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. aunque tiene un mejor desarrollo entre los 2800 a 3900 msnm (Soto, 2010).

### **3.11.2 Suelo y pH**

Según Mujica *et al.* (2006), la quinua es una planta resistente, lo que significa que es una especie adaptada a suelos con cierto nivel de salinidad, pero también se produce en zonas sin contenido de sales, pero prefiere suelos franco arenoso, semi profundos con buen drenaje y es importante agregar materia orgánica porque en los suelos arenosos permite el buen anclaje de las plantas y en los suelos arcillosos evita el encharcamiento, por lo cual puede disminuir los daños por la humedad excesiva. El rango del pH apropiado para la quinua es muy extenso, puede prosperar en suelos alcalinos con pH de 9 ubicados en los salares de Bolivia, así como en suelos ácidos de 4.5 en la región de Cajamarca Perú.

### **3.11.3 Precipitación**

La precipitación anual mínima para obtener un buen rendimiento es 400 mm, siendo los periodos más críticos la germinación, floración y llenado de grano, se conoce también que el cultivo de quinua se adapta a diferentes condiciones de precipitación según la zona y el genotipo, produciendo con precipitaciones desde 250 mm anuales (altiplano Sur de Bolivia) hasta 1500 mm en valles interandinos. Sin embargo, la productividad de quinua se ve seriamente afectada por el esfuerzo que el cultivo debe ejercer para producir con cantidades tan bajas de agua. Siendo la quinua una planta C3, tiene una tasa fotosintética media, tiene la capacidad de adaptarse fisiológicamente a diferentes ambientes (Del Castillo *et al.* 2013).

### **3.11.4 Temperatura**

Del Castillo *et al.* (2013), señalan que para obtener una germinación aceptable, la temperatura mínima debe ser de 5 °C, la etapa del inicio de floración es bastante sensible tanto a las sequías como a heladas, durante esta etapa solo puede resistir hasta 2 °C., se alcanzan buenas producciones de quinua en un rango de temperatura promedio anual de 9 °C a 16 °C, temperaturas mayores a estas causan pérdida por aborto de la flor, traen riesgos de ataque por insectos (condiciones secas) y hongos (condiciones húmedas). En algunas etapas la quinua es capaz de tolerar heladas de hasta - 8 °C, ello dependerá de la duración, intensidad, etapa fenológica, humedad relativa del aire y otros.

### 3.11.5 Radiación

Los mismos autores (2013), reportan que la quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los Andes sin embargo estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. Los sectores de más alta iluminación solar son las más favorables para el cultivo de la quinua, ya que ello contribuye a una mayor actividad fotosintética.

**Cuadro 2. Principales características climáticas de las regiones productoras de quinua en Bolivia**

Región	T. max media anual	T. media anual	T. min media anual	Precipitación (mm/año)	Días de helada/año	Otros riesgos climáticos
Altiplano norte	15.0	7.7	- 4.0	548 - 845	170	Granizo
Altiplano central	17.0 18.0	5.7 9.0	- 4.0 - 11.0	255 - 480 125- 297	217	Granizo y nieve
Altiplano sud valle interandino	16.0	10.6	- 4.0	589 - 894	142	Granizo

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI (2008).

### 3.12 Prácticas de cultivo

#### 3.12.1 Preparación del terreno

La preparación del terreno implica labores que se realizan para la instalación de un cultivo que consta de los siguientes pasos: roturado del terreno, rastrado desterronado y nivelado (Leon 2003).

- a) Roturado del terreno, se realiza después de cosechar el cultivo anterior, cuando el suelo está húmedo. Se puede realizar con arados de disco o reja a una profundidad de 20 a 25 cm en algunos casos con yunta, con la finalidad de oxigenar el suelo recuperar nutrientes de la capa inferior, evita el desarrollo de malezas y propagación de plagas eliminando pupas y larvas expuestas al sol.
- b) Rastrado del suelo, se recomienda cuando el suelo esta húmedo y cuando las semillas de malezas hayan germinado.
- c) Desterronado, consiste en romper los terrones hasta que estén mullidos, cuando existen todavía terrones en el suelo.

- d) Nivelado, con el nivelado se empareja todos los desniveles y vacíos que se encuentra en la superficie. Se puede emplear una cuchilla niveladora en grandes extensiones, con tabloncillos cuando se siembra en pequeñas extensiones.

Asimismo, Bonifacio (s/f), menciona que en el Altiplano Centro y Norte las prácticas de preparación se realizan con las últimas lluvias del año agrícola (febrero). En tanto, en el Altiplano Sur, el preparado del suelo se realiza durante los meses de enero y febrero, tomando en cuenta como cultivo antecesor los cultivos de papa haba, arveja o tarwi.

### **3.12.2 Épocas de siembra**

Según León (2003), la época de siembra varía de acuerdo a la zona, las variedades que se van a cultivar (precoces o tardías), de la presencia de la lluvia y del grado de humedad del suelo. Así por ejemplo, variedades precoces (140 a 150 días de periodo vegetativo) recomienda sembrar en los meses de octubre a primera semana de noviembre; variedades semitardías (170 días) en octubre, y variedades tardías (170 a 180 días) en septiembre.

### **3.12.3 Labores culturales**

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

#### **3.12.3.1 Deshierbes**

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

#### **3.12.3.2 Raleo**

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

### **3.12.3.3 Aporques**

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

### **3.12.3.4 Purificación varietal**

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

### **3.12.3.5 Control de plagas y enfermedades**

Aroni (1999), señala que en la producción de quinua convencional se controla plagas con piretroides sintéticos y un manejo agronómico racional. Respecto a las enfermedades, la más importante es el mildiu (*Peronospora farinosa*) que se presenta con mayor frecuencia en el Altiplano Norte.

## **3.13 Requerimientos de NPK para el cultivo de quinua**

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

## **3.14 Fertilización foliar**

Arévalo (1995), citado por Plata (2013) señala que la fertilización foliar es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización del

suelo. Bajo este sistema de producción la hoja juega un papel importante en el aprovechamiento de los nutrientes y los factores que influyen en la fertilización foliar pueden clasificarse en tres grupos; aquellos que corresponden a la planta (función de la cutícula, los estomas y los ectodermos), en el ambiente (la temperatura, luz y humedad relativa) y en la formulación foliar (el pH de la solución, surfactante y adherente y el ion acompañante en la aspersión).

Bergh y Zamora (2002), señalan que la fertilización foliar es otra forma de suplementar nutrientes a las plantas; su implementación es importante cuando se presentan limitantes para que los nutrientes del suelo entren a la raíz y se trasloquen a los tejidos aéreos (hojas, frutos etc.) en la cantidad y momento oportuno. Las situaciones más comunes para ello son:

- a) Condiciones de estrés que reduzca la actividad de la planta (sequía, inundación, heladas, etc).
- b) Cuando en el suelo hay algún bloqueo químico o físico que reduce la disponibilidad de los elementos (PH, sales, competencia entre nutrientes).
- c) Cualquier condición que limite la actividad radicular (sequía, compactación del suelo, inundación, temperaturas extremas altas o bajas).

#### **3.14.1 Absorción foliar de nutrientes en la planta**

La solución nutriente aplicada por vía foliar tienen dos formas de penetrar a las hojas: a través de los estomas y por la cutícula de la parte superior de la hoja, una vez dentro del tejido foliar, el elemento puede ser utilizado directamente por el tejido o bien, se mueve por los espacios intercelulares o por unos canales conocidos como ectodesmos, desde donde se movilizan para llegar cerca del floema y descargar ahí el nutriente para que sea traslocado a otros sitios de la planta (Bergh y Zamora 2002).

#### **3.14.2 Fertilizantes foliares químicos**

Los fertilizantes químicos son de acción rápida y estimulan el crecimiento y vigor de las plantas. Se agrupan según la sustancia que proporcionan. El nitrógeno está relacionado con el crecimiento de ramas y hojas, ayuda a mantener su color verde y, al formar parte de la clorofila, favorece la germinación, la falta de nitrógeno en la planta sufre un amarillamiento en las hojas y dejan de crecer. El fósforo propicia la

formación de flores y frutos, aporta la fuerza necesaria para mantenerse rígidas y poder sostener todas sus partes. También estimula el desarrollo de las raíces. Si falta fósforo, las hojas se oscurecen más de lo normal y la planta deja de florecer (Mondino, 2011).

Nitrofoska es un fertilizante foliar complejo producido con materias primas de alta calidad, está balanceado para el aporte suplementario de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y elementos menores para la nutrición de estados iniciales, además actúa como regulador de pH (Sosa 2013).

### **3.14.3 Fertilizantes foliares orgánicos**

Los fertilizantes o abonos de origen orgánico (estiércol, turba, compost, etc.) son de acción lenta, porque antes los nutrientes como el nitrógeno, tienen que ir liberando a medida que los microorganismos los descomponen para ponerlos a disposición de las raíces, aunque la descomposición de la materia orgánica requieren la participación de micro organismos, quienes actúan mejor en suelos calientes, pH neutro o alcalino, con humedad y muy aireado (Plata, 2013).

El Vigortop es un bioestimulante y promotor de crecimiento foliar orgánico líquido, que se utiliza en una gran diversidad de plantas (quinua, cultivos anuales, hortalizas, frutales, plantas ornamentales, etc.), es muy efectivo en plantas estresadas, promueve el crecimiento vigoroso gracias a las fitohormonas y los brasinoloides que contiene (Ortuño *et al.* s/a).

Los mismos autores indican las principales características del Vigortop como sigue:

- Promueve el crecimiento, el aumento y fortalecimiento de la raíz, el follaje y mejora la tasa fotosintética
- Disminuye la caída de flores y estimula el cuajado de frutos, incrementando los rendimientos de los cultivos.
- Estimula el crecimiento de plantas afectadas por la sequía o la helada, porque promueve un rebrote vigoroso del follaje

En cultivos anuales se recomienda su aplicación después de la emergencia a los 15 y 40 cm de altura aproximadamente.

El Vigortop se aplica al follaje a dosis de 5 lt/ha, mezclar los 5 litros del producto con agua cuya cantidad varía dependiendo del tamaño de la planta. Aplicar al follaje al inicio del cultivo y continuar cada 15 días. Realizar entre 3 a 4 aplicaciones durante el proceso de cultivo (PROINPA, S/F).

### **3.15 Rendimiento**

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

### **3.16 Calidad de grano**

La calidad comercial del grano de quinua está regulada por entidades que tienen homologada sus estándares entre países comercializadores de quinua. En Bolivia, el Instituto de Normalización de la Calidad señala las calificaciones según el tamaño del grano, siendo que los granos que tienen el diámetro mayor a 2 mm son de la categoría extra grande, los de 1,7 a 2 mm de diámetro corresponde a la categoría de grano grande, los granos de diámetro entre 1,4 a 1,7 mm son los de clase mediano y los pequeños menor a 1,4 mm (IBNORCA, 2007).

### **3.17 Semilla y germinación de la semilla**

Según Doria (2010), la semilla es el principal órgano para la reproducción de las plantas superiores, cumpliendo las funciones de renovación, persistencia y dispersión.

La germinación de la semilla constituye el reinicio del crecimiento del embrión que fue paralizado en las últimas etapas de la maduración de la planta, con la rehidratación de la semilla se desencadena una secuencia de procesos metabólicos que incluye la respiración, síntesis de proteínas y movilización de reservas (Doria, 2010).

## 4. LOCALIZACION

### 4.1 Ubicación del Trabajo de Investigación

El presente trabajo de investigación se realizó en el periodo agrícola 2013 - 2014 en la Estación Experimental de K'iphak'ipani, dependiente de la Fundación Proinpa, que se encuentra situada a 41 Km de la ciudad de La Paz y a 4 Km de la ciudad de Viacha, Provincia Ingavi. Ubicada geográficamente entre las coordenadas de 68°17'58" longitud oeste; 16°40'30" de latitud sur y una altura de 3880 m.s.n.m.

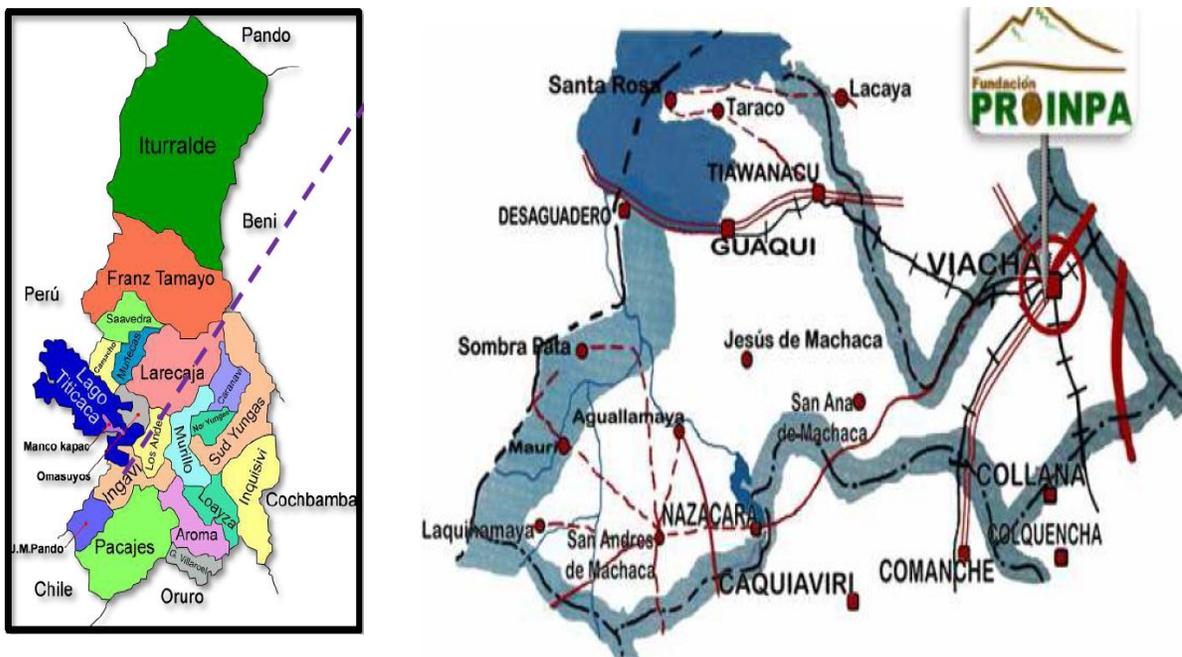


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de investigación.

### 4.2 Características agroecológicas de la zona

#### 4.2.1 Clima

Mamani (2014), indica que la zona se caracteriza por presentar una precipitación media anual de 625 mm, de esta el 60 % corresponde a los meses de diciembre a marzo, el 40% de abril a noviembre, en verano con fuertes tormentas de granizo y que la temperatura varía en promedios de 3 a -5°C durante las noches, 23°C durante el día con intensa radiación solar. Las heladas se presentan con frecuencia en la época de invierno.

#### **4.2.2 Suelo**

Según análisis de suelos realizado por el Instituto de Ecología de la UMSA, los suelos de Viacha presentan una textura franco arcilloso, arenoso, con PH ligeramente básico, materia orgánica moderado que tiene relación con el bajo contenido de nitrógeno total , mientras que el fósforo y el potasio están en alta cantidad (Padilla, 2013).

#### **4.2.3 Vegetación**

La vegetación en esta zona, se caracteriza por la presencia de especies nativas: Paja brava (*Festuca orthophylla*), Ichu (*Stipa ichu*), Chillihua (*Festuca dolichophylla*), Reloj reloj (*Erodium cicutarium*), Chiji (*Distichlis humilis*), Diente de león (*Taraxum officinalis*), Mostaza (*Brassica campestris*), cebadilla (*Bromus unioloides*), Muni muni (*Bidens andicola*), Pasto bandera (*Bouteloua simplex*), Quinoa silvestre o ajara (*Chenopodium sp*) Papa silvestre, aphaaru o kaparu (*Solanum acaule*).

#### **4.2.4 Características fisiográficas**

Fisiográficamente el lugar donde se ha establecido el ensayo se encuentra próximo a pie de monte y corresponde a un espacio casi plano con una ligera pendiente.

## 5 MATERIALES Y METODOS

### 5.1 Materiales

#### 5.1.1 Material genético madurez

El material genético utilizado en el presente estudio, estuvo integrado por cuatro variedades de quinua precoz (Kariquimeña, Chipaya, Qanchis Blanco y Maniqueña). En el cuadro 3, se muestra la descripción de las características agronómicas del material genético empleado.

**Cuadro 3. Características agronómicas del material genético empleado**

Variedad	Arquitectura y color de la planta	Planta en madurez fisiológica
 <p><b>Kariquimeña</b></p>	<p><b>Ciclo vegetativo</b> : 144 días (precoz)</p> <p><b>Habito de crecimiento</b>: ramificado</p> <p><b>Tipo de panoja</b>: Amarantiforme</p> <p><b>Color de hoja</b>: Verde</p> <p><b>Color de tallo</b>: Verde</p> <p><b>Color de panoja</b>: Verde</p>	<p><b>Altura de planta</b>:97 cm</p> <p><b>Color de hoja</b>: Pajizo</p> <p><b>Color de tallo</b>: Pajizo</p> <p><b>Diámetro de tallo</b>: 1.29cm</p> <p><b>Longitud de panoja</b> : 28 cm</p> <p><b>Diámetro de panoja</b>:4.81 cm</p> <p><b>Color de panoja</b>: Crema</p> <p><b>Densidad de panoja</b>: Compacta</p>
 <p><b>Qanchis Blanco</b></p>	<p><b>Ciclo vegetativo</b>: 146 días (precoz)</p> <p><b>Habito de crecimiento</b>: Ramificado</p> <p><b>Tipo de panoja</b>: Amarantiforme</p> <p><b>Color de hoja</b>: Verde</p> <p><b>Color de tallo</b>: Verde</p> <p><b>Color de panoja</b>: Verde</p>	<p><b>Altura de planta</b>:83 cm</p> <p><b>Color de hoja</b>: Pajizo</p> <p><b>Color de tallo</b>: Pajizo</p> <p><b>Diámetro de tallo</b>:0,93 cm</p> <p><b>Longitud de panoja</b> : 33 cm</p> <p><b>Diámetro de panoja</b>: 4,32 cm</p> <p><b>Color de panoja</b>: habano</p> <p><b>Densidad de panoja</b>: Compacta</p>

Variedad	Arquitectura y color de la planta	Planta en madurez fisiológica
 <p><b>Maniqueña</b></p>	<p><b>Ciclo vegetativo:</b> 143 días (precoz)</p> <p><b>Hábito de crecimiento:</b> Ramificado</p> <p><b>Tipo de panoja:</b> Amarantiforme</p> <p><b>Color de hoja:</b> Verde</p> <p><b>Color de tallo:</b> Verde</p> <p><b>Color de panoja:</b> Verde</p>	<p><b>Color de hoja:</b> Pajizo</p> <p><b>Color de tallo:</b> Pajizo</p> <p><b>Diámetro de tallo:</b> 1,08 cm</p> <p><b>Longitud de panoja :</b> 30 cm</p> <p><b>Diámetro de panoja:</b> 4,82 cm</p> <p><b>Color de panoja:</b> Crema</p> <p><b>Densidad de panoja:</b> Compacta</p> <p><b>Altura de planta :</b> 77 cm</p>
 <p><b>Chipaya</b></p>	<p><b>Habito de crecimiento:</b> Ramificado</p> <p><b>Tipo de panoja:</b> Amarantiforme y glomerulado</p> <p><b>Color de hoja:</b> Verde</p> <p><b>Color de tallo:</b> Verde</p> <p><b>Color de panoja:</b> Verde</p>	<p><b>Color de hoja:</b> Pajizo</p> <p><b>Color de tallo:</b> Pajizo</p> <p><b>Color de panoja:</b> Crema</p> <p><b>Densidad de panoja:</b> Compacta</p>

Fuente: Bonifacio *et al.* (2012) y Bonifacio, 2014 (comunicación personal).

### 5.1.2 Insumos

Entre los insumos agrícolas disponibles en el mercado, se utilizó fertilizantes foliares Nitrofoska de formulación química y Vigortop de formulación orgánica, además del adherente comercial Gomax.

### 5.1.3 Material de Campo

Los materiales de campo que se utilizaron en el trabajo de investigación fueron: Cinta métrica de 50 m de longitud para delimitar el área experimental, los bloques y unidades experimentales.

Tractor agrícola para el roturado y rastrado del suelo, como también para la apertura de surcos en la parcela experimental.

Rastrillos para cubrir la semilla distribuida en interior de los surcos.

Estacas de madera para la demarcación de los pasillos, bloques y las unidades experimentales.

Marbetes de cartulina para marcar las plantas a evaluar.

Surcadora para el aporque del cultivo y azadones para el deshierbe de la parcela.

Mochila fumigadora para la aplicación de los fertilizantes foliares.

Hoces para la cosecha y bolsas de polipropileno para contener el material cosechado.

Flexómetro y vernier para tomar datos de altura de planta y diámetro de tallo.

Cuaderno de campo para la toma de datos y cámara fotográfica digital para el registro gráfico de procesos del trabajo de campo.

#### **5.1.4 Material de gabinete y laboratorio**

Los materiales de gabinete y laboratorio que se utilizaron son los siguientes: Balanza de precisión, vernier digital, bolsas plásticas, probetas de 10 ml para medir el peso hectolitro, calibrador para clasificar el tamaño de los granos, cajas Petri y pipetas para determinar el porcentaje de germinación, computadora, cuaderno para registrar los datos, paquete estadístico de SAS para el análisis del ANVA.

### **5.2 Método**

#### **5.2.1 Diseño experimental**

El ensayo experimental fue establecido bajo un diseño de bloques al azar en parcelas divididas con 4 repeticiones las que fueron distribuidas en 48 unidades experimentales. Las variedades fueron asignadas a la parcela principal, y la fertilización foliar a la sub parcela.

Cada unidad experimental estuvo integrado por 5 surcos de 4 m de longitud y 2.75 m de largo.

El modelo lineal aditivo según (Gonzales 1976), para el diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas, es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \epsilon_{ik} + \gamma_j + \alpha\gamma_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

**Donde:**

**$Y_{ijk}$**  = Una observación

**$\mu$**  = Media poblacional

**$\beta_k$**  = Efecto del k-ésimo bloque

**$\alpha_i$**  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

**$\epsilon_{ik}$**  = Error experimental de la parcela mayor (Ea)

**$\gamma_j$**  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

**$\alpha\gamma_{ij}$**  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B (interacción de AXB)

**$\epsilon_{ijk}$**  = Error experimental de la parcela menor Eb

### 5.2.2 Factores de Estudio

Los factores de estudio se muestran en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Factores de estudio**

Factor A (Variedades de quinua) Parcela grande	Factor B (fertilizante foliar) Parcela chica
V1 = Kariquemeña	F1 = Testigo
V2 = Chipaya	F2 = Nitrofoska foliar
V3= Qanchis Blanco	F3 = Vigortop
V4= Maniqueña	

### 5.2.3 Descripción de los Tratamientos

Los factores de estudio fueron variedades precoces y fertilizantes foliares que conformaron 12 tratamientos. En la parcela grande (factor A) se trabajó con 4 variedades precoces y en el factor B (parcela chica) los fertilizantes. Los tratamientos resultan de la combinación de factor A\*B, como se presenta en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Descripción de los tratamientos**

<b>Tratamiento</b>	<b>Combinación Factor A*B</b>	<b>Descripción del tratamiento</b>
T1	F1 V1	Variedad Kariquimeña sin fertilizante
T2	F2 V1	Variedad Kariquimeña con Nitrofoska foliar
T3	F3 V1	Variedad Kariquimeña con Vigortop
T4	F1 V2	Variedad Chipaya sin fertilizante
T5	F2 V2	Variedad Chipaya con Nitrofoska foliar
T6	F3 V2	Variedad Chipaya con Vigortop
T7	F1 V3	Variedad Q'anchis Blanco sin fertilizante
T8	F2 V3	Variedad Q'anchis Blanco con Nitrofoska foliar
T9	F3 V3	Variedad Q'anchis Blanco con Vigortop
T10	F1 V4	Variedad Maniqueña sin fertilizante
T11	F2 V4	Variedad Maniqueña con Nitrofoska foliar
T12	F3 V4	Variedad Maniqueña con Vigortop

### 5.2.3.1 Croquis del experimento

Las características de la parcela experimental así como la distribución de los tratamientos y bloques se presentan en la figura 2.

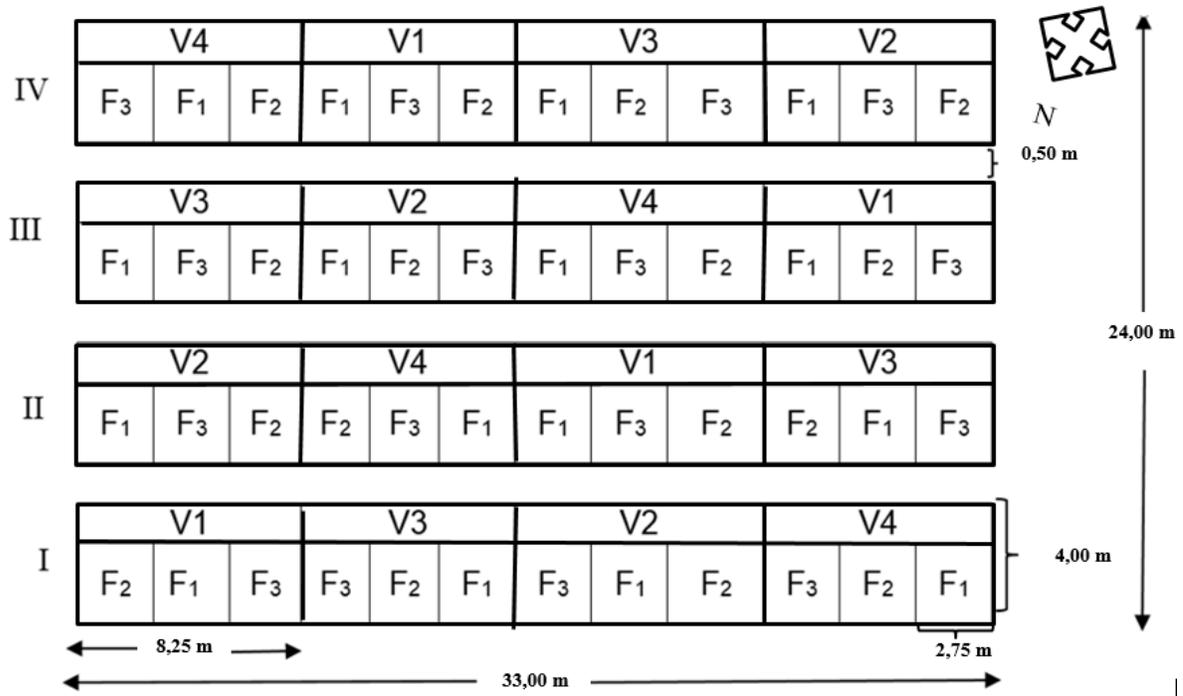


Figura 2. Croquis experimental

## 5.3 Trabajo de campo

### 5.3.3 Muestreo de suelo

El muestreo de suelo se realizó antes de la siembra y después de la cosecha, para la toma de muestras de suelo, antes de la siembra se aplicó el método de zigzag en cuatro lugares del área de estudio, posteriormente se hizo una mezcla de las cuatro muestras para realizar un cuarteo, del cual se obtuvo tres muestras de suelo, con un peso de 1 kg. De la misma forma se realizó el muestreo de suelo después de la cosecha, tomando tres muestras de suelo de 1 kilogramo.

### 5.3.4 Preparación y delimitación del terreno

El trabajo de campo se inició con la ubicación del área asignado de 792 m<sup>2</sup>. Previo al roturado del suelo, se distribuyó estiércol de llama a una dosis equivalente de 6500 kg/ha como se acostumbra en el manejo de campos del centro Experimental

de K'iphak'ipani. La distribución del estiércol fue uniforme en el campo experimental y por tanto, no constituye factor de estudio.

El suelo fue roturado con tractor agrícola con su implemento de arado de discos, removiendo el suelo hasta una profundidad de 30 cm. Posteriormente se realizó el rastrado y mullido de terrones con pase rastra acoplado al tractor agrícola.

Previo a la labor de siembra, se procedió al trazado de bloques y unidades experimentales, estableciendo los bloques con dirección perpendicular a la pendiente. Los bloques fueron delimitados por estacas además de líneas continuas de marcación que permitieron diferenciar claramente las unidades experimentales.

### **5.3.5 Siembra**

La siembra del ensayo se realizó el 27 de noviembre del año 2013, la cual se efectuó con la apertura de surcos. Ante la deficiencia de humedad en el suelo, se optó por aplicar riego por surcos para la siembra.

La distancia entre surcos fue de 0,50 m y la profundidad del surco de 8 cm aproximadamente.

Una vez infiltrada el agua en la base del surco, se procedió a aclarar la demarcación de los bloques y unidades experimentales, para luego proceder con la distribución de la semilla.

La semilla utilizada fue cuatro variedades de quinua precoz (Kariquemeña, Chipaya, Qanchis Blanco y Maniqueña), la semilla de quinua fue distribuida manualmente a chorro continuo en los surcos abiertos y regados previamente.

La semilla fue cubierta con una capa delgada de tierra fina empleando rastrillos, logrando cubrir la semilla con una capa delgada de tierra de aproximadamente 2 cm de espesor.

### **5.3.6 Marcado de las plantas**

Antes de la toma de datos, se procedió al marcado de plantas, el mismo que se realizó con la identificación de cinco plantas al azar de cada unidad experimental, a los cuales se colocaron marbetes de identificación (tratamiento, parcela, subparcela y número de planta). Las plantas marcadas fueron evaluadas según las variables propuestas.



**Fotografía 1. Identificación de 5 plantas**

#### **5.4 Labores culturales.**

Las principales labores culturales que se realizaron fueron: Raleo, deshierbe, aporque, control de enfermedades, apertura de canales de drenaje.

##### **5.4.3 Raleo**

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

##### **5.4.4 Deshierbe**

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

##### **5.4.5 Aporque**

El aporque se realizó en forma manual con la surcadora de aletas regulables. Esta labor fue realizada en dos ocasiones, una cuando las plantas alcanzaron una altura de 20 a 30 cm y el segundo a una altura de 40 a 50 cm para evitar el vuelco de las plantas y aflojar el suelo.



**Fotografía 2. Aporque del cultivo de quinua**

#### **5.4.6 Enfermedades**

La enfermedad que se presentó fue el mildiu a los 28 días después de la siembra, provocado por *Peronospera variabilis*, que es un parásito obligado, su ataque se inició en las hojas inferiores posteriormente se propagó a las hojas superiores, en la que se observó manchas cloróticas como se muestra en la fotografía 3.

Para el control de esta enfermedad se realizó la aplicación del fungicida Ridomil (Metalaxil como principio activo). La dosis de preparación fue 70 g de Ridomil en 20 litros de agua (una mochila) a dicha preparación se añadió 20 ml de gomax como adherente.



**Fotografía 3. Plantas con enfermedad de mildiu**

#### **5.4.7 Apertura de canales de drenaje**

La apertura de canales se realizó para controlar la humedad excesiva en el cultivo, en el mes de febrero en razón de la concentración de la precipitación pluvial en pocos días. Los canales fueron abiertos sobre los pasillos que separaban los bloques.

#### **5.4.8 Cosecha**

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

La cosecha se realizó de forma manual, empleando una hoz, se cosecharon tres surcos centrales de cada unidad experimental, dejando un surco a los laterales y 0,5 m de cabecera de ambos extremos para descartar el efecto de bordura. El área útil cosechada fue de 3 m lineales por 0.5 m. El material cosechado se recogió en amarros por tratamientos con sus respectivos marbetes, como se muestran en las fotografías cuatro y cinco. Posteriormente se realizó el emparve en un solo sentido para el secado.



**Fotografía 4. Medición de la parcela      Fotografía 5. Parcela útil cosechada**

#### **5.4.9 Trilla**

Una vez que la quinua emparvada estuvo seca, se realizó la trilla, para lo cual, cada unidad de amarro fue envuelta en una lona, sin riesgo de provocar mezclas. El material envuelto en lonas y ordenadas apropiadamente, se procedió con pases

sucesivos de una camioneta para trillar la quinua. Una vez desprendida los granos de la panoja se retiró los tallos, para que solamente quede el grano junto con la broza y jipi.



**Fotografía 6. trilla de las parcelas útiles de quinua**



**Fotografía 7. Parcela útil trillado de la variedad Chipaya**

#### **5.4.10 Veteado y limpieza del grano**

Después de la trilla se realizó la limpieza de la broza empleando una zaranda, separando el grano y jipi de restos ásperos del material trillado. Para la limpieza se recogió la mezcla del grano con jipi en recipientes por variedad y tratamientos, posteriormente se realizó el preventeado. Para remover los perigonios del grano se procedió al pisoteado del grano en lonas (pulido) y luego se veteó nuevamente. Finalmente se procedió al embolsado del grano limpio por variedad y tratamiento con sus respectivos marbetes de identificación.



**Fotografía 8. Limpieza de los ensayos**

### **5.5 Variables agronómicas**

#### **5.5.1 Altura de planta (cm)**

La medición de la altura de las cinco plantas marcadas de cada unidad experimental, se realizó desde la fase del inicio de panojamiento hasta la madurez fisiológica.

La altura de planta se midió con la ayuda de una regla graduada desde la base del cuello de la planta hasta el ápice. Este valor fue tomado cada 15 días.

#### **5.5.2 Diámetro de tallo (mm)**

La medición del diámetro del tallo se realizó con un calibrador vernier midiendo en el cuello de la planta. La lectura se inició en la fase del inicio de floración, registrándose cada quince días a cinco plantas por unidad experimental.

### **5.5.3 Longitud de panoja**

La longitud de panoja se midió en (cm) desde la base hasta el ápice de la panoja con la ayuda de un flexómetro tomando las cinco plantas seleccionadas y/o marbeteadas en la fase de maduras fisiológica.

### **5.5.4 Diámetro de panoja (cm)**

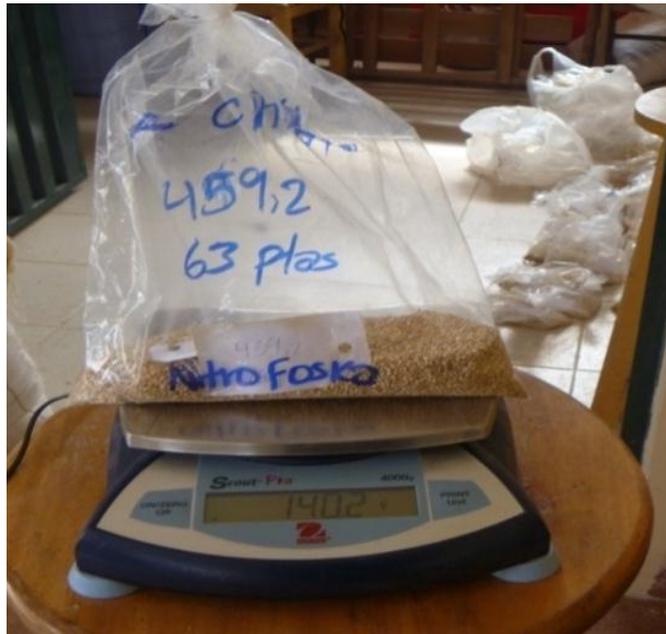
El diámetro de panoja se midió en la parte media de la panoja en la fase de madurez fisiológica de las cinco plantas marbeteadas de cada unidad experimental.

### **5.5.5 Rendimiento de Grano**

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



**Fotografía 9. Embolsado de grano**



**Fotografía 10. Pesado del grano**

#### **5.5.6 Calibración del grano**

La calibración del grano se realizó pesando una muestra de 120 g de grano limpio de cada variedad y por tratamiento, luego la muestra fue introducido a un calibrador de grano integrado por un juego de tamices graduados en el que se separó los granos grandes, granos medianos y granos pequeños. Cada porción de grano separado por tamaño fue depositado en bolsa de plástico debidamente identificado. Posteriormente se registró el peso de la porción correspondiente a cada tamaño o categoría de granos de cada variedad y tratamiento. El valor registrado fue llevado a porcentaje de peso de grano de tamaño dado en relación al peso inicial de 120 gramos.

#### **5.5.7 Peso hectolítrico**

Para la determinación del peso hectolítrico se tomó el grano limpio separado por tamaño mediante la calibración, se introdujo a chorro lento en una probeta graduada de 10 ml, luego se procedió a pesar en una balanza el grano que ocupa este volumen. El peso registrado en gramos por volumen de 10 cc, fue convertido a

kg por 100 litros de volumen, obteniendo de esa forma el peso hectolítrico del grano para cada tratamiento.

#### **5.5.8 Prueba de germinación**

La prueba de germinación se realizó en cajas Petri acondicionada con papel secante humedecido en el laboratorio. Se introdujo 100 semillas por tratamiento de cada variedad con cuatro repeticiones. El conteo de las semillas germinadas fue cada 12 horas.

#### **5.5.9 Análisis estadístico**

Las variables cuantitativas registradas fueron sometidas al análisis de varianza empleando el programa estadístico SAS. En caso de evidenciar significación estadística de las diferencias observadas, se procedió a aplicar la prueba de comparación múltiple Duncan.

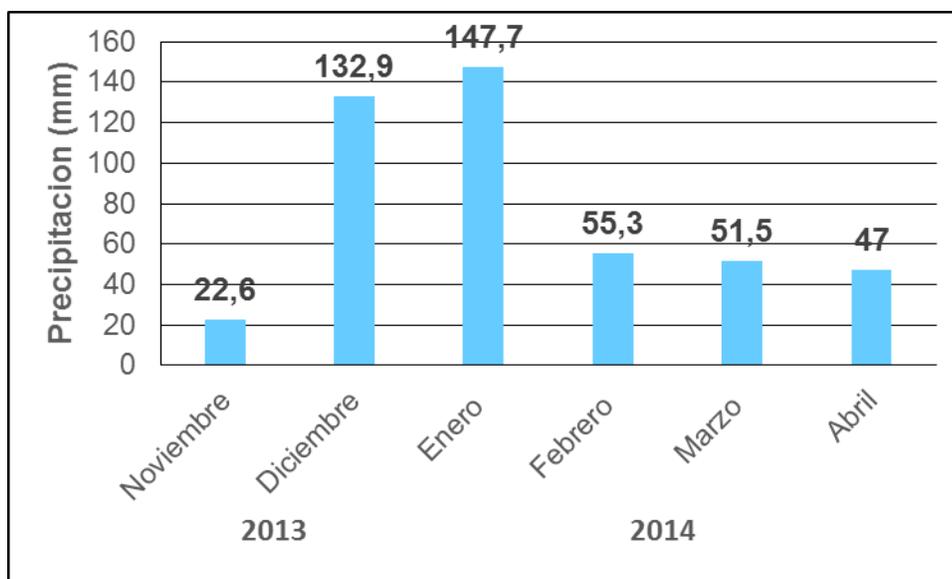
## 6 RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el siguiente capítulo se presenta los resultados obtenidos del trabajo de investigación en variedades precoces de quinua con aplicación de fertilización foliar.

### 6.1 Condiciones climáticas

#### 6.1.1 Precipitación pluvial

La precipitación pluvial registrada durante el ciclo agrícola 2013 – 2014 (Estación Meteorológica de Viacha SENAMHI), se observa en la figura 3.



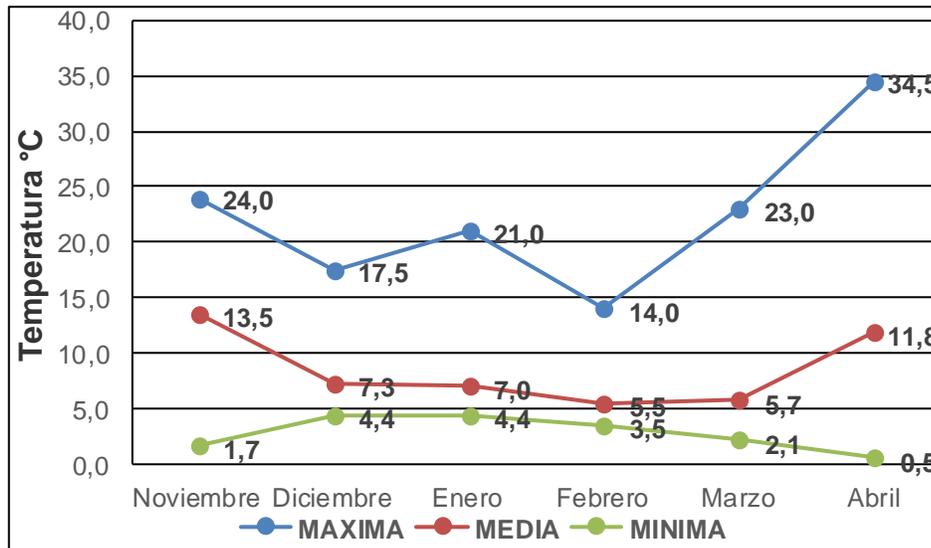
**Figura 3. Precipitación pluvial**

Durante el ciclo agrícola, comprendida entre noviembre 2013 y abril 2014, se registró las mayores precipitaciones (figura 3) en los meses de enero y diciembre con 147,7 y 132,9 mm, siendo que el total de la precipitación hasta el momento de la cosecha fue de 511,6 milímetros.

La precipitación pluvial acumulada total (511,6 mm), registrada durante el ciclo agrícola 2013 – 2014, se encuentra dentro los rangos óptimos, que según Geerts (2004), citado por del Castillo (2013), el requerimiento de precipitación mínima para obtener un buen rendimiento es 400 mm, dependiendo de la zona y el genotipo, las precipitaciones con las que se produce este cultivo es desde 250 mm anuales (altiplano sur) hasta 1500 mm en los valles interandinos.

### 6.1.2 Temperatura

En la figura 4, se observa las temperaturas máxima, media y mínima mensual registrada durante el ciclo del cultivo.



**Figura 4. Temperaturas durante el ciclo del cultivo (2013 – 2014)**

Los máximos valores de temperatura, se registraron en los meses de noviembre y abril, superando los 16°C. La temperatura mínima registrada fue en mes de diciembre con 4,4°C, fase de germinación. Para la fase de floración, se presentó una temperatura mínima de 3,5 °C. Y temperaturas medias de 5,5 a 13,5° durante el ciclo del cultivo.

Al respecto Del Castillo y Bosque (2013), indican que para obtener una germinación aceptable, la temperatura mínima debe ser de 5 °C. Y durante la etapa de floración solo puede resistir hasta - 2°C, las buenas producciones de quinua se alcanza en un rango de temperatura promedio anual de 9°C a 16 °C. Temperaturas mayores a estas causan pérdidas por respiración, aborto de la flor, traen riesgo de ataque por insectos (condiciones secas) y hongo.

### 6.1.3 Suelo del sitio experimental

El resultado del análisis de suelo del sitio experimental, efectuado en el laboratorio del IBTEN (instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear) se presenta la proporción de N, P, K, materia orgánica y pH (cuadro 6), antes de la siembra.

**Cuadro 6. Proporción de nutrientes primarios (NPK), materia orgánica y pH antes de la siembra**

Elemento	Resultado	Unidad
Nitrógeno	0,06	%
Fosforo asimilable	15,80	Ppm
Potasio intercambiable	0,91	meq/100
Materia orgánica	1,01	%
pH	6,88	

El resultado del análisis de suelo de la parcela experimental (cuadro 6), presenta la proporción de NPK, materia orgánica y pH, antes de la siembra. El análisis químico de suelo, muestra un contenido en nitrógeno total de 0,06%, cuyo resultado se encuentra en el nivel de < a 0,1% calificado como bajo (Chilon, 1997) y a la vez se tiene un bajo contenido de materia orgánica de 1,01%, al respecto Chilon (1997), menciona que suelos con un porcentaje menor a 2% son considerados suelos con baja materia orgánica. Por lo tanto, el resultado obtenido de materia orgánica para el suelo experimental del presente ensayo, indica un suelo pobre en materia orgánica.

Así mismo se muestra (cuadro 6) el valor de fosforo asimilable con 15,80 ppm, que se encuentra a un nivel de > a 14 ppm, que según Chilon (1997) se considera alto contenido de fosforo y 0,91 meq/100, de potasio intercambiable.

El suelo del área experimental presentó un pH de 6,88 por lo tanto se deduce que el suelo es ligeramente alcalino, que según Calla (2012), afirma que la planta de quinua requiere pH neutro, sin embargo se desarrolla muy bien en suelos alcalinos de hasta 9, y también en suelos ácidos, dependiendo de la variedad, el pH óptimo es de 6,5 – 8,0.

En el cuadro 7, se muestra la proporción de nutrientes primarios (NPK) y materia orgánica en el suelo después de la cosecha, por tratamiento.

**Cuadro 7. Proporción de nutrientes primarios (NPK) y materia orgánica en el suelo por tratamiento, después de la cosecha.**

Elemento	Nitrofoska	Vigortop	Testigo
Nitrógeno	0,07 %	0,07 %	0,07 %
Fosforo	11,44 ppm	14,08 ppm	11,75 ppm
Potasio	1,27 meq/100g	1,26 meq/100g	1,26 meq/100g
Materia orgánica	1,05 %	1,17 %	1,17 %

Los resultados del análisis químico del suelo, después de la cosecha (cuadro 7), donde el contenido de nitrógeno en el suelo, registró 0,07 % en los tres tratamientos, este resultado aumento 0,01 % de nitrógeno con respecto al análisis de suelo antes de la siembra.

La mayor cantidad de fosforo por tratamiento (cuadro 7), es la de Vigortop con 14,08 ppm, y con menor cantidad de fosforo 11,44 ppm, fue la muestra de suelo aplicado con Nitrofoska y el testigo con 11,75 ppm. En cambio el contenido de fosforo antes de la siembra es de 15,80 ppm, observando una clara disminución de este nutriente.

La mayor cantidad de potasio en el suelo igual a 1,27 meq/100g que corresponde al análisis de suelo aplicado con Nitrofoska, en cambio para Vigortop y testigo se obtuvo 1,26 meq/100g. Con respecto al contenido de potasio en el suelo antes de la siembra, tuvo un incremento de 0.36meq/100g de potasio en los tratamientos aplicados.

El contenido de materia orgánica en los tratamientos, fue de 1,7% con Vigortop y testigo, con menor valor de materia orgánica el tratamiento de Nitrofoska. Observando un incremento de 0,7% de materia orgánica con respecto al resultado del análisis de suelo antes de la siembra.

## 6.2 Variables de respuesta

### 6.2.1 Altura de planta a los 65 días

El cuadro 8, presenta el análisis de varianza para altura de planta, registrada a los 65 días, después de la siembra.

**Cuadro 8. Análisis de varianza, altura de planta a los 65 días**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr >F
Bloque	3	49,856	16,619	3,53	0,061 ns
Variedad (A)	3	39,291	13,097	2,78	0,102 ns
Error de (a)	9	42,332	4,704	1,92	
Fertilizante (B)	2	433,150	216,575	88,47	0,001**
Variedad*Fertilizante(A*B)	6	6,958	1,160	0,47	0,821 ns
Error (b)	24	58,752	2,448		
Total	47	630,339			
CV = 6,80					

FV = Fuente de variación

GL = Grados de Libertad

ns = no significativo

SC = Suma de cuadrados

CM = Cuadrado Medio

\* = significativo

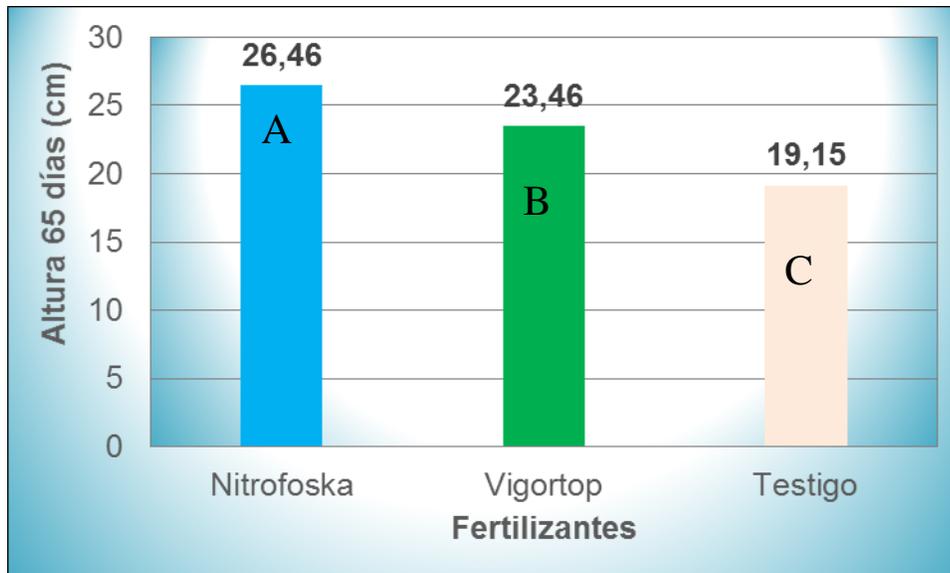
CV = Coeficiente de variación

\*\*= altamente significativo

El análisis de varianza para altura de planta a los 65 días después de la siembra (cuadro 8), muestra diferencias altamente significativas entre fertilizantes ( $Pr = 0,001$ ), lo que quiere decir que los fertilizantes, han tenido efecto significativo sobre la altura de planta. Las diferencias entre variedades y bloques no son significativas a nivel estadístico. El coeficiente de variación es 6,79% que refleja la confiabilidad en los datos.

Las diferencias no significativas entre bloques y variedades, se debió a las características genéticas de cada variedad, también a la temperatura y precipitación en el ambiente.

La figura 5, muestra tres diferentes alturas de planta a los 65 días (inicio de panojamiento), aplicadas con fertilizantes



**Figura 5. Prueba de Duncan para altura a 65 días (fertilizantes)**

Según la prueba de Duncan al 5%, la diferencia de medias entre los tratamientos con fertilizantes en la variable altura de planta a los 65 días (inicio de panojamiento), mostró tres grupos diferentes (figura 5). La altura de planta estadísticamente superior corresponde al tratamiento con fertilización de Nitrofoska (26,46 cm), seguido por el fertilizante Vigortop (23,46 cm) y finalmente el testigo con menor altura (19,15 cm).

En tanto que la diferencia de medias entre variedades (anexo 2), se identificó dos grupos diferentes, donde la variedad Chipaya es el que presentó mayor altura con 24,53 cm y las variedades Qanchis Blanco con 22,87 cm, Maniqueña con 22,55 cm y 22,15 cm la Kariquimeña con menor altura en promedio.

Al respecto Calla (2012), señala que el inicio de panojamiento, ocurre de 55 a 60 días después de la siembra, donde se diferencia claramente el ápice de la planta con aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en tres cuartas partes. También indica que en esta fase se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento de la misma.

### 6.3 Altura de planta y diámetro de tallo (80 días)

El cuadro 9, muestra los cuadrados medios del análisis de varianza, a los 80 días que coincide con la fase de inicio de floración, muestra que no existen diferencias significativas entre bloques y variedades, para altura de planta y diámetro de tallo.

**Cuadro 9. Cuadrados medios del ANVA para altura de planta y diámetro de tallo a 80 días**

FV	GL	INICIO DE FLORACION	
		Altura	Diámetro de Tallo
Bloque	3	13,363 ns	0,3106 ns
Variedad (A)	3	11,919 ns	0,3266 ns
Error de (a)	9	5,626	0,2510
Fertilizante (B)	2	437,743 **	19,2645 **
Variedad * Fertilizante (A*B)	6	3,055 ns	0,1849 ns
Error de (b)	24	1,540	0,1122
Total	47		
<b>CV %</b>		<b>3,11</b>	<b>3,21</b>

FV = Fuente de variación

GL = Grados de Libertad

ns = no significativo

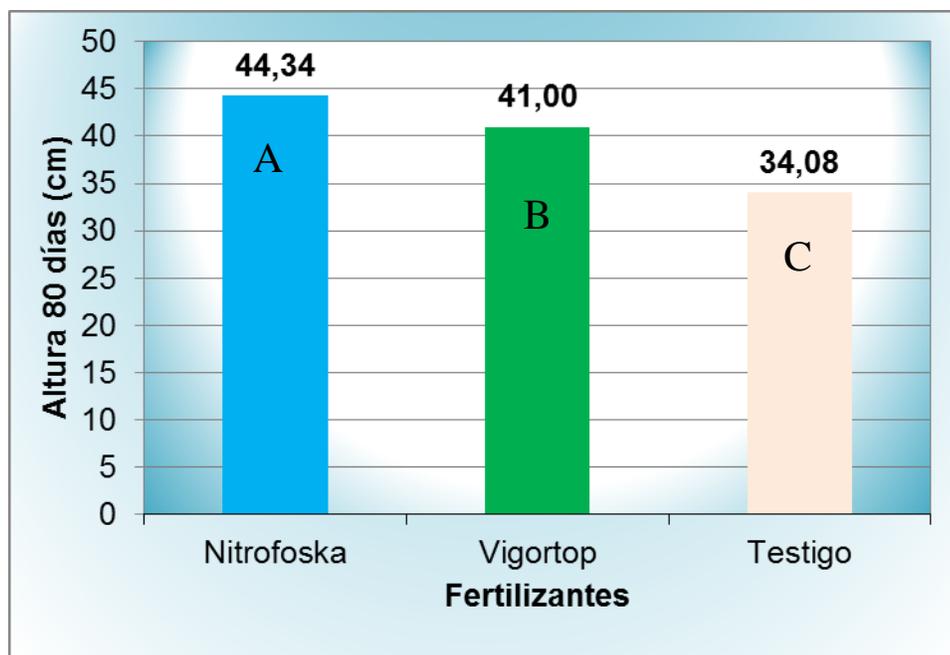
\* = significativo

\*\*= altamente significativo

CV = Coeficiente de variación

Para el factor de fertilizantes, el cuadro 9, muestra el análisis de varianza de cuadrados medios, para altura de plantas y diámetro de tallo, donde se encontró diferencias altamente significativas, lo que muestra el efecto de los fertilizantes en el desarrollo de la planta. Con 3,11% y 3,21% de coeficiente de variación, se evidencia la confiabilidad en los datos.

La figura 6, presenta en promedio la altura de planta a los 80 días, entre los diferentes tratamientos.



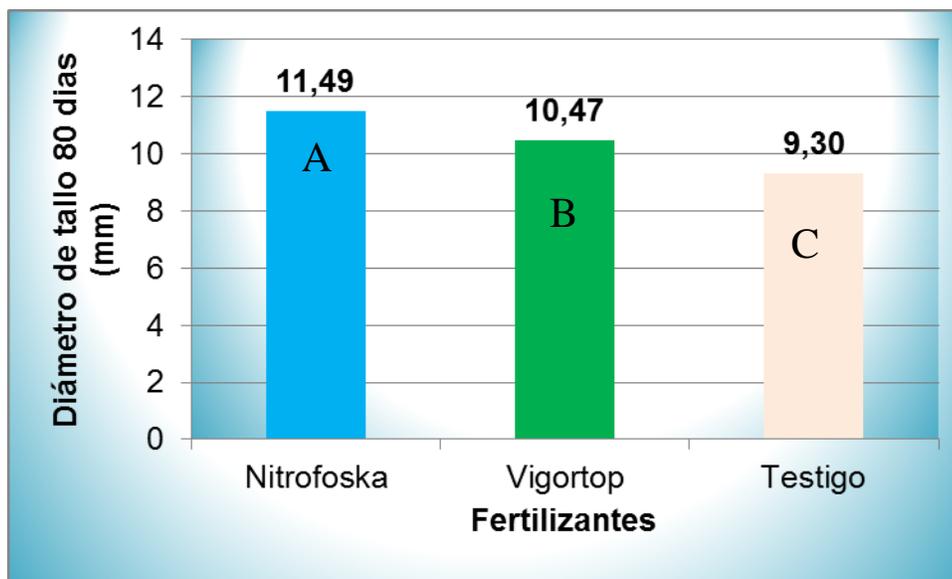
**Figura 6. Prueba de Duncan para altura a 80 días (fertilizantes)**

Según la prueba de Duncan realizada a nivel de 5% de significancia, las medias para la variable de altura de planta a los 80 días (inicio de floración), dio como respuesta a la aplicación de fertilizantes foliares (figura 6), mostró tres grupos diferentes (Anexo 4), donde la altura de planta elocuentemente superior corresponde al tratamiento aplicado con Nitrofoska foliar (44,34 cm) seguido por el fertilizante Vigortop (41,00 cm) y por último la que obtuvo menor altura de planta fue el testigo con 34,08 cm. Estas diferencias de altura puede deberse a la respuesta de la aplicación de los fertilizantes foliares, que actúan como un complemento a la fertilización del suelo. También porque el nitrógeno es esencial para el proceso metabólico que determina el crecimiento y desarrollo normal del cultivo.

La altura de planta para variedades, registró valores similares entre sí (anexo 5), donde las variedades Kariquimeña (41,08 cm), Chipaya (40,12cm), Qanchis Blanco (39,03cm) y 39,00 cm la variedad Maniqueña.

Huanca (2008), en su investigación de variedades precoces de quinua con aplicación de fertilizante foliar (CRICIFOL), indica que la fase de inicio de floración, ocurrió en un rango de variación de 63 – 72 días, después de la siembra.

A través de la figura 7, se observa la diferencia de media para diámetro de tallo entre tratamiento.



**Figura 7. Prueba de Duncan para diámetro de tallo a los 80 días (fertilizantes)**

La prueba de Duncan al nivel de 5 % para diámetro de tallo, se identificó tres grupos diferentes (figura 7). Los valores de diámetro de tallo superior fueron para Nitrofoska (11,49 mm), seguido por Vigortop (10,47 mm) y el testigo con 9,3 mm. Por lo que las diferencias de diámetro de tallo pueden deberse a la respuesta de la aplicación de fertilizantes foliares.

Para las variedades en diámetro de tallo a los 80 días (inicio de floración), fue como sigue: 10,64 mm, 10,43 mm, 10,35 mm y 10,25 mm para Kariquimeña, Chipaya, Q'anchis Blanco y Maniqueña respectivamente, por lo que se entiende que no hubo diferencias, en diámetro de tallo entre variedades.

#### 6.4 Atura de planta y diámetro de tallo (95 días)

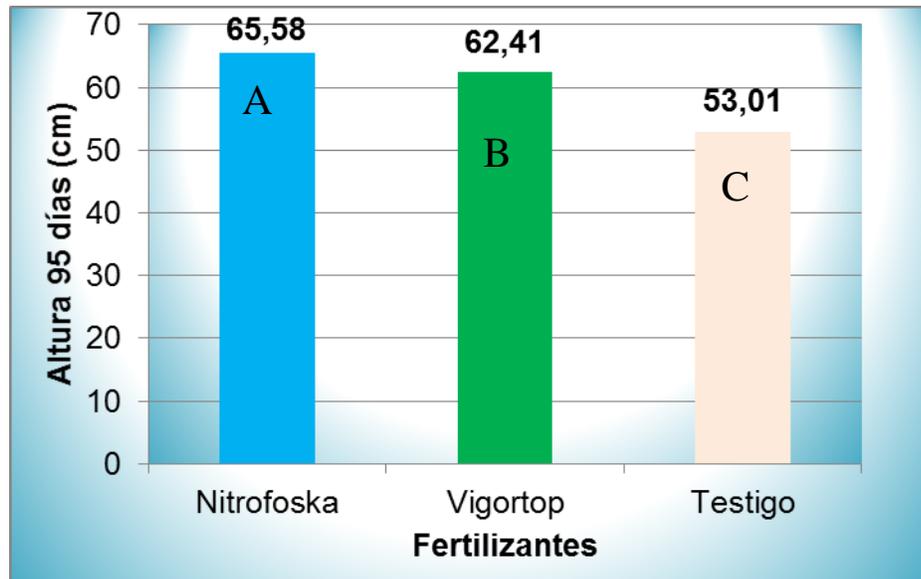
El análisis de varianza para altura de planta y diámetro de tallo a los 95 días después de la siembra que coincide con la fase de floración, se encuentra en el cuadro 10.

**Cuadro 10. Cuadrados medios del ANVA para la altura de planta y diámetro de tallo (95 días)**

FV	GL	INICIO DE FLORACION	
		Altura	Diámetro de Tallo
Bloque	3	0,191ns	0,9797 ns
Variedad (A)	3	4,746ns	1,4257ns
Error de (a)	9	8,013	0,6153
Fertilizante (B)	2	683,665 **	18,3769 **
Variedad * Fertilizante (A*B)	6	0,072 ns	0,0676ns
Error de (b)	24	1,506	0,1528
Total	47		
<b>CV %</b>		<b>2,03</b>	<b>3,36</b>

En el análisis de varianza para altura de planta y diámetro de tallo a los 95 días, (cuadro 10) muestra que no existe diferencias significativas entre bloque ni entre variedades, pero las diferencias son altamente significativas para tratamientos de fertilización foliar tanto en altura de planta como en diámetro de tallo. Con 2,03% y 3,36 % de coeficiente de variación, los datos muestran confiabilidad.

En la figura 8, se observa la comparación de altura de planta en centímetros, con fertilización foliar, a los 95 días después de la siembra.



**Figura 8. Prueba de Duncan para altura de planta a 95 días (fertilizantes)**

En la comparación de medias de Duncan para la altura de planta a 95 días después de la siembra (figura 8), se identificó tres grupos diferentes, donde la altura de planta superior corresponde al tratamiento aplicado con el fertilizante Nitrofoska con 65,58 cm, seguido por el fertilizante orgánico Vigortop con 62,41 cm y por último el testigo con 53,01 cm que presenta menor altura.

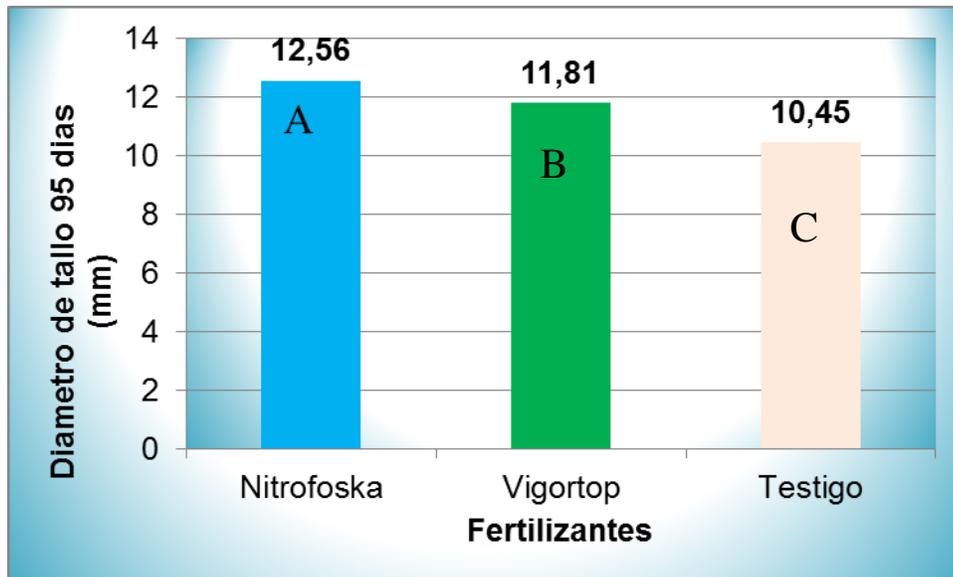
La altura de planta para variedades fue como sigue (anexo 11): Kariquimeña con 61,30 cm, Qanchis Blanco con 60,69 cm, Chipaya con 59,90 cm y finalmente Maniqueña con 59,71 cm, constatándose la mayor altura relativa de la variedad Kariquimeña.

Tambo (2014), obtuvo resultados de altura en la fase de floración, promedios de 42,62 a 48,81 cm, con niveles de abono y humus de lombriz. En las variedades encontró un mayor promedio en la variedad Maniqueña con 48,81cm y con menor altura la variedad Jacha grano con 44,52 cm, indicando que las diferencias de altura se atribuye a los efectos positivos de la incorporación de los distintos niveles

de abonos orgánicos que mejoró las propiedades físicas, química y biológicas del suelo.

Sin embargo en el presente trabajo de investigación, se obtuvo alturas de planta en mayores promedios con respecto a los resultados obtenidos por Tambo, en los tratamientos y variedades, lo que nos indica el efecto de fertilización foliar, en el desarrollo de la planta.

La figura 9, presenta los promedios para diámetro de tallo a los 95 días (floración).



**Figura 9. Prueba de Duncan para diámetro de tallo a 95 días (fertilizantes)**

La prueba de Duncan al nivel de 5% para diámetro de tallo, diferenció tres grupos (figura 9) donde el mayor valor es de 12,56 mm con la aplicación de Nitrofoska, 11,81 mm con Vigortop y el testigo con 10,45 mm. Lo anterior significa que los fertilizantes foliares ha tenido efecto favorable para que la planta sea más vigorosa, puesto que el diámetro de tallo confiere el vigor a la planta.

Para las variedades las medias de diámetro de tallo presentan valores relativos (no significativos), siendo 12,05 para la variedad Kariquimeña, seguido por Chipaya con

11,64 mm Q'anchis Blanco con 11,53 y finalmente Maniqueña con 11,21 mm (Anexo 14).

### 6.5 Altura de planta y diámetro de tallo a 110 días (fase de grano lechoso)

El análisis de varianza para altura de planta y diámetro de tallo a los 110 días después de la siembra que coincide con la fase de grano lechoso, se encuentra en el cuadro 11 donde se especifica la significación estadística respectiva.

**Cuadro 11. Cuadrados medios del ANVA para la altura de planta y diámetro de tallo (110 días)**

FV	GL	GRANO LECHOSO	
		Altura	Diámetro de Tallo
Repetición	3	11,496 ns	4,4751 *
Variedad (A)	3	3,771 ns	2,8442 *
Error de (a)	9	6,243	0,6647
Fertilizante (B)	2	475,223 **	20,3556 **
Variedad * Fertilizante (A*B)	6	1,985 ns	0,3044 ns
Error de (b)	24	2,240	0,1382
Total	47		
<b>CV %</b>		<b>2,14</b>	<b>2,90</b>

FV = Fuente de variación

GL = Grados de Libertad

ns = no significativo

\* = significativo

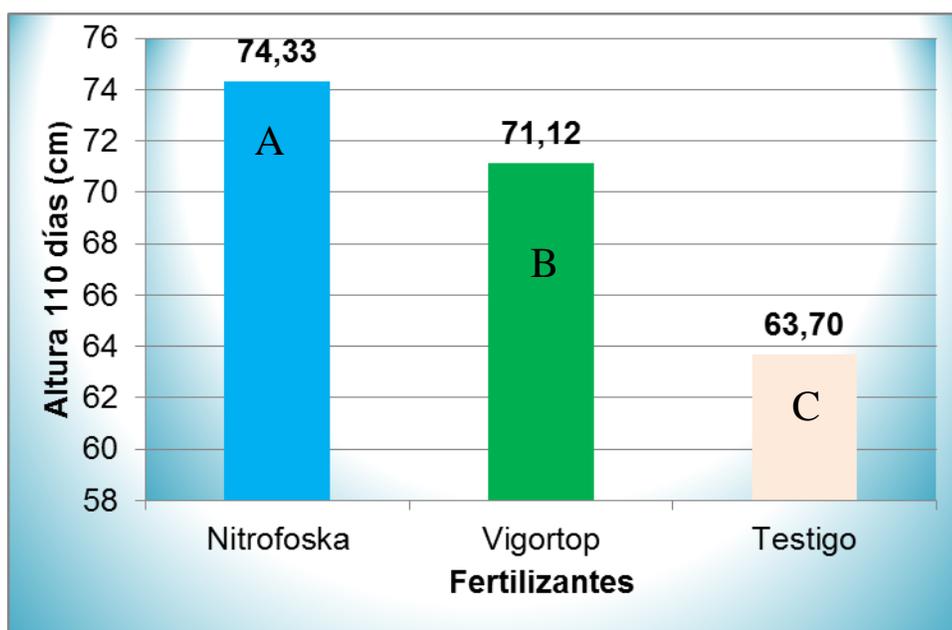
\*\*= altamente significativo

CV = Coeficiente de variación

El análisis de varianza para altura de planta a los 110 días después de la siembra (cuadro 11) muestra que no existen diferencias significativas entre bloques ni entre variedades, de acuerdo al resultado obtenido se deduce que el suelo y los factores ambientales tienen un comportamiento similar. Sin embargo para los tratamientos se observa que existen diferencias altamente significativas, lo que se debería a la eficiencia de los fertilizantes aplicados. El coeficiente de variación es de 2,14% considerado aceptable para experimentos agronómicos.

En cuanto al diámetro de tallo, los cuadrados medios del ANVA (cuadro 11), muestra que las diferencias entre bloques, variedades y tratamientos son significativas. Por otra parte no existen diferencias significativas en la interacción el factor A (Variedad) y factor B (Tratamiento). El coeficiente de variación es de 2,90%

En la figura 10, se observa la comparación de altura de planta, en los tratamientos.



**Figura 10. Prueba de Duncan para altura de planta a 110 días (fertilizantes)**

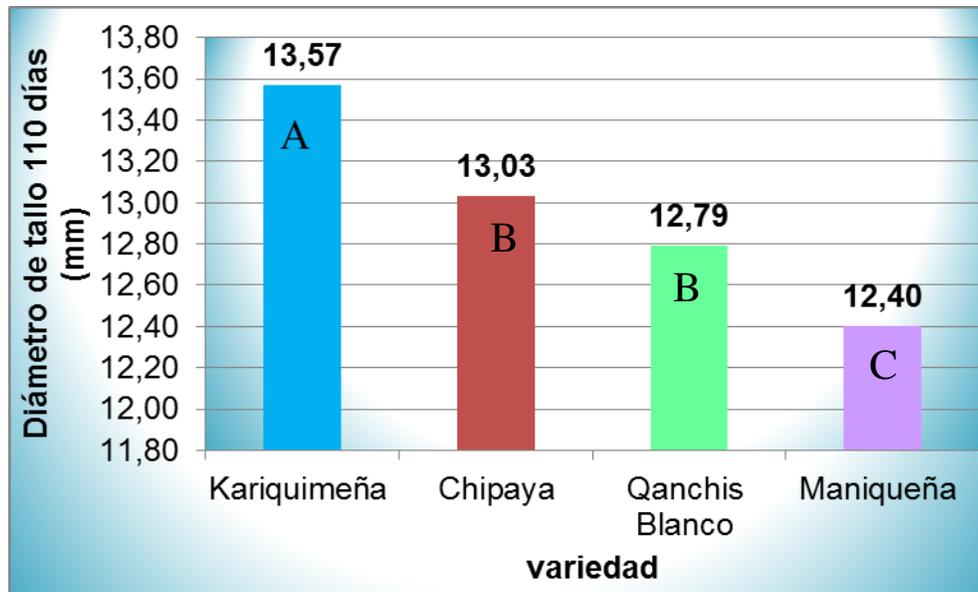
La prueba de Duncan para altura de planta en fase de grano lechoso, conformó tres grupos diferentes (figura 10) donde la altura de planta superior corresponde al tratamiento con Nitrofoska (74,33 cm), seguido por el fertilizante Vigortop con 71,12 cm y con menor altura el testigo (63,70 cm).

Los valores promedios de altura de planta para variedades son similares variando entre 68,99 y 70,34 cm (anexo 17).

Patti (2010), en su investigación obtuvo resultados de altura de planta, en la fase de grano lechoso a los 110 días, en las variedades Chucapaca, Surumi y Huganda, con 105,2 cm, 97,4 cm y 92,1 cm, respectivamente.

Los resultados obtenidos, en el presente trabajo de investigación confirman los días a la fase de grano lechoso. En cambio la altura de planta, presento menor promedio en comparación a los promedios registrados por Patti. Se atribuye que es por las características genéticas de las variedades.

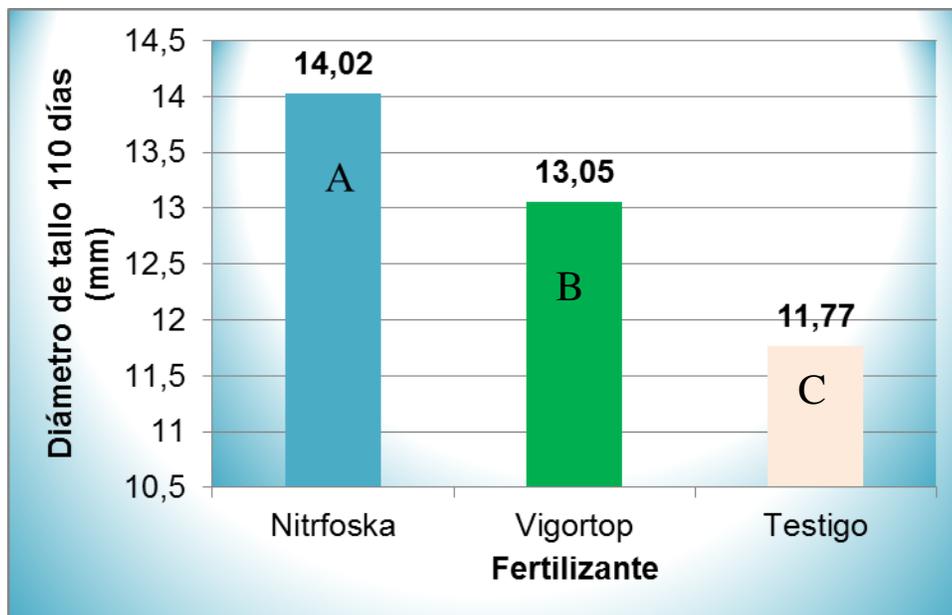
En la figura 11, muestra la comparación de diámetro de tallo en grano lechoso, en el factor A correspondiente a las variedades.



**Figura 11. Prueba de Duncan para diámetro de tallo a 110 días (variedades)**

La comparación múltiple de Duncan para el diámetro de tallo (figura 11), en el que se identificó tres grupos diferentes (anexo 20), las variedad con mayor diámetro de tallo es Kariquimeña con 13,57 mm, seguido por las variedades Chipaya, Q'anchis Blanco con 13,03 mm y 12,79 mm. Con 12,40 mm la variedad Maniqueña.

En la figura 12, se presenta la comparación entre tratamientos, de diámetro de tallo a los 110 días que corresponde a la fase de grano lechoso.



**Figura 12. Prueba de Duncan para diámetro de tallo a 110 días (fertilizantes)**

Los resultados de la prueba de Duncan que se muestra en la figura 12, refleja que las medias de diámetro de tallo corresponden a tres grupos, siendo el primer grupo con la aplicación del fertilizante foliar Nitrofoska, cuyo diámetro es el más alto 14,02 mm, el segundo grupo está constituido por los tratamientos del fertilizante Vigortop 13,05 mm y finalmente el testigo con 11,77 mm, presenta menor diámetro de tallo.

Patti (2010), reporta en su investigación, diámetros de tallo en la fase de grano lechoso a los 117 días, promedios de 9,67 a 12,64 mm diámetros de tallo en diez variedades.

En el presente ensayo, la evaluación de diámetro de tallo se encuentra en el rango, con los resultados que obtuvo Patti.

Meneses *et al.* (2000), señalan que la evaluación del diámetro de tallo es importante por la relación en la producción de grano, que cuanto mayor sea el diámetro, más favorable es que la planta no se acame, por tanto la posibilidad de tener mayor producción de grano aumenta.

### 6.6 Altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja en fase de madures fisiológica.

El análisis de varianza (cuadrados medios) para variables registradas a la madurez fisiológica (altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja) se presenta en el cuadro 12, mostrando las diferencias significativas.

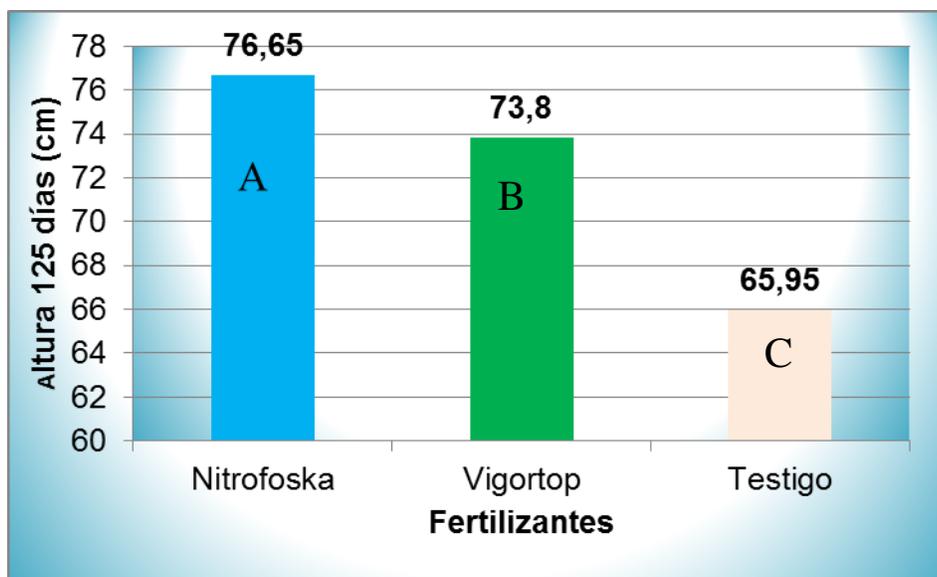
**Cuadro 12. Cuadrados medios del ANVA para la altura de planta, diámetro de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja en fase de madures fisiológica a los 125 días.**

FV	GL	Madures Fisiológica			
		Alt	Dt	LPn	DPn
Repetición	3	5,584 ns	1,223 ns	8,405*	1,107*
Variedad (A)	3	3,990 ns	0,589 ns	2,751 ns	0,435ns
Error de (a)	9	4,446	0,474	1,435	0,237
Fertilizante (B)	2	491,460*	22,292 **	237,983**	8,712**
Variedad*Fertilizante (A*B)	6	2,636 ns	0,029ns	3,556ns	0,335ns
Error de (b)	24	1,977	0,036	4,166	0,375
Total	47				
<b>CV %</b>		<b>1,94</b>	<b>1,35</b>	<b>9,34</b>	<b>13,95</b>

El análisis de varianza para altura y diámetro de tallo a los 125 días en fase de madurez fisiológica muestra que no existen diferencias significativas entre bloques y variedades. Sin embargo, en los tratamientos con fertilizantes, se observa diferencias altamente significativas con 1,94% y 1,35% de coeficiente de variación mostrando confiabilidad en los datos (cuadro 12).

En las variables longitud y diámetro de panoja, se encontró diferencias significativas entre bloques y altamente significativas en los tratamientos aplicados con los fertilizantes foliares, lo cual nos indica que es importante la aplicación de fertilizantes, ya que éstas variables son componentes del rendimiento en grano. Los coeficientes de variación son 9,34% y 13,95% que son aceptables para ensayos de campo.

La figura 13, presenta las diferencias de altura en los tratamientos, a los 125 días después de la siembra.



**Figura 13. Prueba de Duncan para altura 125 días (fertilizantes)**

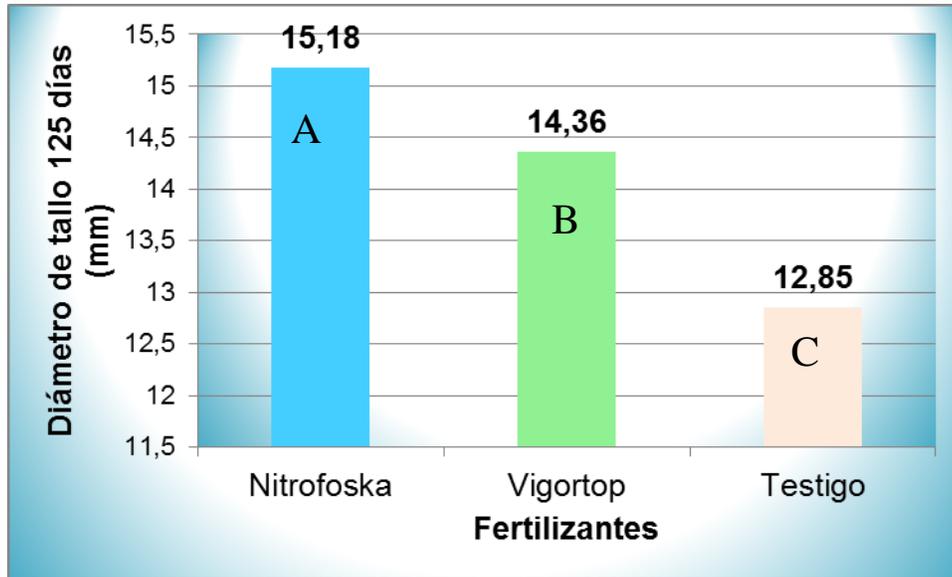
La prueba de Duncan para altura de planta en fase de madurez fisiológica, permitió identificar tres grupos diferentes, siendo la mayor altura de planta que corresponde al tratamiento con Nitrofoska con 76,75 cm, seguido por 73,80 del tratamiento con Vigortop y con menor altura 65,95 cm el testigo (figura 13).

Huanca (2008), indica que la madurez fisiológica en variedades precoces, es de 108 a 142 días y en altura de plantas registro promedios de 57,90 a 71,45 cm, donde indica que las quinuas más precoces presentaron menor altura.

Tambo (2014), registro promedios de altura de planta en la variedad Jacha grano con 82,60 cm y en la variedad Maniqueña con 73,21 cm, ambos de ciclo precoz, estudio que realizo con niveles de abono.

En el presente trabajo se observa que la altura de planta registrada es superior, a las que obtuvo Huanca y Tambo, lo cual se deducir que la fertilización tuvo efectos positivos en el desarrollo de la planta.

La figura 14, muestra los promedios de diámetro de tallo, en los tratamientos a los 125 días que corresponde a la fase de madurez fisiológica.



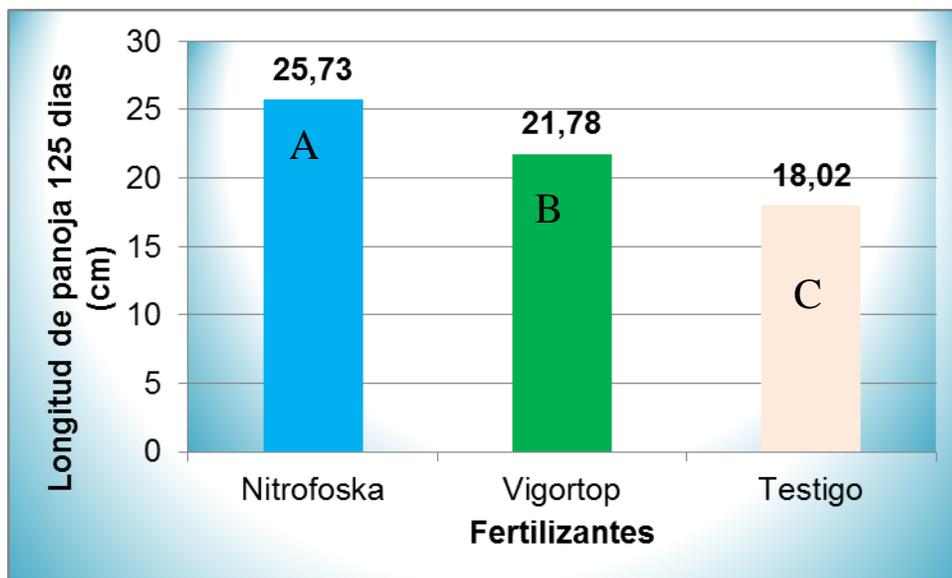
**Figura 14. Prueba de Duncan para diámetro de tallo, en 125 (fertilizantes)**

La prueba de Duncan al nivel de 5% para diámetro de tallo en la fase de madures fisiológica aplicadas con fertilizantes foliares, diferenció tres grupos, donde el diámetro superior es de 15,18 mm con aplicación de Nitrofoska, seguido por 14,36 mm con aplicación de Vigortop y con el menor diámetro es el testigo con 12, 85 mm (figura 14).

Mamani (2014), registro promedios de 8,2 a 13.88 mm en diametro de tallo ,en la fase de madures fisiologica a los 146 dias en la variedad jacha grano, despues de la siembra.

Los resultados obtenidos para diametro de tallo en madurez fisiologica, del presente trabajo es de mayor promedio con respecto a los resultados obtenidos por Mamani.

La figura 15, presenta los promedios de longitud de panoja, a los 125 días (fase de madurez fisiologica).



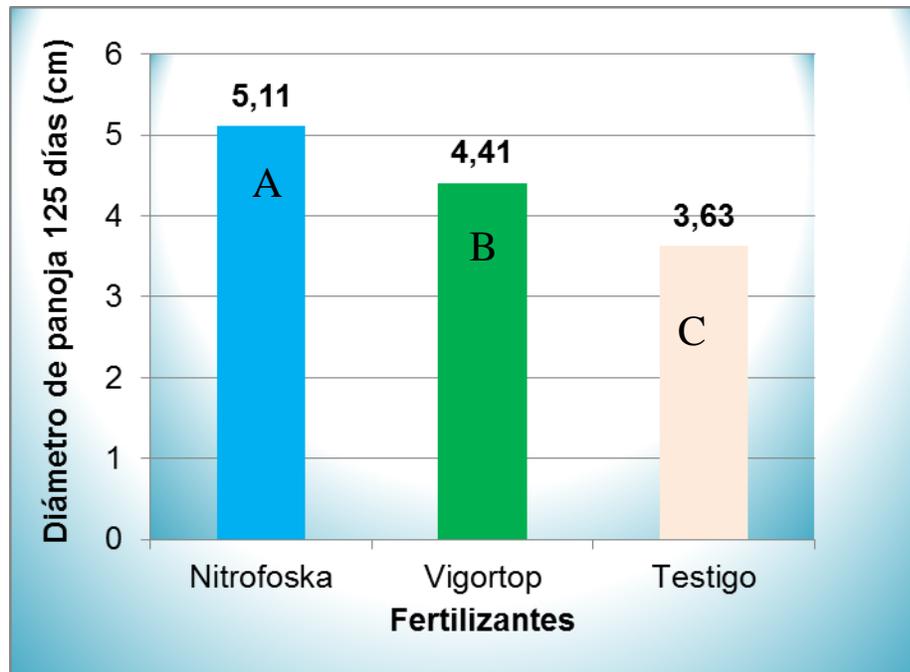
**Figura 15. Prueba de Duncan para longitud de panoja a 125 días (fertilizantes)**

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad para la variable longitud de panoja con aplicación de fertilizantes identificó tres grupos diferentes, donde la longitud superior corresponde al tratamiento aplicado con el fertilizante Nitrofoska alcanzando 25,73 cm, seguido por la aplicación de Vigortop con 21,78 cm y por último el testigo con menor longitud de panoja 18,02 cm (figura 15).

Para variedades en longitud de panoja, la prueba de Duncan registro un solo grupo con promedios que varían de 21,28 a 22,03 (anexo 29).

Mamani (2014), reporta resultados para longitud de panoja en la variedad Jacha grano con diferentes niveles de abono orgánico, con estiércol fresco de llama (5 Tn/ha y 10Tn/ha) obtuvo promedios de 26,60 y 28,75 cm. En los tratamientos aplicados con estiércol tratado de llama (5 Tn/ha y 10 Tn/ha), obtuvo promedios de 23,9 cm y 25,6 cm. además indica que el tratamiento con humus de lombriz y el testigo mostraron comportamientos similares de promedios.

En la figura 16, se puede observar una respuesta favorable a los diferentes tratamientos, para diámetro de panoja en la fase de madurez fisiológica.



**Figura 16. Prueba de Duncan para diámetro de panoja a 125 días (fertilizantes)**

La figura 16, se muestra el diámetro de panoja, donde se observa que los tratamientos con fertilización presentan medias diferentes. El mayor valor para diámetro de panoja fue de 5,11 cm que corresponde al tratamiento aplicado con Nitrofoska, seguido por el fertilizante orgánico de Vigortop con 4,41cm y el testigo con el menor diámetro de panoja de 3,63 cm. Para variedades los diámetros de panoja presento un solo grupo de 4,20 a 4,61 cm.

## 6.7 Rendimiento, Índice de cosecha, calibración y peso hectolítrico de grano

### 6.7.1 Rendimiento del grano

El análisis de varianza para rendimiento de grano se presenta en el cuadro 13, donde se puede constatar la ausencia o presencia de significación estadística para las fuentes de variación correspondientes.

**Cuadro 13. Análisis de varianza para el Rendimiento**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	3	117852,8333	39284,277	1,69	0,237 ns
Variedad (A)	3	347097,5000	115699,166	4,98	0,0263*
Error de (a)	9	209040,333	23226,704		
Fertilizante (B)	2	3983550,000	1991775,00	62,35	0,001**
Variedad*Fertilizante(A*B)	6	1999996,000	33332,667	1,04	0,422 ns
Error (b)	24	766623,333	31942,639		
Total	47	5624160,00			
CV = 12,48 %					

FV = Fuente de variación

GL = Grados de Libertad

ns = no significativo

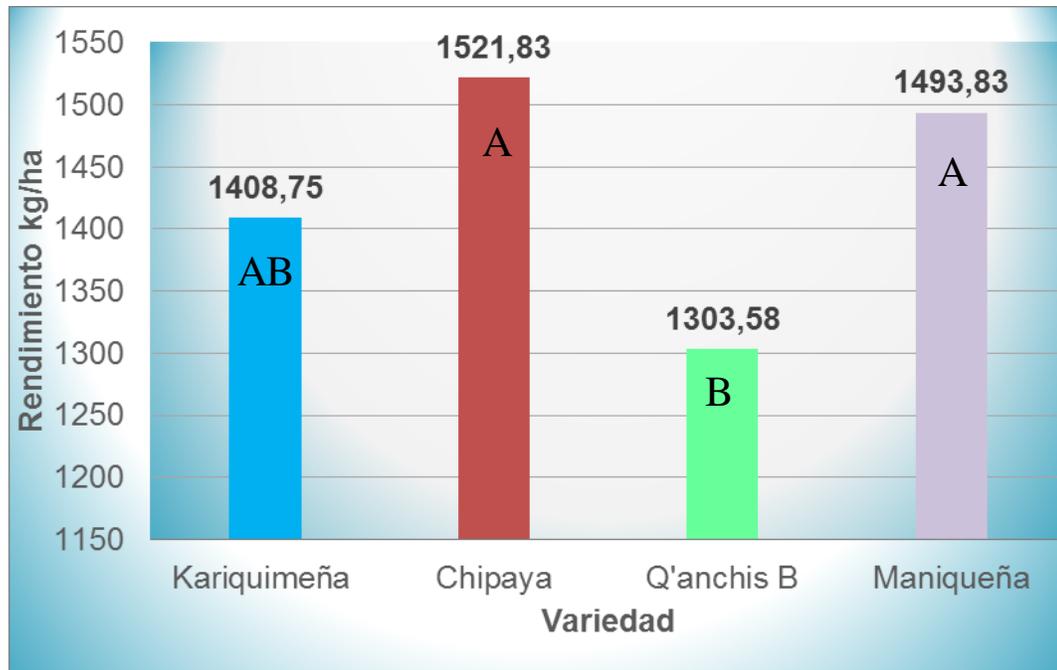
SC = Suma de cuadrados

CM = Cuadrado Medio

\* = significativo

El análisis de varianza para el rendimiento en grano de quinua (cuadro 13), muestra que no existen diferencias significativas entre bloques, lo que establece que el rendimiento no fue influenciado por la ligera pendiente del suelo. Para el factor variedades y tratamientos con fertilizantes, registra diferencias significativas y altamente significativas, lo que quiere decir que los cultivares de quinua manifiestan características propias para expresar el rendimiento, así mismo los fertilizantes foliares influyen en el rendimiento. El coeficiente de variación es de 12,48%, el cual nos refleja la confiabilidad de los datos registrados.

La figura 17, presenta los resultados de la prueba de Duncan para rendimiento en variedades precoces.

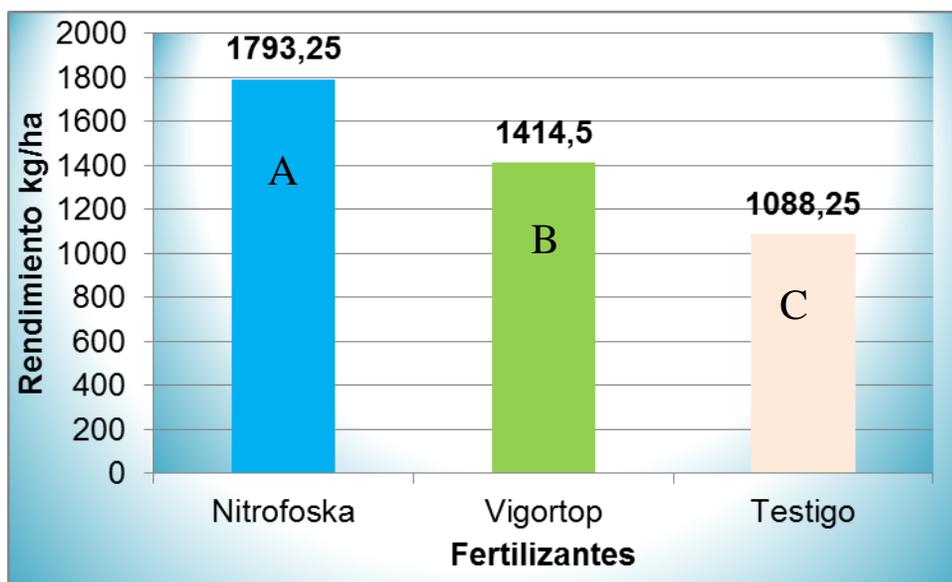


**Figura 17. prueba de Duncan para rendimiento en grano**

Los resultados de la prueba de Duncan para rendimiento en grano (figura17), en el que se identificó dos grupos siendo las variedades con mayor rendimiento son Chipaya y Maniqueña con 1521,83 kg/ha y 1493,83 kg/ha, Kariquimeña con 1408,75 kg/ha y finalmente Qanchis Blanco que presenta el menor rendimiento de 1303,58 kg/ha. Lo anterior significa que Chipaya y Maniqueña son las que mejor han aprovechado las condiciones del medio, pudiendo ser las más resistentes a diferentes factores abióticos (sequia, heladas), ambientales y de suelo.

Huanca (2008), presenta resultados de rendimientos en la evaluación de nueve líneas precoces en el altiplano Central, en la que obtuvo un rendimiento mayor de 1770 kg/ha que corresponde a las líneas L6 Y L8 en la que identifico con mayor precocidad a las líneas L2 1664 kg/ha y L7, L1 con 1040 kg/ha. Afirmando que los rendimientos de las variedades precoces son bajos, además indica, que la siembra de quinua de variedades precoces es una alternativa para el altiplano Central para disminuir los efectos causados por los cambios climáticos.

La figura 18, se presenta los resultados de la prueba de Duncan para rendimientos con la aplicación de fertilizantes foliares.



**Figura 18. Prueba de Duncan para rendimiento de grano (fertilizantes)**

Los resultados de la prueba de Duncan para rendimiento con aplicación de fertilizantes nos muestran que las medias de rendimiento corresponden a tres grupos diferenciados, siendo el primer grupo con la aplicación del fertilizante foliar Nitrofoska, cuyo rendimiento de 1793,25 kg/ha es el más alto, el segundo grupo está constituido por el tratamiento del fertilizante Vigortop con 1414,50 kg/ha y finalmente el testigo presenta el rendimiento más bajo de 1088,25 kg/ha (figura 18)

Los resultados obtenidos confirman la importancia de la aplicación de fertilizantes foliares, ya que se observa los mejores rendimientos cuando se aplica fertilizantes foliares, esto probablemente se deba a que el contenido de nitrógeno es mayor en Nitrofoska, este nutriente es esencial para el cultivo de quinua, debido a que cumple funciones bioquímicas y biológicas como la formación de clorofila, molécula que es determinante en el proceso fotosintético derivando en una mayor producción de frutos de calidad con alto contenido de proteína.

La fertilización foliar por lo general se realiza para corregir deficiencia de elementos menores, solo sirve como complemento para las plantas, pero en ningún momento puede sustituir la fertilización al suelo, aun cuando la fertilización es complementaria puede contribuir en la calidad y en el rendimiento de las cosechas (Salas, 2002).

Respecto a la influencia benéfica de la fertilización sobre el rendimiento de la quinua con la aplicación de abono orgánico, Tambo (2014) evaluó el efecto de abonos orgánicos en variedades de quinua obteniendo, rendimientos de 2774 kg/ha en la variedad Maniqueña.

### 6.7.2 Índice de cosecha.

En el cuadro 14, se presenta los resultados del análisis de varianza para índice de cosecha.

**Cuadro 14. Análisis de varianza para el índice de cosecha**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	0,00482	0,001608	3,00	0,087 ns
Variedad (A)	3	0,019706	0,006568	12,24	0,0016**
Error de (a)	9	0,004829	0,000536		
Fertilizante (B)	2	0,012065	0,006032	5,51	0,010*
Variedad*Fertilizante (A*B)	6	0,015683	0,002613	2,39	0,059 *
Error (b)	24	0,02626	0,001094		
Total	47	0,083375			
CV = 9,41 %					

FV = Fuente de variación

GL = Grados de Libertad

ns = no significativo

SC = Suma de cuadrados

CM = Cuadrado Medio

\* = significativo

CV = Coeficiente de variación

\*\*= altamente significativo

En el análisis de varianza para el índice de cosecha (cuadro 14), se observa que existe diferencias significativas entre bloques, también se observa diferencias significativas entre variedades y fertilizantes, por otro lado existe diferencias significativas en la interacción (AxB), lo cual se explicará mediante el análisis de efectos simples. El coeficiente de variación de 9,41% se encuentra en el rango menor a 30% aceptable para estudios de campo.

En el cuadro 15, se presenta los resultados de medias y desviación estándar para las variedades.

**Cuadro 15. Prueba de Duncan para el índice de cosecha entre variedades**

Variedad	Media	Des. Esta
Kariquimeña	0,33 BC	0,027 ±
Chipaya	0,37 A	0,054 ±
Q'anchis Blanco	0,32 C	0,035 ±
Maniqueña	0,36 AB	0,028 ±

La prueba de comparación múltiple de Duncan (cuadro 15) aplicado a las medias del índice de cosecha para variedades de quinua, muestra tres grupos con promedios similares que varían de 0,33 a 0,37. El primer grupo corresponde a las variedades Chipaya y Maniqueña, aunque esta última comparte medias similares con la variedad Kariquimeña, como también esta última variedad comparte medias con la variedad Maniqueña.

Cuanto mayor el valor del índice de cosecha mayor la eficiencia de la planta al reportar mayor cantidad de producto por planta, observándose que la efectividad del cultivo en la producción de grano. En caso de la variedad Chipaya, el 37% del peso total de la planta corresponde a grano.

**Cuadro 16. Prueba de Duncan para el índice de cosecha entre fertilizantes**

Fertilizante	Media	Des. Est.
Nitrofoska	0,37 A	0,050 ±
Vigortop	0,35 AB	0,034 ±
Testigo	0,33 B	0,031 ±

La prueba de comparación múltiple de Duncan (cuadro 16) muestra promedios que varía entre 0,33 a 0,37 perteneciente a dos grupos, el mismo cuadro muestra la desviación estándar de 0,050 ±, 0,034 ± y 0,031 ±, esto significa que los fertilizantes aplicados en la planta tuvo su efecto en diferentes proporciones en

cada tratamiento, siendo el tratamiento con Nitrofoska que reportó el mayor índice de cosecha y desviación estándar.

#### 6.4 Efecto simple para índice de cosecha según variedad por fertilizante

El análisis de efectos simples en la interacción de ambos factores (cuadro 17), indica la diferencia de significancia, según variedad por fertilizante.

**Cuadro 17. Análisis de efecto simple para el índice de cosecha según variedad por fertilizante**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Entre fertilizantes V1	2	0,004	0,002	2,0	3,40ns
Entre fertilizantes V2	2	0,020	0,01	10	3,40*
Entre fertilizantes V3	2	0,001	0,0005	0,5	3,40ns
Entre fertilizantes V4	2	0,003	0,001	1,0	3,40ns
Entre variedad F1	3	0,002	0,0006	0,6	3,01 ns
Entre variedad F2	3	0,019	0,006	6,0	3,01*
Entre variedad F3	3	0,013	0,004	4	3,01*
Error	24	0,026	0,001		

FV = Fuente de variación

GL = Grados de Libertad

ns = no significativo

SC = Suma de cuadrados

CM = Cuadrado Medio

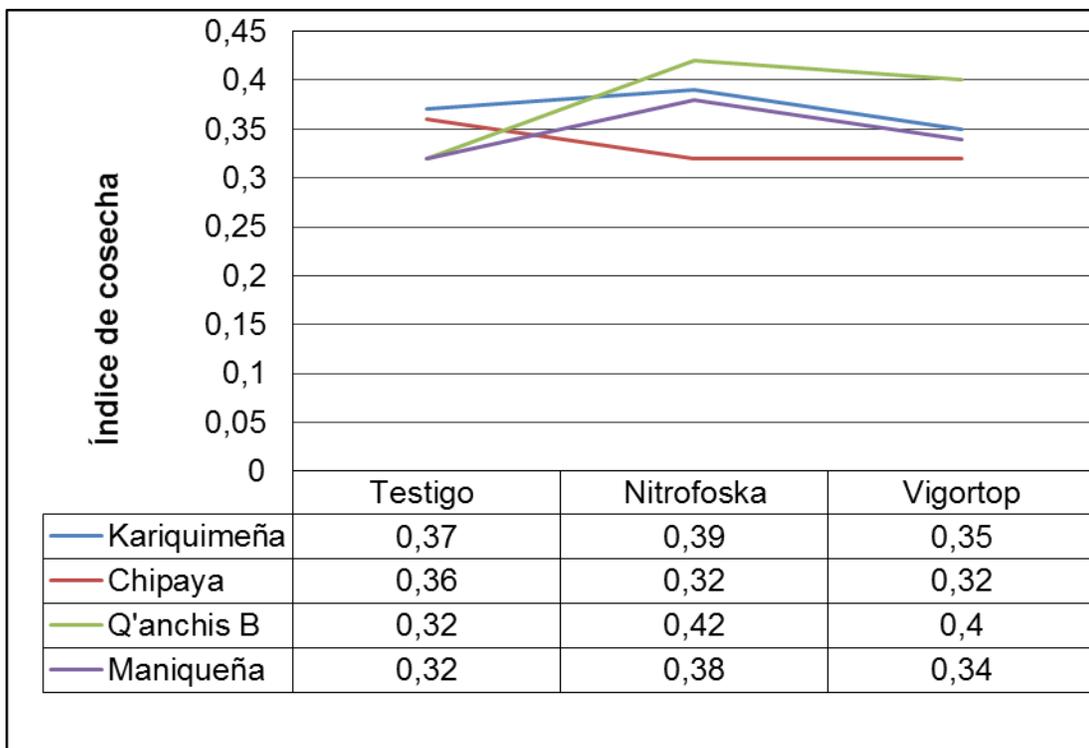
\* = significativo

CV = Coeficiente de variación

\*\* = altamente significativo

La interacción del factor variedad y fertilizante, para el índice de cosecha (cuadro 17), muestra que no existe diferencias significativas entre fertilizante dentro el comportamiento de variedades excepto la variedad Chipaya. También se observa que existe diferencias significativas entre las variedades, dentro el comportamiento de los fertilizantes, Nitrofoska y Vigortop. En el testigo presenta no significancia.

En la figura 19 se muestra el comportamiento de los diferentes fertilizantes en las cuatro variedades para el índice de cosecha.



**Figura 19. Representación gráfica del índice de cosecha para la interacción variedad por fertilizante.**

El comportamiento de los diferentes fertilizantes en las cuatro variedades (figura 19), donde se observa que el testigo presenta menor índice de cosecha en las variedades Kariquimeña con 0,37, Chipaya con 0,36, Q'anchis Blanco y Maniqueña con 0,32 en comparación con Nitrofoska y Vigortop por lo que en la prueba de efectos simple no existe diferencias significativas.

El comportamiento del fertilizante Nitrofoska reportó mayor índice de cosecha en Kariquimeña siendo 0,39, Q'anchis Blanco 0,42, Maniqueña con 0,38 y la variedad Chipaya con 0,32 que presenta menor índice de cosecha.

En el fertilizante orgánico de Vigortop se encontró los promedios de 0,35, 0,32, 0,40 y 0,34 en las variedades Kariquimeña, Chipaya, Q'anchis Blanco y Maniqueña respectivamente.

Por otra parte en la figura 19, se observa que la variedad Q'anchis blanco obtuvo mayor índice de cosecha de 0,42, en tanto que la variedad Chipaya presenta menor índice de cosecha de 0,32. Lo cual representa que la biomasa foliar (hojas y tallos) del testigo en las 4 variedades tenían menor peso, frente a las cuatro variedades a las que se ha aplicado los fertilizantes foliares ya que hubo un aporte en la formación de biomasa foliar en la plantas.

En los resultados obtenidos por Bonifacio *et al.* (2013), en la evaluación de la severidad del mildiu y daños del granizo en líneas de quinua, encontraron valores de índice de cosecha de 0,35 a 0,49. Los resultados obtenidos en el presente ensayo son menores al rango descrito. Esto podría atribuirse a factores climáticos adversos y alta incidencia de mildiu y granizo que se presentó en el desarrollo del cultivo.

Así mismo Tambo (2014), obtuvo promedios de 0,45, 0,44 y 0,40 en índice de cosecha en la variedades Maniqueña, Intinayra, Jacha grano y Chucapaca, en la evaluación de efectos de abonos orgánicos en variedades de quinua.

### **6.7.3 Porcentaje de tamaño de grano según calibre**

El análisis de varianza se ha realizado para la categoría de tamaños de grano en dos diámetros de calibre, la primera que corresponde a  $\geq 2$  mm (grano grande) y la segunda a 1,7 mm (grano mediano).

IBNORCA (2007), señala las calificaciones según el tamaño del grano, donde indica que los granos que tienen mayor a 2 mm son extra grandes, los de tamaño grande (1,7 a 2 mm), de tamaño mediano (1,4 a 1,7 mm) y los pequeños menor a 1,4 mm.

#### **6.7.3.1 Porcentaje de tamaño de grano según calibre 1,7 a 2,00 mm (grano grande)**

El análisis de varianza para el porcentaje de grano para la categoría de grano de tamaño grande se encuentra en el cuadro 18.

**Cuadro 18. Análisis de varianza para el porcentaje en grano grande  
(Calibre 1.7 2.0 mm)**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	3	4,47000	1,49000	0,89	0,480 ns
Variedad (A)	3	39,785	13,26166	7,96	0,0067**
Error de (a)	9	15,0016	1,66685		
Fertilizante (B)	2	40,12166	20,06083	31,12	0,001**
Variedad*Fertilizante (A*B)	6	21,145	3,524	5,47	0,0011**
Error (b)	24	15,47333	0,64472		
Total	47	135,99667			

El análisis de varianza del cuadro 18 indica que, las diferencias observadas en el factor A (variedades) y B (fertilizantes), existen diferencias significativas (al 5%). Además en la interacción de estos factores se muestra diferencias altamente significativas para lo cual se realiza la prueba de efectos simples.

El coeficiente de variación es de 7,67 % mostrando confiabilidad en los datos.

**Cuadro 19. Análisis de efecto simple en la interacción de los factores de variedad y fertilizantes foliares para el tamaño de grano (calibre  $\geq$  2,00 mm)**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Entre fertilizantes V1	2	4,38	2,19	3,42	3,40ns
Entre fertilizantes V2	2	15,76	7,88	12,31	3,40*
Entre fertilizantes V3	2	4,53	2,26	3,53	3,40 *
Entre fertilizantes V4	2	36,58	18,24	28,57	3,40*
Entre variedad F1	3	8,87	2,96	4,62	3,01 *
Entre variedad F2	3	36,91	12,30	19,21	3,01*
Entre variedad F3	3	15,15	5,05	7,89	3,01*
Error	24	15,43	0.64		

FV = Fuente de variación

GL = Grados de Libertad

ns = no significativo

SC = Suma de cuadrados

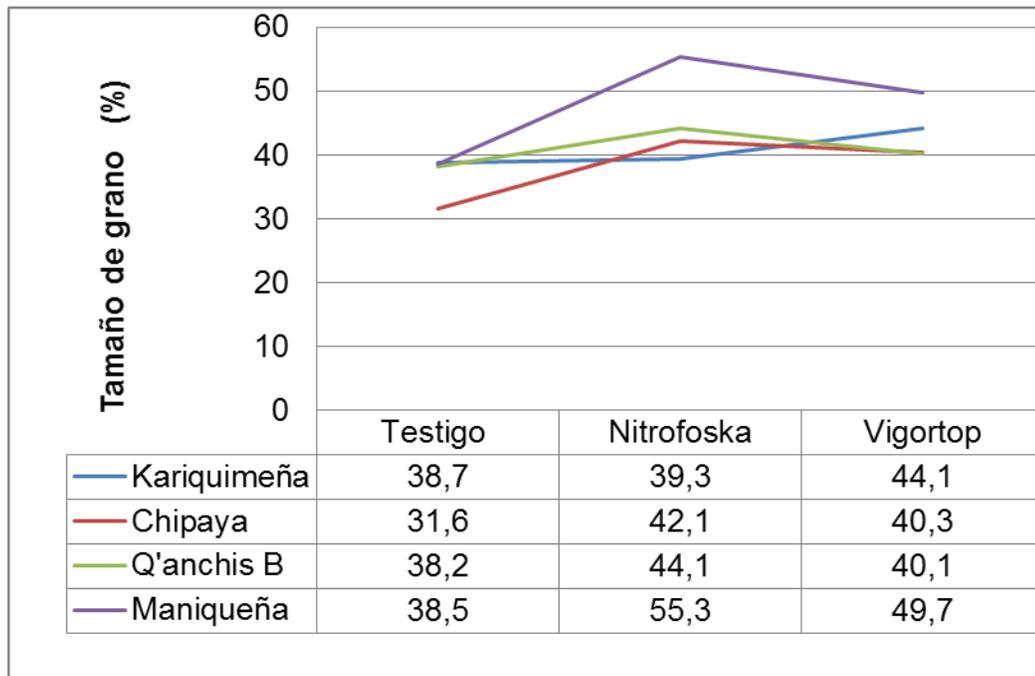
CM = Cuadrado Medio

\* = significativo

El análisis de varianza de efectos simples en la interacción de ambos factores (cuadro 19), muestra que existe diferencia significativa entre los fertilizantes dentro

el comportamiento de las variedades Chipaya y Maniqueña. En cambio en las variedades Kariquimeña y Q'anchis Blanco no existe diferencias significativas. Se observa también diferencias significativas entre las cuatro variedades dentro los fertilizantes foliares de Nitrofoska, Vigortop y testigo. Lo que indica que los fertilizantes aplicados influyeron en la formación de granos en lo que corresponde al tamaño grande en cada variedad.

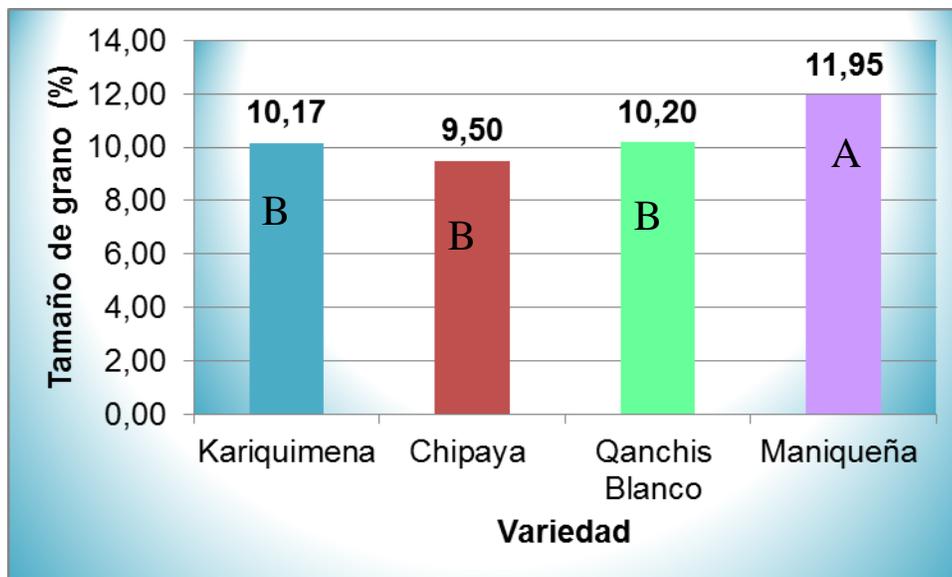
La figura 20, presenta la variación de tamaño de grano, interacción de variedad por fertilizante.



**Figura 20. Interacción de los factores variedades y fertilizantes foliares en el porcentaje de tamaño de grano en quinua (calibre 1.7 a 2.0 mm)**

La figura 20, refleja la variación del tamaño de grano (calibre 1.7 a 2.0 mm) expresados en porcentajes para las variedades de quinua. Constatándose que la variedad Maniqueña alcanzó mayores porcentajes en tamaño con la aplicación de fertilizantes foliares de 55.3 % con Nitrofoska y 49.7 % con Vigortop. En Las variedades Q'anchis Blanco y Chipaya presenta porcentajes intermedios de 44.1 % y 40.1% 42.1, 40.3% cuando se aplican fertilizantes de Nitrofoska y Vigortop y la variedad Kariquimeña con 44.1 % aplicado con Vigortop. En cambio en el testigo se observa los porcentajes más bajos en las cuatro variedades.

De acuerdo a los resultados obtenidos se deduce que la variedad Maniqueña obtuvo la mejor respuesta en tamaño de grano.

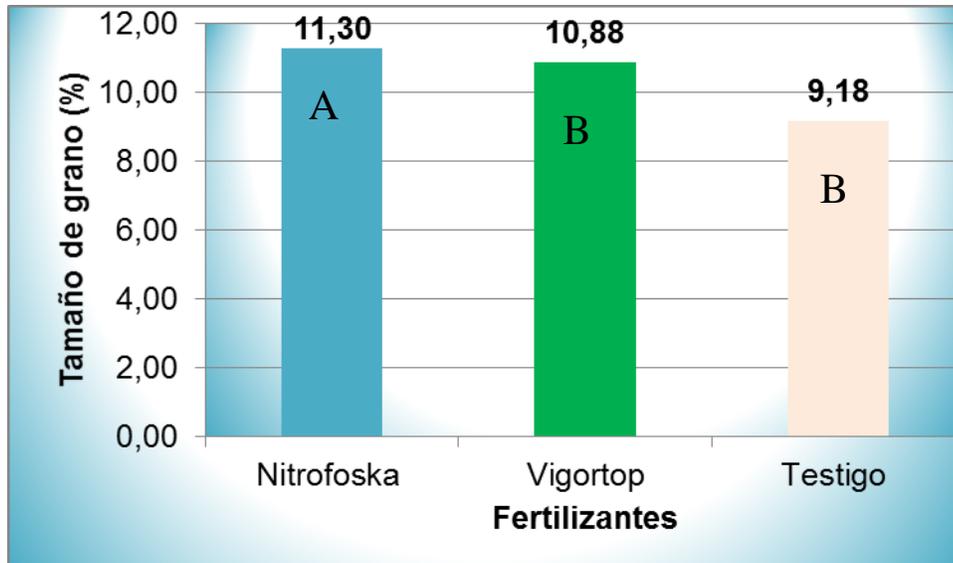


**Figura 21. Prueba de Duncan en variedades para tamaño de grano (1.7 a 2.00 mm)**

En la figura 21, se muestra la comparación múltiple de Duncan para tamaño de grano categoría grande, en el que se identificó dos grupos, la variedad con mayor porcentaje en peso de grano tamaño de grande es Maniqueña con 11.95%. Las variedades Q'anchis Blanco, Chipaya y Kariquimeña con 10.20%, 10.17% y 9.50% corresponden al mismo grupo de medias similares.

Tambo (2014), reportó el porcentaje de tamaño de grano en variedades, Jacha grano con 64,92%, Maniqueña con 36,24, Inti naira con un valor de 18,47% y Chucapaca con el promedio más bajo de 0,19 %. Estos valores son mayores al que se obtuvo en el presente trabajo excepto la variedad Chucapaca, debido a que este autor trabajó con niveles de abono.

En la figura 22, muestra la prueba de comparación múltiple de Duncan para grano de tamaño grande en la que se identificó dos grupos diferentes.



**Figura 22. Prueba de Duncan para grano grande (fertilizantes)**

Las medias en tamaño de granos para los fertilizantes de (figura 22), Nitrofoska y Vigortop corresponden al primer grupo con 10.88% y 11.30%. En el testigo se identificó el valor más bajo en comparación con los fertilizantes con 9.18% de peso de granos grandes. Lo anterior implica que los fertilizantes foliares contribuyen favorablemente al incremento del tamaño de grano. Este resultado podría tener connotaciones prácticas para aumentar el tamaño de grano que es un carácter comercial requerido.

Padilla (2013), obtuvo promedios de 33,46 % (tricotop + biubacillus), 23,89% (tricotop) y 17,08 % (biubacillus), donde indica que la aplicación de promotores de crecimiento influyen en el porcentaje de tamaño de grano.

### 6.7.3.2 Proporción de tamaño de grano calibre 1.4 a 1.7 mm (grano mediano)

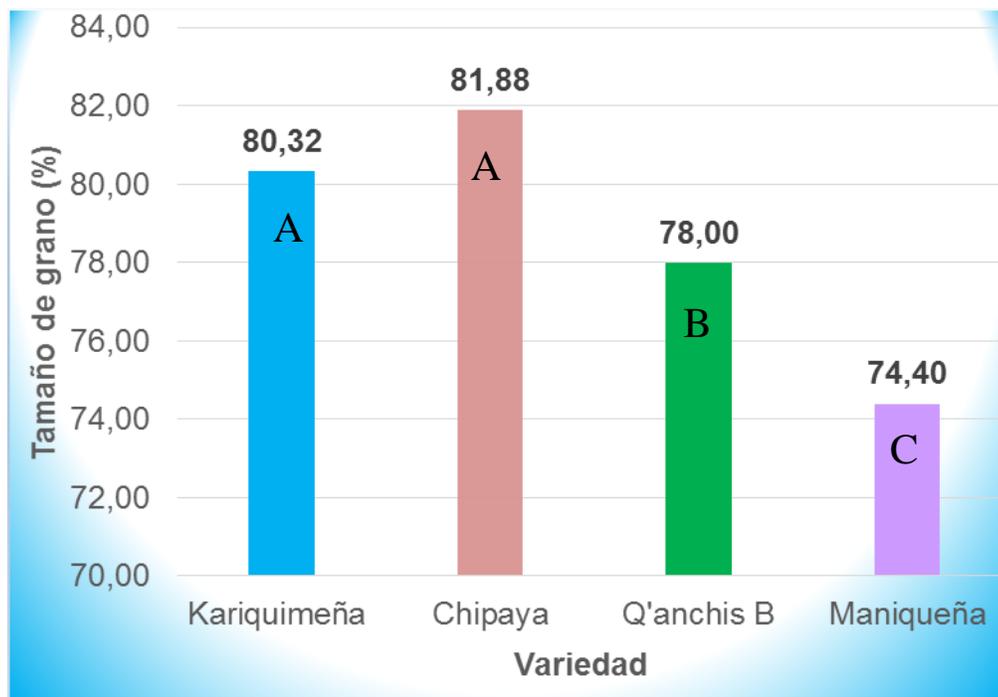
En el cuadro 20, se presenta los resultados del análisis de varianza para el porcentaje de grano mediano.

**Cuadro 20. Análisis de varianza para proporción de tamaño de grano (calibre 1.4 a 1.9) grano mediano**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	109.90729	36.6357	2.32	0.14 ns
Variedad (A)	3	380.94062	126.98020	8.05	0.0065**
Error de (a)	9	140.05187	15.78354		
Fertilizante (B)	2	9.6254	4.81270	0.70	0.501 ns
Variedad*Fertilizante (A*B)	6	99.60625	16.4343	2.43	0.056 ns
Error (b)	24	163.00833	6.87534		
Total	47	903.1397			
CV = 3.33					

En el análisis de varianza del cuadro 20 se observa que no existen diferencias significativas entre bloques y fertilizantes. Pero en el factor A (variedades) existe diferencia significativa. El coeficiente de variación es de 3.33% para esta variable, lo cual indica que los datos son confiables.

Figura 23, muestra la comparación múltiple de Duncan, para grano mediano en variedades, donde se identifica tres grupos.



**Figura 23. Prueba de Duncan para proporción de grano mediano**

Según la comparación múltiple de Duncan (figura 23) para el porcentaje de tamaño mediano de grano corresponde a tres grupos diferentes, el primer grupo está integrado por las variedades Chipaya y Kariquimeña con 81.80 y 80.32 %, el segundo grupo integrado por la variedad Qanchis blanco con 78.0% y el tercer grupo con 74.40% que corresponde a la variedad Maniqueña.

### **6.7.3.3 Proporción de tamaño de grano calibre menor o igual a 1.4 mm (grano pequeño)**

El análisis de varianza para el porcentaje de granos pequeños, presente en el ensayo de variedades con aplicación de fertilizantes se presenta en el cuadro 21.

**Cuadro 21. Análisis de varianza para grano pequeño**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	76.968	25.322	1.65	0.408 ns
Variedad (A)	3	185.432	61.477	4.01	0.07 ns
Error de (a)	9	138.913	15.101		
Fertilizante (B)	2	49.145	24.072	3.18	0.060 ns
Variedad*Fertilizante (A*B)	6	119.114	19.852	2,67	0.027
Error (b)	24	186.160	7.423		
Total	47	774.734			

El análisis de varianza (cuadro 21) para el tamaño de grano (calibre igual o menor a 1.4 mm) muestra que las diferencias entre bloques, fertilizantes y variedades no son significativas. El coeficiente de variación de 24.60% es relativamente alto pero se encuentra en el rango aceptable para tramos de campo cuyo límite máximo es de 30%.

**Cuadro 22. Comparación de Duncan para tamaño de grano (variedades)**

<b>Variedad</b>	<b>Grano grande</b>	<b>Grano mediano</b>
Kariquimeña	11,95 A	80.32 A
Chipaya	9,50 B	81.88 A
Qanchis Blanco	10,20 B	78.00 B
Maniqueña	10,17 B	74.40 C

La comparación múltiple de Duncan (cuadro 22) para las variedades de calibre 1.7 a 2.0 mm (grande) y 1.4 a 1.7 mm (mediano). Para grano grande presenta dos grupos diferentes, donde la variedad Kariquimeña presenta el mayor tamaño de grano. Por lo tanto se deduce que esta variedad tiene un mayor valor comercial en comparación con las demás variedades. Para grano mediano se presenta tres grupos diferentes, en el primer grupo se muestra las variedades Chipaya y Kariquimeña con valores de 81.88 y 80.32 lo cual indica que estas dos variedades tienen un valor comercial en el mercado.

La comparación múltiple de Duncan entre fertilizantes para tamaño de grano grande y mediano se presenta en el cuadro 23.

**Cuadro 23. Prueba de Duncan para grano grande y mediano para la aplicación de fertilizantes**

Fertilizantes	Grano grande	Grano mediano
Nitrofoska	11.30 A	79.17 A
Vigortop	10.88 A	78.08 A
Testigo	9.18 B	78.70 A

El cuadro 23, muestra que los fertilizantes Nitrofoska y Vigortop presentan promedios mayores de 11.30, 10.88 que son superiores al testigo que tiene 9.18% de granos grandes. Para grano mediano, las medias presentan valores similares con 79.17, 78.70 y 78.08%.

#### 6.7.4 Peso hectolítrico

El peso hectolítrico de grano grande sometido al análisis de varianza arrojó los resultados que se presentan en el cuadro 24.

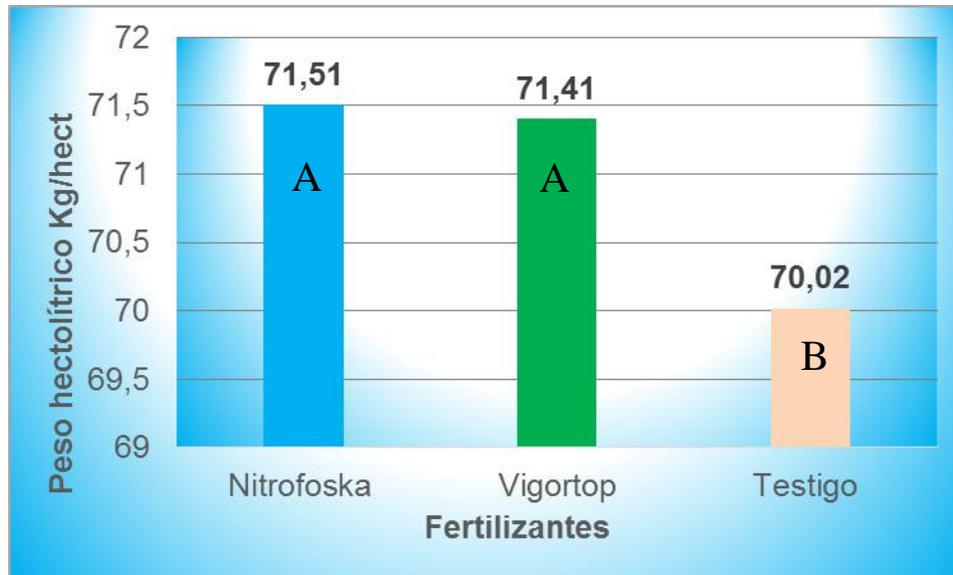
**Cuadro 24. Análisis de varianza para peso hectolítrico de grano grande**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Repetición	3	11.093	3.698	3.71	0.054*
Variedad (A)	3	7.776	2.592.	2.60	0.116
Error de (a)	9	8.963	0.996		
Fertilizante (B)	2	22.389	11.194	6.82	0.005**
Variedad * Fertilizante (A*B)	6	24.117	4.020	2.45	0.055ns
Error (b)	24	39.409	1.642		
Total	47	113.409			
CV	1.80				

El análisis de varianza para el peso hectolítrico de grano grande (cuadro 24), muestra que las diferencias entre bloques y fertilizantes son significativas y

altamente significativas, en el mismo cuadro se identifica diferencias significativas en la interacción de los factores de (A\*B). Con un coeficiente de variación de 1.80 % confirmando la precisión el buen manejo experimental.

La prueba de Duncan (figura 24), para el peso hectolítrico con aplicación de fertilizantes, muestra que los valores pertenecen a dos grupos de medias similares.

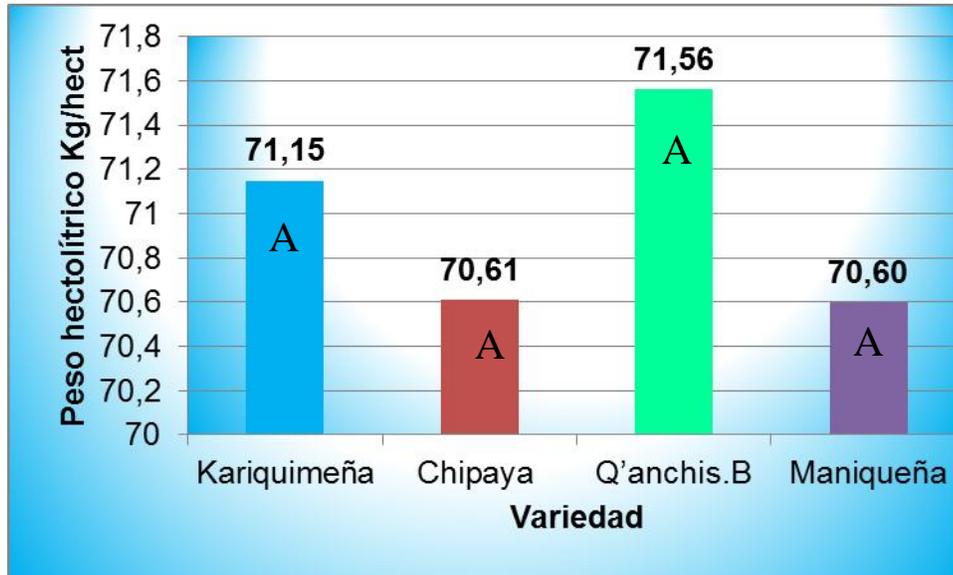


**Figura 24. Prueba de Duncan, peso hectolítrico de grano grande (fertilizantes)**

El mayor peso hectolítrico de grano corresponde al que se aplicó con los fertilizantes (figura 24) de Nitrofoska y Vigortop con promedios de 71.51 y 71.41, en cambio, el menor valor se registró para el testigo con 70.02 kg por volumen de 100 litros que ocupa el grano.

Padilla (2013), reportó medias de 71,50 (Kg/hectolitro) con aplicación de biobacillus + tricotop, para tricotop 70,90 (Kg/hectolitro) y con un menor promedio de 69,20 (Kg/hectolitro) que corresponde al tratamiento con biobacillus, en la variedad jacha grano, estos valores son similares al que se obtuvo en el presente trabajo de investigación.

En la figura 25, se observa la comparación de medias, para peso hectolítrico de grano grande



**Figura 25. Prueba de Duncan peso hectolítrico de grano grande (Variedad)**

Los valores promedio para variedades (figura 25) se registran un solo grupo, lo cual coincide con los resultados del ANVA que reportan ausencia de significación estadística para variedades. El mayor valor en promedio corresponde a la variedad Qanchis Blanco con 71,56 Kg/hectolitro

De acuerdo a los resultados obtenidos, se deduce que los fertilizantes químicos y orgánicos muestran influencia sobre el peso hectolítrico del grano de quinua.

Espíndola y Bonifacio (1996) indican que el peso hectolítrico, nos sirve para evaluar la calidad de semilla y está influenciado por el tamaño, forma, densidad y contenido de humedad.

#### **6.7.5 Peso hectolítrico de grano mediano**

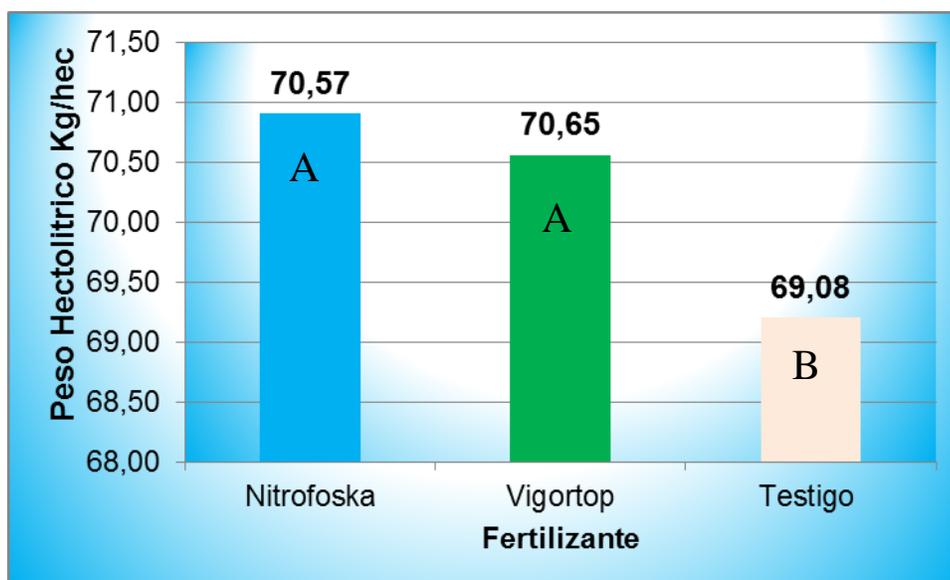
El análisis de varianza para el peso hectolítrico del grano mediano presente en las muestras de grano, con aplicación de fertilizantes se presenta en el cuadro 25.

**Cuadro 25. Análisis de varianza para peso hectolítrico de grano Mediano**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Repetición	3	7.751	2.584	0.86	0.49 NS
Variedad (A)	3	13.279	4.426	1.47	0.288NS
Error de (a)	9	27.147	3.016	2.92	
Fertilizante (B)	2	26.326	13.163	12.75	0.001**
Variedad*Fertilizante (A*B)	6	9.923	1.654	1.60	0.190NS
Error (b)	24	24.785	1.033		
Total	47	109.211			
CV = 1.31					

El análisis de varianza (cuadro 25) para peso hectolítrico se identificó diferencias significativas entre fertilizantes. Entre bloques y variedades no existen diferencias significativas. El coeficiente variación de 1.31% refleja la confiabilidad de los datos.

La figura 26, muestra la comparación de Duncan, para el peso hectolítrico, donde se observa dos grupos diferentes.



**Figura 26. Prueba de Duncan para peso hectolítrico de grano mediano**

La comparación múltiple de Duncan para el peso hectolítrico de grano mediano (figura 26), muestra dos grupos diferentes, siendo los de mayor promedio en peso de grano por un volumen que ocupa son los que se aplicó con los fertilizantes de Nitrofoska y Vigortop (70.57 y 70.65), en cambio, el testigo que no recibió aplicación alguna ha registrado el peso de 69.08.

**Cuadro 26. Comparación de Duncan para peso hectolítrico (variedades), grano grande y mediano**

Variedad	Grano grande	Grano mediano
Kariquimeña	71,15 A	70,70 A
Chipaya	71,01 A	69,55 C
Qanchis Blanco	71,51 A	70,45 AB
Maniqueña	70,60 A	69,69 BC

La comparación múltiple de Duncan para el peso hectolítrico de grano grande (cuadro 26) se observa que la variedad Q'anchis Blanco presenta mayor promedio relativo en peso de grano en kilogramos que ocupa un volumen de 100 litros, lo que indica que esta variedad tiene la mejor calidad de grano en comparación con las demás variedades. Pero esta diferencia no es repetible en razón a la ausencia de significación estadística reflejada en el ANVA. En granos medianos, las variedades Kariquimeña y Q'anchis Blanco son las que registraron la mejor calidad de grano en comparación con las variedades Maniqueña y Chipaya.

**Cuadro 27. Comparación de Duncan para peso hectolítrico de grano grande y grano mediano (fertilizantes).**

Fertilizantes	Grano grande	Grano mediano
Nitrofoska	71.51 A	70.57 A
Vigortop	71.41 A	70.65 A
Testigo	70.02 A	69.08 B

La comparación múltiple de Duncan para peso hectolítrico de grano mediano entre fertilizantes (cuadro 27) muestran resultados de mayor promedio en peso y

volumen de grano con la aplicación de fertilizantes Nitrofoska y Vigortop. Lo cual se deduce que los fertilizantes influyen en la calidad de grano.

### 6.8 Porcentaje de germinación

Para el porcentaje de germinación se realizó los análisis de varianza para grano grande y grano mediano.

En el cuadro 28, se observa cuadrados medios del ANVA, para la prueba de germinación de grano grande y mediano.

**Cuadro 28. Cuadrados medios del ANVA para prueba de germinación en grano grande y mediano (24 horas y 36 horas)**

FV	GL	Prueba de germinación			
		GG (24 hrs)	GM (24 hrs)	GG (36 hrs)	GM (36 hrs)
Repetición	3	4.79 ns	5.41 ns	0.22 ns	1.40 ns
Variedad (A)	3	11.187 ns	38.52 ns	2.88 ns	5.63 ns
Error de (a)	9	10.447 ns	13.59	0.88	4.07
Fertilizante (B)	2	8.083ns	23.40ns	0.75 ns	1.89 ns
Variedad*Fertilizante (A*B)	6	3.750 ns	7.23 ns	0.63 ns	3.00 ns
Error de (b)	24	6.972	11.05	1.22	2.78
Total	47				
<b>CV %</b>		<b>2.71</b>	<b>3.44</b>	<b>1.1</b>	<b>1.7</b>

El cuadro 28 muestra los cuadrados medios del análisis de varianza de la prueba de germinación de grano grande y grano mediano a las 24 horas y 36 horas, donde se identifica que no existe diferencia significativa entre bloques, variedades y fertilizantes. Los coeficientes de variación de 2.71%, 3.44 %, 1.1% y 1.7% son aceptables.

**Cuadro 29. Valores promedio del porcentaje de germinación de grano grande y mediano a las 24 horas y 36 horas entre variedades**

Variedad	GG (24 hrs)	GM (24 hrs)	GG (36 hrs)	GM (36 hrs)
Kariquimeña	95.92 a	94.00 a	98.83 a	97.91 a
Chipaya	97.67 a	96.75 a	100.00 a	99.16 a
Qanchis Blanco	98.17 a	98.33 a	99.50 a	99.50 a
Maniqueña	97.17 a	96.50 a	99.67 a	99.00 a

En el cuadro 29, se muestra los valores promedio de germinación en variedades, donde se identifica, con mayor porcentaje de germinación a la Q'anchis Blanco con 98.17% a las 24 horas seguido por las variedades Chipaya, Maniqueña y Kariquimeña con promedios intermedios que estadísticamente no son diferentes.

En granos medianos el mismo cuadro muestra que Q'anchis Blanco registra mayor porcentaje de germinación seguido por las variedades Chipaya, Maniqueña con promedios intermedios y la Kariquimeña registra un menor porcentaje de germinación.

Para la prueba de germinación de granos grandes y medianos a las 36 horas (cuadro) se ve a la variedad Chipaya con mayor porcentaje de germinación y las variedades Maniqueña, Q'anchis Blanco registraron porcentajes de 99.67, 99.50% en germinación y la Kariquimeña con 98.83%. En granos medianos la variedad Q'anchis Blanco registra mayor porcentaje de germinación. De la misma forma las de más variedades tienen un comportamiento similar a las pruebas de germinación de 24 horas.

**Cuadro 30. Comparación de Duncan para prueba de germinación de grano grande y mediano para fertilizantes ( 24 horas y 36 horas)**

<b>Fertilizantes</b>	<b>GG (24 hrs)</b>	<b>GM (24 hrs)</b>	<b>GG (36 hrs)</b>	<b>GM (36 hrs)</b>
Nitrofoska	96.44a	97.06 a	99.62 a	99.12 a
Vigortop	97.44a	97.12 a	99.62 a	99.06 a
Testigo	97.81a	95.00 a	99.25 a	98.50 a

El cuadro 30, muestra la comparación múltiple de Duncan al 5% para la prueba de germinación a las 24 y 36 horas en granos grandes y medianos, siendo las medias similares para los fertilizantes que no muestran diferencias estadísticas.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 Conclusiones**

De acuerdo a los resultados obtenidos del presente estudio de campo en la evaluación de variedades precoces de quinua con aplicación de fertilizantes foliares se deduce las siguientes conclusiones.

La aplicación de fertilizantes foliares ha influido positivamente en la altura de plantas de variedades precoces en diferentes fases fenológicas.

El fertilizante foliar Nitrofoska es la que mayor efecto ha tenido en la altura de planta de las variedades de quinua.

Los tratamientos aplicados con el fertilizante foliar Vigortop registraron promedios intermedios de altura, en las fases de panojamiento, inicio de floración, floración, grano lechoso y madures fisiológica.

Para el diámetro de tallo también se obtuvo similares resultados, lo cual indica que los tratamientos aplicados con fertilizantes foliares de Nitrofoska y Vigortop influyen en el vigor de la planta, ya que el diámetro de tallo en quinua está considerado como factor que determina el vigor de la planta.

En longitud de panoja en fase de madurez, los fertilizantes foliares influyeron en el tamaño de panoja en la que se obtuvo el mayor promedio de 25.73 y 21.78 cm, de la misma forma ocurre en el diámetro de panoja con promedios de 5.11 y 4.41 cm en las que se aplicó los fertilizantes foliares.

Con respecto al rendimiento, la variedad Chipaya ha reportado 1521.83 kg/ha seguido por la variedad Maniqueña, Kariquimeña (1493.83 y 1408.75 kg/lha) y la variedad Q'anchis Blanco con menor rendimiento. Para los fertilizantes el mayor rendimiento es la aplicada con Nitrofoska y Vigortop (1793.25 y 1414.50 kg/ha) verificándose que la aplicación de fertilizantes foliares influyó en el desarrollo de la planta como también en el rendimiento.

En el índice de cosecha, las variedades Chipaya y Maniqueña obtuvieron porcentajes de 0.37 y 0.36 % y el menor índice de cosecha las variedades Qanchis

Blanco y Kariquimeña. Lo cual indica que las variedades Chipaya y Maniqueña presentan mejor productividad.

Entre los tratamientos con fertilización foliar, el mayor índice de cosecha se obtuvo con el fertilizante Nitrofoska con 0.37 en comparación con Vigortop y el testigo que registraron 0.35 y 0.33.

Al evaluar el tamaño de granos en variedades, la que registró el mayor porcentaje relativo de grano grande fue Maniqueña 11.95% y la variedad Chipaya 9.50 % con menor porcentaje de grano grande.

Con tratamientos de fertilizantes, el mayor porcentaje de grano grande se obtuvo cuando se aplicó el fertilizante Nitrofoska con 11.30% y con menor porcentaje de grano grande fue el testigo con 9.18%.

En cuanto al grano mediano las variedades Kariquimeña y Chipaya son las que obtuvieron mayor promedio con 80.32% y 81.88%. Para fertilizantes de la misma forma que en grano grande el que obtuvo mayor promedio fue la que se aplicó con Nitrofoska con 79.17%.

Para el peso hectolítrico de grano grande, la variedad Q'anchis Blanco presentó mayor peso de grano en un volumen de 100 litros, y mejor calidad de grano. En granos medianos las variedades kariquimeña y Qanchis blanco son las que registraron mejor calidad de grano.

Respecto al peso hectolítrico con fertilizantes en grano grande y mediano, el mayor promedio que se obtuvo es cuando se aplicó el fertilizante Nitrofoska.

El porcentaje de germinación evaluada a 24 y 36 horas no ha mostrado diferencias significativas para las variedades, siendo los valores de germinación 95 y 99.62% respectivamente.

Para la aplicación de fertilizantes el porcentaje de germinación a las 24 horas y 36 reportó porcentajes de germinación entre 95% a 99.62%, siendo similares.

## **7.2 Recomendaciones**

Se sugiere validar los resultados obtenidos en condiciones de campo con participación de agricultores

Se recomienda la evaluación según tamaño de grano en adición al rendimiento.

Se recomienda realizar trabajos dirigidos en la producción de variedades precoces no solo en quinua sino también en otros cultivos andinos con la aplicación de fertilizantes foliares orgánicos como una forma de contribuir y reducir los efectos adversos del cambio climático.

Tomar en cuenta las variedades precoces de quinua del presente trabajo para realizar el mejoramiento genético en el altiplano Central y Norte.

## 8. Bibliografía

- Aroni, G. 1999. Producción de quinua en Bolivia. En primer taller internacional en quinua: recursos genéticos y sistemas de producción. Organizadores: proyecto Quinua CIP-DANIDA, UNALM, CIP, UNAP (10-14 de mayo de 1999). Lima Perú. FAO, CD version1.0, 2001.
- Bonifacio, A. y M. Alcon, 2013. La Quinua de Ciclo Corto en el Altiplano: Aspectos Favorables y Desfavorables en la Producción. Fundación PROINPA. La Paz – Bolivia. PP 30
- Bonifacio, A., Alcon, M., Vargas, A. 2013. Evaluación de la severidad del mildiu y granizo en líneas de quinua. Memorias del Congreso científico de la quinua. Fundación PROINPA. La Paz – Bolivia. pp 227 – 236.
- Bonifacio, A., Gomez, PL., y W. Rojas (2013). Mejoramiento Genético de la Quinua y el Desarrollo de Variedades Modernas. Capítulo 2.5 en: estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. PP. 203 – 220.
- Bonifacio, A. 2013. Variedades de quinua por regiones y semilla. Capítulo 2 en: manual técnico. Producción de quinua en el altiplano boliviano. Universidad Mayor de San Andrés (CD - FAO) PP. 9 - 14.
- Bonifacio, A., Aroni, G., Villca, M. 2012. Catálogo Etnobotánica de la Quinua Real Copyright Fundación PROINPA. P 16- 36- 72.
- Bonifacio, A. s/f. fisiología de la resistencia a factores adversos de la quinua: resistencia de la quinua al mildiu. En: primer taller internacional de la quinua: recursos genéticos y sistemas de producción (10 a 14 de mayo de 1999). La Molina, Lima, Perú. FAO, CD versión 1.0, 2001.
- Bergh, R.G., Zamora, M. 2002. Fertilización Foliar y Aplicación de Fungicidas en Trigo (Campaña 2001/2002). Buenos Aires, Argentina, Informe 23 Técnico Red de Ensayos para PECOM - SOQUIMICH - SYNGENTA. Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio INTA - MAG y AL). Disponible en:
- Blajos, j., Ojeda, N., Gandarillas, E., y A. Gandarillas 2014. Economía de la quinua: Perspectivas y desafíos. Revista de agricultura Nro 54 julio 2014 (Bolivia) pp. 3 – 9.

- Castillo, C., Bosque, H., Bonifacio, A. 2013. Manual Técnico Producción de Quinua en el Altiplano Boliviano. Universidad Mayor de San Andrés (CD - FAO). 83 p.
- Calla, J. (2012) Guía técnica manejo agronómico del cultivo de quinua, Mallasac Perú, 40 p
- Chilon, E.1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas; prácticas de campo, Invernadero y laboratorio. Ediciones CIDAT- UMSA-EMI. La Paz, Bolivia 177 p.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales 31(1):74-85
- Espindola, G., Bonifacio, A. 1996. Catálogo de Variedades Mejoradas de Quinua y recomendaciones Para Producción y Uso de Semilla Certificada. IBTA-DNS, La Paz, Bolivia, 71p.
- Gonzales, G. 1976. Métodos Estadísticos y Principios de Diseños Experimentales (ed) universitaria, 371 p.
- Huanca, M. 2008. Evaluación del Comportamiento Agronómico de Nueve Líneas Precoces de Quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) en el Altiplano Central Provincia Ingavi. Tesis Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, 100 p.
- IBNORCA, 2007. Norma Boliviana. Granos andinos-Quinua en grano-clasificación y requisitos. Instituto Boliviano de Normalización y calidad. NB 312004, 5 p.
- León H., J. M. (2003). Cultivo de la quinua en Puno – Perú; Descripción, Manejo y Producción. Ciencias Agrarias UNA - PUNO. Puno, Perú. 63 p.
- Mamani, y. (2014). Efecto de Dos Niveles de Humus de Lombriz, Estiércol Tratado y Estiércol Fresco en la Producción de Semilla de Quinua (*chenopodium quinoa willd.*) en el Centro Experimental de Quipaquipani, Viacha. Tesis de grado UMSA, Facultad de Agronomía, 110 p.

- Meneses, R., Rodríguez, C. 2000. Seminario Uniformación de Técnicas y criterios de Investigación. Cochabamba, Bolivia, 147 p.
- Miranda, R., Carlesso, R., Huanca, M., Mamani, P., Borda, A. (s/a.) Rendimiento y acumulación de nitrógeno en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) producida con estiércol y riego suplementario. Proyecto Quinagua. La Paz – Bolivia, 21-29 p.
- Mondino, P. 2011. Fertilizantes orgánicos, ácidos húmicos, fertilizantes minerales, Fertilizantes de lenta liberación, fertilizantes líquidos y aminoácidos. Disponible en: <http://articulos.infojardin.com/jardin/abonos-organicos-minerales-liquidos.htm>. Consultado 25 de noviembre del 2013
- Mujica, A., Ortiz, R., Bonifacio, A., Saravia, R., Corredor, G., y A. Romero, (2006). Informe Final, Proyecto Quinua Cultivo Multipropósito Para los Países Andinos. 237 P.
- Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J., Marathee, J. P. 2004. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. 2da edición. Santiago, Chile. 361 p.
- Mujica, A., Canahua, A., y R. Saravia, (2001). Capítulo II. Agronomía del cultivo de la quinua In: Mujica, A., Jacobsen S.E., Izquierdo, J., Marathee, J.P. (eds.), Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente del futuro. FAO, Santiago, Chile. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap2.htm#7>. Consultado 15 de febrero 2014.
- Ortuño, N., Navia, A., Meneses, E., Barja, D., Villca, S., Plata, G., Claros, M., Gutierrez, C., Arandia, W., y L. Crespo, (s/a). Catálogo de bioinsumos para mejorar la productividad de los cultivos ecológicos y convencionales. 44 P.
- Plata, L. 2013. Efecto del Mulch y la Fertilización Foliar en la Productividad de Pepinillo (*Cucumis sativus* L.) Bajo Carpa Solar, en el Centro experimental de Cota Cota. Tesis UMSA, Facultad de agronomía. 110 p.
- Padilla, M. 2013. Evaluación del Efecto de promotores de crecimiento en el cultivo

- de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Bajo Condiciones de Abonamiento Orgánico en el Altiplano Centro. Tesis de UMSA, Facultad de agronomía. 116 p.
- Patti, A. 2010. Comportamiento agronómico y evaluación del periodo de maduración de granos en diez variedades de quinua (*chenopodium quinoa* willd.), en la estación experimental de Choquenaira. Tesis de UMSA.152 p.
- Rojas, W., Pinto., M y A. Vargas 2014. Potenciales usos de la diversidad genética de la quinua en la agroindustria: oportunidades y desafíos. Revista de agricultura Nro 54 (Bolivia) julio 2014 PP. 92 – 97.
- Rojas, W., Pinto, M., Soto, J.L., y E. Alcocer (2010). Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos. En: W. Rojas, M. Pinto, JL. Soto, M.Jagger y S. Padulosi (eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia. pp 151-164.
- Salas, R. 2002. Laboratorio de suelos y foliares CIA/UCR Universidad de Costa Rica Centro Investigación Agronómica. Memoria.145 p.
- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología). 2013. Datos Meteorológicos. Estación de Viacha, Provincia Ingavi. La Paz-Bolivia.
- Soraide, D. 2011. La Quinua Real en el Altiplano Sur de Bolivia documento técnico para la denominación de origen. 110 p.
- Soto, J. 2010. Capítulo. IX Tecnología del cultivo de granos andinos en Bolivia. 20-21 p.
- Sosa, J. (2013). Estrategias de fertilización nitrogenada y aplicación de fungicidas sobre el cultivo de soja: efecto sobre el rendimiento y el tenor proteico. Tesis en producción agropecuaria. Universidad Católica Argentina, pp 10. Disponible en:  
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/estrategias-fertilizacion-nitrogenada.pdf>. Consultado 20 de Marzo 2015.
- Tambo, F. 2014 Evaluación del Efecto de Abonos Orgánicos en Variedades Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Centro Experimental de

Quipaquipani, Viacha Tesis Ing. Agr. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia UMSA.124 p.

Vargas, A. 2006. Fases fenológicas y evaluación agronómica en 20 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) seleccionadas en América del Sur y Europa. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. 122 p.

Yzarra W.J., Lopez F.M. (s/a.). Manual de observaciones fenológicas. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Lima, Perú. 98 p.

**ANEXOS**

# ANEXOS

## COMPARACION DE MEDIAS DE DUNCAN EN FASES FENOLOGICAS

Anexo 1. Prueba de Duncan al 5% para altura de 65 días (fertilizantes)

Tratamiento	Media	Duncan
Nitfoska	26.46	A
Vigortop	23.46	B
Testigo	19.15	C

Anexo 2. Prueba de Duncan al 5% para altura de 65 días (variedades)

Variedad	Media	Duncan
Kariquimeña	22.15	B
Chipaya	24.53	A
Q`anchis Blanco	22.88	B
Maniqueña	22.55	B

Anexo 3 ANVA para altura de planta en la fase de inicio de floración 80 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	3	40.090	13.363	2.37	0.137NS
Variedad (A)	3	35.758	11.919	2.12	0.168NS
Error de (a)	9	50.641	5.626	3.65	
Fertilizante (B)	2	875.487	437.743	284.17	0.001**
Variedad*Fertilizante(A*B)	6	18.335	3.055	1.98	0.107NS
Error (b)	24	36.970	1.540		
Total	47	1057.284			

**CV = 3.11**

Anexo 4. Prueba de Duncan al 5% para altura de 80 días entre fertilizantes (inicio de floración)

Tratamiento	Media	Duncan
Nitfoska	44.34	A
Vigortop	41	B
Testigo	34.08	C

Anexo 5. Prueba de Duncan al 5% para altura de 80 días entre variedades

Variedad	Media	Duncan
Kariquimeña	41.08	A
Chipaya	39.00	B
Q`anchis Blanco	39.95	B

Maniqueña	39.03	B
-----------	-------	---

Anexo 6. ANVA para diámetro de tallo al inicio de la floración 80 días

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	0.9319	0.3106	1.24	0.352 NS
Variedad (A)	3	0,9798	0,3266	1.30	0.333 NS
Error de (a)	9	2.2589	0.2510	2.24	
Fertilizante (B)	2	38,5290	19.2645	171.66	0.001**
Variedad*Fertilizante (A*B)	6	1.1092	0.1849	1.65	0.178 NS
Error (b)	24	2.6934	0.1122		
Total	47	46.5023			

**CV = 3.21**

Anexo 7. Prueba de Duncan al 5% para diámetro de tallo entre fertilizantes al inicio de la floración (80 días)

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan</b>
Nitfoska	11.49	A
Vigortop	10.47	B
Testigo	9.3	C

Anexo 8. Prueba de Duncan al 5% para diámetro de tallo entre variedades al inicio de la floración (80 días)

<b>Variedad</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan</b>
Kariquimeña	10.64	A
Chipaya	10.43	AB
Q`anchis Blanco	10.35	AB
Maniqueña	10.25	B

Anexo 9. ANVA altura de 95 días fase de floración

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	0.572	0.191	0.02	0.994 NS
Variedad (A)	3	14.237	4.746	0.59	0.636 NS
Error de (a)	9	72.114	8.013	5.32	
Fertilizante (B)	2	1367.330	683.665	453.99	0.001**

Variedad*Fertilizante(A*B)	6	0.435	0.072	0.05	0.999 NS
Error (b)	24	36.142	1.506		
Total	47	1490.830			

**CV = 2.03**

Anexo 10. Prueba de Duncan al 5% para altura de 95 días entre fertilizantes (en floración)

Tratamiento	Media	Duncan
Nitfoska	65.58	A
Vigortop	62.41	B
Testigo	53.01	C

Anexo 11. Prueba de Duncan al 5% para altura de 95 días entre variedades (en floración)

Variedad	Media	Duncan
Kariquimeña	61.03	A
Chipaya	59.90	B
Q`anchis Blanco	60.69	AB
Maniqueña	59.71	B

**Anexo 12. ANVA Para Diámetro de tallo en floración 95**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	3	2.9390	0.9797	1.59	0.258 NS
Variedad (A)	3	4.2772	1.4257	2.32	0.144 NS
Error de (a)	9	5.5374	0.6153	4.03	
Fertilizante (B)	2	36.7538	18.3769	120.30	0.001**
Variedad*Fertilizante (A*B)	6	0.4058	0.0676	0.44	0.843 NS
Error (b)	24	3.6661	0.1528		
Total	47	53.5792			

**CV = 3.36**

Anexo 13. Prueba de Duncan al 5% para diámetro de tallo entre fertilizantes en floración (95 días)

Tratamiento	Media	Duncan
Nitfoska	12.56	A
Vigortop	11.81	B
Testigo	10.45	C

Anexo 14. Prueba de Duncan al 5% para diámetro de tallo entre variedades en floración (95 días)

<b>Variedad</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan</b>
Kariquimeña	12.05	A
Chipaya	11.64	B
Q`anchis Blanco	11.53	BC
Maniqueña	11.21	C

Anexo 15. Análisis de varianza para altura de planta a los 110 días

<b>FV</b>	<b>GL</b>		<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	34.490	11.496	1.84	0.209 NS
Variedad (A)	3	11.316	3.771	0.60	0.628 NS
Error de (a)	9	56.180	6.243	2.79	
Fertilizante (B)	2	950.446	475.223	212.09	0.001**
Variedad*Fertilizante(A*B)	6	11.913	1.985	0.89	0.520 NS
Error (b)	24	53.775	2.240		
Total	47	1118.119			

CV = 2.14

Anexo 16. Prueba de Duncan al 5% para altura de 110 días entre fertilizantes (en grano lechoso)

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan</b>
Nitfoska	74.33	A
Vigortop	71.12	B
Testigo	63.70	C

Anexo 17. Prueba de Duncan al 5% para altura de 110 días entre variedades (en grano lechoso)

<b>Variedad</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan</b>
-----------------	--------------	---------------

Kariquimeña	70.34	A
Chipaya	69.67	A
Q`anchis Blanco	69.87	A
Maniqueña	68.99	A

Anexo 18. Análisis de varianza para diámetro de tallo en grano lechoso 110

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Repetición	3	13.4252	4.4751	6.73	0.011*
Variedad (A)	3	8.5326	2.8442	4.28	0.039*
Error de (a)	9	5.9819	0.6647	4.81	
Fertilizante (B)	2	40.7113	20.3556	147.25	0.001**
Variedad*Fertilizante (A*B)	6	1.8264	0.3044	2.20	0.078 NS
Error (b)	24	3.3177	0.1382		
Total	47	73.7950			

**CV = 2.90**

Cuadro 19. Prueba de Duncan al 5% para diámetro de tallo entre fertilizantes en grano lechoso (110 días)

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan</b>
Nitfoska	14.02	A
Vigortop	13.05	B
Testigo	11.77	C

Anexo 20. Prueba de Duncan al 5% para diámetro de tallo en variedades en grano lechoso (110 días)

<b>Variedad</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan</b>
Kariquimeña	13.57	A
Chipaya	13.03	B
Q`anchis Blanco	12.79	B
Maniqueña	12.40	C

Anexo 21. ANVA para altura de planta a los 125 días madures fisiológica

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	16.751	5.584	1.26	0.346 NS
Factor A	3	11.971	3.990	0.90	0.479 NS
Error	9	40.015	4.446	2.25	
Factor B	2	982.920	491.460	248.54	0.001**
Interacción (A*B)	6	15.816	2.636	1.33	0.281NS
Error	24	47.457	1.977		
Total	47	1114.930			

**CV = 1.94**

Anexo 22. Prueba de Duncan al 5% para altura de 125 días entre fertilizantes (madures fisiológica)

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan</b>
Nitfoska	76.75	A
Vigortop	73.80	B
Testigo	65.95	C

Anexo 23. Prueba de Duncan al 5% para altura de 125 días entre variedades (madures fisiológica)

<b>Variedad</b>	<b>Media</b>	<b>Duncan</b>
Kariquimeña	72.96	A
Chipaya	71.75	A
Q`anchis Blanco	72.08	A
Maniqueña	71.73	A

Anexo 24. ANVA para diámetro de tallo en madures fisiológica 125

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	3	3.67138	1.22379	2.58	0.118 NS
Factor A	3	1.76755	0.58918	1.24	0.351 NS
Error	9	4.27313	0.47479		
Factor B	2	44.58475	22.29238	605.85	0.001**

Interacción (A*B)	6	0.17936	0.02989	0.81	0.571NS
Error	24	0.88308	0.03680		
Total	47	55.35927			

**CV = 1.35**

Anexo 25. Prueba de Duncan al 5% para diámetro de tallo a los 125 días entre fertilizantes (madures fisiológica)

Tratamiento	Media	Duncan
Nitfoska	15.18	A
Vigortop	14.16	B
Testigo	12.85	C

Anexo 26. Prueba de Duncan al 5% para diámetro de tallo a los 125 días entre variedades (madures fisiológica)

Variedades	Media	Duncan
Kariquimeña	14.46	A
Chipaya	14.01	B
Q'anchis.B	14.00	B
Maniqueña	14.04	B

**Anexo 27. ANVA longitud de panoja 125**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	3	25.2156	8.4052	5.86	0.016*
Factor A	3	8.2539	2.7513	1.92	0.197 NS
Error	9	12.9168	1.4352		
Factor B	2	475.9679	237.9839	57.12	0.001**
Interacción (A*B)	6	21.3404	3.5567	0.85	0.542NS
Error	24	99.9850	4.1660		
Total	47	643.6797			

**CV = 9.34**

Anexo 28. Prueba de Duncan al 5% para longitud de panoja entre fertilizantes (madures fisiológica)

Tratamiento	Media	Duncan
Nitfoska	25.73	A
Vigortop	21.78	B

Testigo	18.02	C
---------	-------	---

Anexo 29. Prueba de Duncan al 5% para longitud de panoja entre variedades (madures fisiológica)

Variedades	Media	Duncan
Kariquimeña	21.67	A
Chipaya	22.40	A
Q'anchis.B	21.28	A
Maniqueña	22.03	A

Anexo 30. ANVA diámetro de panoja a los 125 días

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloque	3	3.3222	1.1074	4.67	0.031*
Factor A	3	1.3072	0.4357	1.84	0.210 NS
Error	9	2.1352	0.2372		
Factor B	2	17.4254	8.7127	23.22	0.001**
Interacción (A*B)	6	2.0095	0.3350	0.89	0.515 NS
Error	24	9.0050	0.3752		
Total	47	35.2047			

**CV = 13.95**

Anexo 31. Prueba de Duncan al 5% para diámetro de panoja entre fertilizantes (madures fisiológica)

Tratamiento	Media	Duncan
Nitrfoska	5.11	A
Vigortop	4.41	B
Testigo	3.63	C

Anexo 32. Prueba de Duncan al 5% para diámetro de panoja entre variedades (madures fisiológica)

Variedades	Media	Duncan
Kariquimeña	4.25	A
Chipaya	4.47	A
Q'anchis.B	4.20	A
Maniqueña	4.61	A

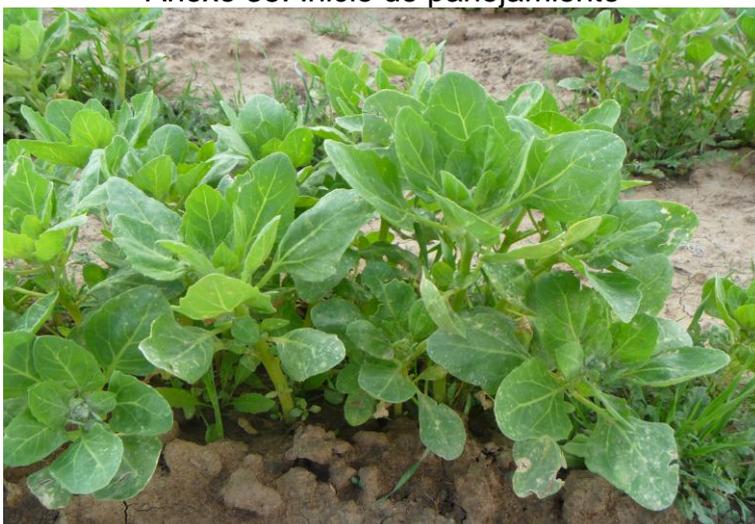
Anexo 33. Fase fenológica de dos hojas verdaderas



Anexo 34. Fase fenológica de ramificación



Anexo 35. Inicio de panojamiento



Anexo 36. Aporque del cultivo



Anexo 37. fase de grano lechoso y registro de datos



Anexo 38. Fase de madurez fisiológica



Anexo 39. Cosecha por unidad experimental



Anexo 40. Pesado de grano por variedad



Anexo 41. Calibración de grano





Anexo 42. Prueba de germinación de grano grande y mediano.

