

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



TESIS DE GRADO

**RESPUESTA DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* WILLD.) A LA APLICACIÓN
DE BIOL EN DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS EN LA ESTACIÓN
EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA**

NELLY BEATRIZ MAMANI TICONIPA

La Paz – Bolivia
2016

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

RESPUESTA DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* WILLD.) A LA APLICACIÓN DE BIOL EN DIFERENTES FASES FENOLÓGICAS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CHOQUENAIRA.

Tesis de Grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo

NELLY BEATRIZ MAMANI TICONIPA

ASESORES:

Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores _____

Ph. D. Esther Ninoska Flores Quisbert _____

Ing. Marco Antonio Echenique Quezada _____

TRIBUNAL REVISOR:

Ph. D. Félix Mamani Reynoso _____

M. Sc. Eduardo Chilón Camacho _____

Ing. Rolando Céspedes Paredes _____

APROBADA

Presidente del Tribunal Examinador _____

DEDICATORIA

Con mucho amor, cariño y gratitud al esfuerzo de mis padres Julián y Carmen, por el apoyo incondicional de parte de ellos hacia mi persona.

A mis hermanos Lidia, María, Justo, Yhonny, Rojelia y a mi compañero Ronald por todo su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

- A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés por haberme acogido durante mi formación profesional.
- A la Estación Experimental Choquenaira por haberme facilitado los insumos necesarios para la realización del presente trabajo.
- Al personal de la Estación Experimental Choquenaira por haberme guiado con sus experiencias vividas en la institución.
- A mis padres por el esfuerzo y sacrificio realizado para mi formación.
- A los señores asesores: Ph.D. Alejandro Bonifacio Flores, Ph.D. Esther Ninoska Flores Quisbert y al Ing. Marco Echenique Quezada por las observaciones y correcciones durante la fase de elaboración del trabajo de tesis.
- Al equipo de riego de la Estación Experimental de Choquenaira por el apoyo brindado en las actividades realizadas durante el experimento.
- Finalmente agradecer a mis padres y hermanos por apoyarme en la culminación de mis estudios y en el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xi
RESUMEN	x
1 INTRODUCCIÓN	1
2 OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 Características generales del cultivo de quinua.....	3
3.2 Características agronómicas	4
3.2.1 Morfología	5
3.2.2 Características fenológicas del cultivo	6
3.2.2.1 Seis hojas verdaderas y ramificación	7
3.2.2.2 Inicio de panojamiento y panojamiento.....	8
3.2.2.3 Inicio de floración y floración	8
3.2.2.4 Grano lechoso	9
3.3 Labores agrícolas del cultivo	9
3.3.1 Siembra.....	9
3.3.2 Deshierbes, raleo, aporque, purificación varietal y riego.....	10
3.3.3 Control fitosanitario.	11
3.3.4 Cosecha y post-cosecha	12
3.4 Variedad.....	12
3.5 Composición química del grano de quinua.....	13

3.6	Fertilización	14
3.6.1	Abono liquido orgánico (biol).	14
3.6.1.1	Ventajas del biol	15
3.6.1.2	Forma de aplicación y dosis	16
3.6.1.3	Disponibilidad y absorción de nutrientes por el cultivo	16
3.6.1.4	Función de los nutrientes	17
4	LOCALIZACIÓN	18
4.1	Temperaturas y precipitaciones.....	19
4.2	Análisis físico y químico del suelo	21
4.3	Características ecológicas.....	24
4.3.1	Vegetación predominante.....	24
4.4	Fisiografía	24
5	MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
5.1	Materiales.....	25
5.1.1	Material de campo.....	25
5.1.1.1	Material vegetal	25
5.1.1.2	Material orgánico.....	25
5.1.2	Material de laboratorio.....	26
5.1.2.1	Instrumentos de laboratorio	26
5.1.2.2	Equipos	26
5.1.2.3	Reactivos	26
5.2	Métodos	26
5.2.1	Procedimiento en campo.....	26
5.2.1.1	Preparación del suelo.....	26
5.2.1.2	Muestreo de suelo.....	27
5.2.1.3	Prueba de germinación y emergencia en laboratorio.....	28
5.2.1.4	Siembra.....	28
5.2.1.5	Preparación y aplicación de biol en diferentes fases fenológicas	29

5.2.1.6	Labores culturales	32
5.2.1.6.1	Riego.....	32
5.2.1.6.2	Control fitosanitario	32
5.2.1.7	Procedimiento de toma datos agronómicos.....	33
5.2.1.7.1	Altura de planta	33
5.2.1.7.2	Diámetro de tallo	34
5.2.1.7.3	Cobertura vegetal.....	34
5.2.1.7.4	Longitud de panoja	34
5.2.1.7.5	Diámetro de panoja	34
5.2.1.7.6	Número de ramas.....	35
5.2.1.7.7	Rendimiento	35
5.2.1.8	Cosecha	36
5.2.1.9	Trillado y venteado	37
5.2.2	Procedimiento de toma datos en laboratorio	37
5.2.2.1	Peso hectolitro.....	37
5.2.2.2	Número de granos por gramo.....	38
5.2.2.3	Peso grano por planta (g/planta)	38
5.2.3	Procedimiento del porcentaje tamaños granos por planta	38
5.2.3.1	Porcentaje de grano pequeño	38
5.2.3.2	Porcentaje de grano mediano.....	39
5.2.3.3	Porcentaje de grano grande	39
5.2.4	Procedimiento de análisis químico del grano.....	39
5.2.4.1	Recolección de granos	40
5.2.4.2	Limpieza de granos	40
5.2.4.3	Peso del grano	40
5.2.4.4	Desaponificación.....	40
5.2.4.5	Secado	41
5.2.4.6	Molienda grano de la quinua	42

5.2.4.7	Extracción de aceite	42
5.2.4.8	Secado de la harina desgrasada	44
5.2.4.9	Extracción de almidón	44
5.2.4.10	Extracción de proteína por el método de Gravimetría.....	46
5.2.5	Diseño Experimental	48
5.2.5.1	Modelo lineal aditivo	48
5.2.5.2	Tratamientos en estudio	49
5.2.5.3	Croquis Experimental	49
5.2.5.4	Características de la parcela experimental	50
5.2.6	Variables medidas	50
5.2.6.1	Altura de la planta.	50
5.2.6.2	Diámetro de tallo	50
5.2.6.3	Cobertura vegetal.....	50
5.2.6.4	Longitud de panoja	50
5.2.6.5	Diámetro de panoja	51
5.2.6.6	Número de ramas.....	51
5.2.6.7	Rendimiento	51
5.2.6.8	Peso hectolitro.....	51
5.2.6.9	Número de granos por gramo.....	51
5.2.6.10	Peso de granos por planta	51
5.2.6.11	Porcentaje de grano grande mediano y pequeño por planta	52
5.2.6.12	Porcentaje de saponina	52
5.2.6.13	Porcentaje de aceite.....	52
5.2.6.14	Porcentaje almidón.....	52
5.2.6.15	Porcentaje de proteína	52
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
6.1	Evaluación de las variables agronómicas	53
6.1.1	Altura de la planta	53
6.1.2	Diámetro de tallo.	54

6.1.3	Cobertura vegetal.....	56
6.1.4	Longitud de panoja.....	58
6.1.5	Número de ramas.....	59
6.1.6	Diámetro de panoja.....	61
6.1.7	Rendimiento.....	63
6.1.8	Peso hectolítrico.....	65
6.1.9	Número de granos por gramo.....	66
6.1.10	Peso de granos por planta.....	69
6.2	Evaluación porcentaje por tamaños de grano por planta.....	71
6.2.1	Porcentaje por tamaño de grano por planta.....	71
6.2.2	Porcentaje de grano grande por planta.....	72
6.2.3	Porcentaje de grano mediano por planta.....	74
6.2.3.1	Porcentaje de grano pequeño por planta.....	76
6.3	Evaluación del porcentaje de saponina, aceite, almidón y proteína total.....	78
6.3.1	Porcentaje de saponina.....	78
6.3.2	Porcentaje de aceite.....	80
6.3.3	Porcentaje de almidón.....	81
6.3.4	Porcentaje de proteína total del grano.....	84
7	CONCLUSIONES.....	87
8	SUGERENCIAS.....	89
9	BIBLIOGRAFÍA.....	91

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Características agronómicas	5
Cuadro 2. Composición química del grano de quinua	13
Cuadro 3. Propiedades químicas del Biol.....	15
Cuadro 4. Dosis de aplicación de biol	16
Cuadro 5. Análisis físico de suelo	22
Cuadro 6. Análisis químico de suelo	23
Cuadro 7. Clasificación del NPK en el suelo	23
Cuadro 8. Insumos utilizados en la elaboración de biol.....	29
Cuadro 9. Frecuencia, cantidad y número de aplicaciones de biol en cada fase del cultivo.....	31
Cuadro 10. Tamaño de granos	39
Cuadro 11. Procedimiento de extracción y precipitación de la proteína	47
Cuadro 12. Condiciones optimas para la precipitación de proteína	48
Cuadro 13. Análisis de varianza de la altura de planta.....	53
Cuadro 14. Análisis de varianza del diámetro de tallo	55
Cuadro 15. Análisis de varianza de la cobertura vegetal.....	56
Cuadro 16. Análisis de varianza de longitud de panoja	58
Cuadro 17. Análisis de varianza de número de ramas	60
Cuadro 18. Análisis de varianza de diámetro panoja	62
Cuadro 19. Análisis de varianza del rendimiento.....	63
Cuadro 20. Análisis de varianza de peso hectolitrito	65
Cuadro 21. Análisis de varianza del número de granos en un gramo.....	67

Cuadro 22. Análisis de varianza de peso granos por planta.....	69
Cuadro 23. Análisis de varianza del porcentaje de grano > a 2.5 mm diámetro	73
Cuadro 24. Análisis de varianza del porcentaje de grano mediano por planta de diámetro >2 mm<2.5mm	75
Cuadro 25. Análisis de varianza del porcentaje de grano pequeño< 2mm de diámetro	77
Cuadro 26. Análisis de varianza del porcentaje de saponina	79
Cuadro 27. Análisis de varianza del porcentaje de aceite	80
Cuadro 28. Análisis de varianza del porcentaje de almidón	82
Cuadro 29. Análisis de varianza de la proteína total.	84

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación de la Estación Experimental Choquenaira	18
Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas y promedios	19
Figura 3. Variación de las precipitaciones pluviales	20
Figura 4. Unidades experimentales de la parcela.....	49
Figura 5. Promedios de la altura de planta.....	54
Figura 6. Promedios diámetro del tallo.....	56
Figura 7. Promedios de la Cobertura vegetal	57
Figura 8. Longitud de panoja.....	59
Figura 9. Promedios número de ramas	61
Figura 10. Promedios diámetro de panoja.....	62
Figura 11. Comparación de medias por Duncan del rendimiento	64
Figura 12. Promedios peso hectolitro	66
Figura 13. Prueba DUNCAN del número de granos por grano	67
Figura 14. Peso de granos por planta	70
Figura 15. Porcentajes de grano grande mediano y pequeño	71
Figura 16. Prueba Duncan del porcentaje de grano grande por planta de diámetro > a 2.5 mm.....	73
Figura 17. Prueba Duncan del porcentaje de grano mediano (>2 mm < 2.5mm) de diámetro.....	75
Figura 18. Porcentaje de grano pequeño por planta	77
Figura 19. Porcentaje de saponina de la quinua	79
Figura 20. Porcentaje de aceite	81

Figura 21. Prueba Duncan del porcentaje de almidón.....	83
Figura 22. Prueba Duncan del porcentaje de proteína total.....	85

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Parcela experimental	19
Fotografía 2. Preparación del suelo	27
Fotografía 3. Obtención muestra de suelo	27
Fotografía 4. Prueba de germinación y emergencia	28
Fotografía 5. Riego y siembra del cultivo del a quinua	29
Fotografía 6. Preparación y aplicación de biol.....	30
Fotografía 7. Fases fenológicas aplicadas con biol	31
Fotografía 8. Aporque y deshierbe en el cultivo de quinua.....	32
Fotografía 9. Larvacida orgánico.....	33
Fotografía 10. Medicines realizadas de las variables agronómicas	36
Fotografía 11. Cosecha.....	36
Fotografía 12. Trillado y venteado.....	37
Fotografía 13. Medición de peso hectolitro.....	38
Fotografía 14. Pesaje grano de quinua en balanza de precisión	40
Fotografía 15. Desaponificación de la quinua	41
Fotografía 16. Secado de la quinua	41
Fotografía 17. Molienda de la quinua	42
Fotografía 18. Extracción del aceite de la harina de quinua en el equipo Soxlet.	43
Fotografía 19. Secado de la harina de quinua desgrasada	44
Fotografía 20. Extracción del almidón de la quinua	45
Fotografía 21. Obtención de proteína por método gravimétrico.....	47

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue conocer la respuesta de la quinua a la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas en la Estación Experimental Choquenaira.

Para el estudio se utilizó una área de 250 m² de terreno y semilla de la variedad Jach'a Grano procedente de PROINPA. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con 4 tratamientos, 1 testigo y 4 repeticiones conformando en total 20 unidades experimentales. Para el estudio se preparó 75% de biol y 25 % de agua, este abono líquido orgánico se aplicó en las fases de ramificación a los 42 días, panojamiento a los 71 días, floración 99 días y grano lechoso 120 días después de la siembra en 4 oportunidades en cada tratamiento.

La evaluación de las variables agronómicas se realizó semanalmente y al finalizar la aplicación de biol en la fase de grano lechoso como: la altura de planta, diámetro de tallo, cobertura vegetal, diámetro de panoja, longitud de panoja, peso de planta y el rendimiento. En el grano obtenido se ha evaluado las diferentes categorías mediante la clasificación del grano por el método del tamizado en mallas de calibre conocido, del cual obtenido el porcentaje de grano pequeño, porcentaje de grano mediano, porcentaje de grano grande por planta, porcentaje de saponina por lavado en agua, porcentaje de aceite por el extractor Soxhlet, porcentaje de almidón por método de Decantación y porcentaje de proteína total en el grano mediante el método gravimétrico.

Para conocer la fase fenológica adecuado o la fase fenológica que aprovecha eficientemente los nutrientes al aplicar biol se realizó el análisis de varianza al 5% y 1% y la comparación de medias por DUNCAN 5% de probabilidad para todas las variables propuestas en el estudio.

Los resultados muestran que la altura de planta, diámetro de tallo, cobertura vegetal, número de ramas, peso de grano por planta fueron no significativos respecto a los bloques y en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas. Pero respecto al rendimiento en la aplicación de biol en diferentes fases fue altamente significativo,

donde la mayor rendimiento fue en la aplicación de biol en la fase de floración con 1624,5 kg/ha y el menor fue en el testigo con 1436,25 kg/ha.

Respecto al número de granos por gramo también existe diferencia altamente significativa donde el mayor promedio fue 333 unidades por gramo en el testigo y el menor fue de 264 unidades por gramo en la fase de grano lechoso.

En el tamaño de grano grande fue significativo, donde el mayor porcentaje de grano grande resultó en la aplicación de biol en la fase de grano lechoso con promedio de 55,83 % por planta y el menor fue de 10,59 % por planta en la fase de ramificación.

En el tamaño de grano mediano fue significativo, por lo cual el mayor porcentaje de grano mediano por planta fue en la aplicación de biol en la fase de ramificación con 86,17 % y el menor fue en la aplicación de biol en la fase de grano lechoso con 39,9 % por planta. En el porcentaje de grano pequeño resultó no significativo en la aplicación de biol en las fases fenológicas.

En los porcentajes de saponina se destaca que solo existe diferencia significativa entre bloques, el cual indica que el suelo tiene efecto en la variación del porcentaje de saponina, pero no existe tal diferencia en los tratamientos o en la aplicación de biol en fases fenológicas. En los porcentajes de aceite de quinua no existe diferencia significativa, esto significa que el tratamiento no dio efecto en el porcentaje de aceite.

En cambio en el porcentaje de almidón existe diferencia significativa, donde el porcentaje máxima fue en el testigo con 51,7 % y la mínima fue en la aplicación de biol en la fase de panojamiento con 39,9 %.

En el porcentaje de proteína total del grano fue significativo, donde el mayor porcentaje fue de 14,2 % de proteína total en la aplicación de biol en la fase de floración y el menor fue 12,3% de proteína total en la aplicación de biol en la fase de panojamiento y en el testigo. Este análisis químico del grano fue realizado en la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas - UMSA.

1 INTRODUCCIÓN

La quinua se constituye en alimento de primer orden en la dieta alimentaria, por la alta calidad nutritiva y valor proteico de sus granos y porque presenta fuentes importantes de ingresos económicos para agricultores de la región andina.

La producción de quinua tiene lugar preferentemente en el altiplano de Bolivia y Perú. Los departamentos que producen quinua en el país son: Oruro (provincia Ladislao Cabrera), Potosí (provincia Quijarro, Nor Lipez, Sur Lipez y Daniel Campos) y La Paz (provincia Omasuyo, Aroma y Ingavi).

El grano de quinua se encuentra más difundido y aceptado en los mercados locales, nacionales e internacionales, donde la quinua a nivel nacional se encuentra en mercados pequeñas.

El descenso del rendimiento del grano de quinua se debe a varias causas como la presencia de fenómenos de precipitación y temperatura, la baja fertilidad de suelos, el momento inadecuado de aplicar biofertilizantes y el desconocimiento de la fase fenológica de la planta con mayor demanda nutritiva.

Por lo cual es importante conocer la demanda nutritiva en cada fase fenológica de la quinua, porque la dinámica fisiológica de cada fase es diferente, es decir, cada fase fenológica asimila mayor o menor cantidad de nutrientes que otra fase fenológica y este efecto se manifiesta en las características externas que presenta la quinua.

El resultado de la investigación aporta el conocimiento de poder cumplir la demanda nutritiva del cultivo en el momento específico de su desarrollo, completando su crecimiento sin ninguna deficiencia crítica nutritiva. Así mismo se estaría disminuyendo el costo de producción por la eficiencia de uso del abono orgánico.

Con la determinación de la fase fenológica adecuada para la aplicación de biofertilizantes u otros abonos orgánicos, el productor podrá decidir con confianza el momento adecuado para complementar la fertilización de la quinua.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas en la Estación Experimental Choquenaira.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar las variables agronómicas en el cultivo de quinua con la aplicación de biol en distintas fases fenológicas.
- Evaluar el tamaño de grano como efecto a la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas.
- Comparar el contenido de saponina, aceite, almidón y proteína total del grano con la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Características generales del cultivo de quinua.

Según García (2003), citado por Geerts et al. (2008), la quinua es un pseudo cereal, nativo de las montañas andinas el cual ha sido cultivado en la región andina boliviana y peruana hace alrededor de 7000 años por los indígenas de la población Aymara y Quechua de Bolivia.

Tapia y Gandarillas (1979), mencionan que la quinua es originaria de los Andes y Bokasov (1965), supone que es originado de los Chibchas que vivían en la sabana de Bogotá, luego habría sido llevada al altiplano. Así mismo PROINPA (2003), indica que el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) remota a épocas prehispánicas 5000 años a.C., donde las culturas existentes cultivaban la quinua en las laderas de las serranías aledañas a los salares de Uyuni y Coipasa.

Según Tapia y Gandarillas (1979), la producción de la quinua en Bolivia, se concentra en La Paz en el lago Titicaca en la Península de Copacabana y con mayor incidencia en el Desaguadero y Guaqui. En el departamento de Potosí, se da en provincias de Guijarro, Nor Lipez y Daniel Campos y en el departamento de Oruro Ladislao Cabrera en 3000-4000 ha siendo las principales áreas productoras del país.

El MDRyT (2013), menciona que los principales países productores de quinua son Bolivia, Perú, Ecuador, extendiéndose a Chile, Argentina, Brasil y otros países de Latinoamérica. Asimismo se cultivan en países de Europa, Asia, África, Australia, y América del Norte.

Según PROINPA (2002), la importancia de la quinua radica en la producción de quinua orgánica en el Altiplano sur de Bolivia el cual constituye una alternativa para la exportación, para Díaz y Ramos (2004), la exportación de la quinua cubre el requerimiento a Norteamérica y Europa, asimismo MDRyT (2013), menciona que la quinua es un alimento alternativo estratégico potencial para contribuir a la seguridad alimentaria y por ello se constituye un regalo de Los Andes al mundo.

También Ritva (1988), señala que la quinua ha formado parte de la dieta del poblador andino desde tiempos muy remotos, aunque la quinua no es excepcionalmente alta en proteínas pero supera a los cereales. Su verdadero valor radica en la calidad de su proteína, es decir en la combinación de mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana, donde Mujica *et al.* (2006) y Comai *et al.* (2007), citado por Geerts *et al.* (2008), indican que el contenido proteico del grano de quinua es elevado de 12% a 20%.

Infoagro (2002), menciona que la quinua es un cultivo de múltiples usos, se cultiva para el consumo humano, también utilizado en menor porcentaje de 2 a 5% como forraje o para propósitos medicinales.

Mujica *et al.* (2001), mencionan que la quinua se adapta a las condiciones del altiplano, a la alta probabilidad de ataque de hongo y amplia gama de intensidades de radiación, desde el nivel del mar hasta en áreas de elevada altitud y crece en suelos con clase textural que va de arenoso a arcilloso. Asimismo Danielsen y Ames (2000), mencionan que la quinua resiste condiciones bióticas muy desfavorables, los parásitos (pájaros, insectos, nematodos y los roedores) y las enfermedades (hongos, bacterias y virus) durante diversas fases fenológicas que son causas importantes de la pérdida productiva.

3.2 Características agronómicas

Espíndola (1994), considera que el rendimiento de la quinua presenta los siguientes factores como: peso de 1000 granos, altura de la planta (cm), área foliar (cm²) y rendimiento (kg/ha), estos son consideradas respuestas agronómicas, como se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Características agronómicas

Altura de la planta	0,9-1,2 m en Norte y Central
Diámetro de panoja	5,5 cm
Longitud de panoja	20,2 cm
Diámetro de tallo base	1,42 cm
Resistencia al mildiu (p. farinosa)	Parcialmente resistente
Tolerancia a heladas	Escape por precocidad
Tolerancia a granizo	Media
Tolerancia al volcamiento	tolerante
Rendimiento experimental	1600-2000 kg/ha
Rendimiento comercial	1100-1400 kg/ha

Fuente: PROINPA (2004).

3.2.1 Morfología

Tapia y Gandarillas (1979), indican que la raíz de la quinua se inicia a pocas horas de tener humedad, alargándose primero la radícula hasta una raíz pivotante vigorosa que llega hasta 30 cm de profundidad.

También menciona que el tallo es cilíndrico a la altura del cuello y después anguloso debido a las hojas alternas a lo largo de cada una de las cuatro caras. Tiene una hendidura de poca profundidad en las caras y se extiende de una rama a otra.

Consiguientemente explica que los cotiledones y las hojas durante el proceso de germinación, se produce el alargamiento de la radícula llegando a su máxima extensión alrededor de 4 días, luego se inicia el alargamiento del hipocótilo, bajo condiciones de temperatura promedio de 12 °C, donde los cotiledones emergen al sexto día después de la siembra.

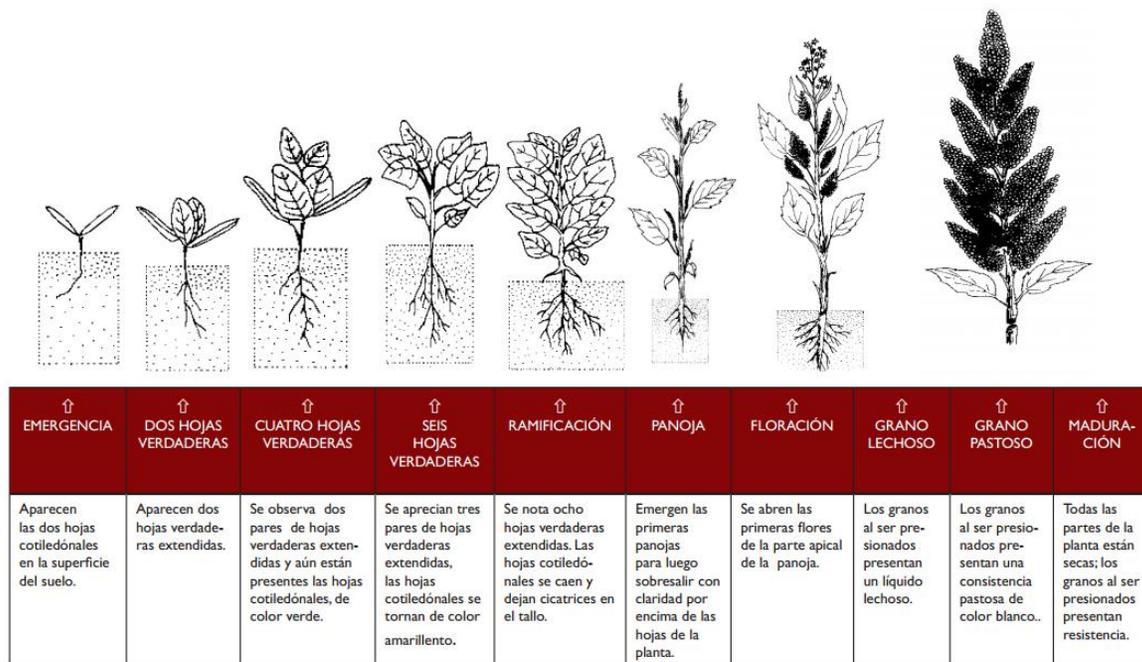
Espíndola (1982), explica que la hoja está formada por el pecíolo y la lámina. Los pecíolos son largos y acanalados en su parte superior. La forma de la lámina varía de acuerdo a la ubicación de las hojas y a la variedad y es plana u ondulada.

Tapia y Gandarillas (1979), indican que la inflorescencia de la quinua es racimosa, pero por la disposición de las flores en el racimo se considera como una panoja. La agrupación de las flores a lo largo del eje principal y ejes secundarios dan lugar a la forma de inflorescencias amarantiformes y glomerulada. También indica que las

flores de la quinua son incompletas porque carecen de pétalos, pueden ser hermafrodita o pistiladas, la flor hermafrodita está constituida por un perigonio sepalóide de cinco partes, el gineceo con un ovario con dos o tres ramificaciones estigmáticas rodeadas por el androceo formado por cinco estambres cortos, en cambio, la flor femenina consta del perigonio y el gineceo siendo el tamaño del primero de 2 a 5 mm y el segundo de 1 a 3 mm.

Para Tapia y Gandarillas (1979), el fruto de la quinua es un aquenio cubierto por el perigonio cuando está seco se desprende con facilidad al frotarlo. El pericarpio del fruto está pegado a la semilla y contiene la saponina que le da el sabor amargo. También indica que la semilla está constituida por el epispermo que es la parte externa de la semilla, el embrión que está formado por cotiledones y radícula que envuelve al perisperma de la semilla.

3.2.2 Características fenológicas del cultivo



Fuente: Yzarra W. et al. (2011)

Mujica y Jacobsen (2004), mencionan que la fenología del cultivo son los cambios externos visibles en desarrollo de la quinua, el cambio sucede desde la germinación hasta la formación de nuevas semillas, los cuales dependen de las condiciones

ambientales donde crecen, cuyo seguimiento es importante para agrónomos y agricultores puesto que servirá para efectuar futuras programaciones de las labores culturales, riegos, control de plagas enfermedades y identificación de épocas críticas.

Mamani (2007), menciona que la fenología de la quinua estudia los fenómenos morfológicos periódicos que suceden en los seres vivos durante su crecimiento y sus relaciones con el medio ambiente con luz, temperaturas, humedad.

Espíndola (1995), afirma que la fenología estudia los fenómenos periódicos de las plantas, en sus relaciones con los factores ambientales, tales como la luz, temperatura, humedad, duración del día y otros.

Por otro lado Espíndola (1994), define nueve etapas morfo-anatómicas distinguibles: etapa cotiledonar, etapa de las hojas basales, etapa de cinco hojas alternas (diferenciación panicular), 13 hojas alternas (pre-despunte panicular), despunte de panoja, floración, etapa de grano lechoso, estado masoso y etapa de grano pastoso (madurez fisiológica).

AEDES (2006), destaca 13 fases fenológicas de la quinua: emergencia, hojas falsas o cotiledonales, dos hojas verdaderas, cuatro hojas verdaderas, seis hojas verdaderas, ramificación, inicio de panojamiento, panojamiento, inicio de floración, floración o antesis, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica.

Según Mujica *et al.* (2004), la quinua presenta 12 fases fenológicas bien marcadas y diferenciadas que permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta estas son: Emergencia de plántulas, 2 hojas verdaderas 4 hojas verdaderas, 6 hojas verdaderas, ramificación, inicio de panojamiento, panojamiento, inicio de floración y floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica. Pero en este trabajo se estudió a las siguientes fases fenológicas.

3.2.2.1 Seis hojas verdaderas y ramificación

Se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se toman de color amarillento, esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la

cual se nota claramente la reacción de la planta cuando ocurren a bajas temperaturas y déficit hídrico o salino.

La formación de las hojas axilares hasta el tercer nudo donde las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, se nota inflorescencia cubierta por las hojas, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra, esta fase es la parte más sensible a heladas produciéndose el “colgado” del ápice, Durante esta fase es recomendable el aporte y fertilización complementaria para las quinuas de valle. Calla (2012), señala que se observa ocho hojas cotiledonales que caen a los 45 a 50 días.

3.2.2.2 Inicio de panojamiento y panojamiento.

Inicio de panojamiento es cuando la inflorescencia se observa que va emergiendo del ápice de la planta, con aglomeración de hojas pequeñas, las cuales cubren la panoja hasta tres cuartas partes, esto ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se aprecia el amarillamiento del primer par de hojas verdaderas y se produce una fuerte elongación y engrosamiento del tallo. En esta fase ocurre el ataque de la primera generación de Qh'una-qh'una (*Eurisacca quinoae*) formando nidos, enrollando las hoja y haciendo minas en las hojas.

Panojamiento es cuando la inflorescencia aparece por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman, esto ocurre de los 65 a 70 días después de la siembra, así mismo se aprecia en los glomérulos la base los botones florales, a partir de esta etapa hasta inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas. Para Calla (2012), indica que la inflorescencia se completa a los 65 a 70 días, donde existe ataque de la primera generación de Qh'una-qh'una minando la panoja.

3.2.2.3 Inicio de floración y floración

Inicio de floración es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, esto ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, esta fase es muy sensibles a las sequias y heladas, también se aprecia que en los glomérulos las anteras están protegidas por el perigonio dando un color verde limón.

La floración o antesis es cuando el 50 % se encuentran abiertas, lo cual ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra, la floración se nota claramente a medio día pero en las mañanas y al atardecer están cerradas, así mismo la planta eliminan las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente. Esta fase es muy sensible a las heladas alcanzando una resistencia hasta -2 °C, pero mayor 38 °C produce aborto de las flores en invernaderos o zonas desérticas calurosas.

3.2.2.4 Grano lechoso

Es cuando los frutos al ser presionado sale un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días después de la siembra, en esta fase se debe suministrar agua porque el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento.

Calla (2012), observó un líquido blanquecino del fruto al ser presionado, esto ocurre después de 100 a 130 días después de la siembra.

3.3 Labores agrícolas del cultivo

Tapia y Gandarillas (1979), indican que en el altiplano la preparación del terreno se realiza con tractor después de la cosecha de papa, luego viene el mullido y nivelación para que el terreno esté en condiciones de recibir la semilla y para que exista facilidad homogeneidad en la germinación y emergencia y desarrollo de las plántulas.

Mujica *et al.* (2004), destaca principales labores culturales para el cultivo de la quinua: deshierbes, raleo, aporques, purificación varietal, fertilización complementaria, control de plagas y enfermedades, control de heladas y granizadas. Sin embargo, señala que estas actividades pueden variar y ser diferentes según la zona.

3.3.1 Siembra

León (2003), menciona que la época de siembra varía de acuerdo a la zona, a las variedades que se van a cultivar (precoces o tardías), a la presencia de la lluvia y del

grado de humedad del suelo. A su vez, Bonifacio (1999), indica que la siembra en el Altiplano Centro y Norte, por lo menos requiere una precipitación mayor a 12 mm, el cual puede ocurrir en menos de 24 horas. Respecto variedades precoces de 140 a 150 días de periodo vegetativo recomienda sembrar en los meses de octubre a primera semana de noviembre, variedades semitardías de 170 días en octubre, y variedades tardías de 170 a 180 días en septiembre.

Aroni (1999), señala que las siembras tempranas empiezan la segunda quincena de agosto en el Altiplano Sur, las siembras normales es entre septiembre y octubre y las siembras tardías, la segunda quincena de noviembre.

Los métodos de siembra según GTZ, IICA, INIAP, ERPE (2001), son los siguientes a) siembra al voleo, se vierte la semilla en todo el terreno; b) siembra en surcos, a una distancia de 30 a 50 cm, se vierte la semilla a chorro continuo en las hileras y luego se efectúa un ligero tapado.

Mujica *et al.* (2004), recomienda una densidad de siembra entre 8 a 15 kg de semilla por hectárea, con un distanciamiento de 0.08 a 0.10 m entre plantas del cual se obtiene entre 15 a 20 plantas por metro lineal, con tendencia a mayor producción de grano.

3.3.2 Deshierbes, raleo, aporque, purificación varietal y riego.

Según Mujica *et al.* (2004), el deshierbe se realiza dos veces durante el ciclo de cultivo de la quinua, cuando las plántulas tengan un tamaño de 15 cm ó 30 días después de la emergencia y el segundo deshierbe se realiza antes de la floración ó a los 90 días después de la siembra. Pero Mujica *et al.* (2004), recomienda realizar el aporque antes de la fase de panojamiento y muchas veces simultáneamente con el deshierbe.

El raleo es el descarte de plantas pequeñas, débiles, enfermas, y de plantas con alta densidad por metro lineal o área de cultivo y se realiza conjuntamente con el deshierbe, dejando 10 a 12 plantas por metro lineal (León, 2003).

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

3.3.3 Control fitosanitario.

Danielsen y Ames (2000), indican que la enfermedad fungosa de la quinua es el mildiu (*Peronospora farinosa*), la mayor incidencia sucede en temporadas húmedas con temperaturas de 20 a 25 °C los cuales interfieren en la fotosíntesis de la planta y para prevenir de esta enfermedad, es recomendable usar semilla desinfectada. Donde Mujica *et al.* (1999), afirman que el uso temprano del fungicida o de los remedios orgánicos es muy importante para un control eficaz del hongo.

También señala que la polilla de la quinua Qh'una qh'una (*Eurysacca melanocapta*) importante presenta una gran incidencia en periodos de sequia con temperaturas altas y una disminución a medida que aumentan las precipitaciones.

Señala también que la plaga importante que se presenta en el ciclo del cultivo es la ticona (*Feltia experta*), un grupo complejo de al menos de 4 géneros cuyas larvas son las más perjudiciales ya que una larva por planta puede causar un serio daño.

PROINPA (2003), indican que el daño causado por Qh'una qh'una (*Eurysacca melanocapta Meyrich*) es también muy perjudicial para la quinua, esta especie puede sobrevivir todo el año debido a diversos hospederos presentes en la zona de producción de quinua.

3.3.4 Cosecha y post-cosecha

Tapia y Frías (2007), señalan que la cosecha se realiza una vez que las plantas llegan a la madurez fisiológica, esto se verifica por la caída de las hojas y coloración amarilla de la planta donde el grano al ser presionado con las uñas ofrece resistencia que dificulta su penetración.

Ritva (1988), recomienda realizar el corte en las primeras horas de la mañana, cuando los granos están generalmente húmedos, cuando están secos se desparrama fácilmente la semilla.

Así mismo, Mujica (1997), menciona que si se cosecha con una humedad del grano mayor a 18 % corre el riesgo de fermentarse en las parvas, por el contrario, si se cosecha cuando la humedad del grano es menor a 12 % existe pérdidas considerables por desgrane.

A su vez, Andersen (1983), utiliza el término madurez de cosecha o madurez desgranable para caracterizar la etapa en la que se puede separar el grano fácilmente. A su vez Soto *et al.* (2006), indican que la cosecha implica la siega o corte de las plantas, emparve, secado de 10 a 14 días, trillado, venteado y limpieza y la postcosecha implica la selección de los granos, envasado y almacenado.

3.4 Variedad

PROINPA (2004), menciona que la nueva variedad “Jach’a Grano es el resultado del mejoramiento genético de ciclo precoz, grano grande, blanco, amargo y resistencia parcial al mildiu adaptada a condiciones del altiplano central y sur 3650 a 3800 msnm y parcialmente en el altiplano norte. El rango de temperatura promedio durante el ciclo del cultivo es de 12 °C y una precipitación anual entre 300 a 450 mm. Los suelos aptos son del tipo franco, franco arcilloso, y arenoso. Responde bien a la fertilización química orgánica y de amplia adaptación. los progenitores de la variedad son: progenitor materno (Accesión 1489) y progenitor paterno (Huaranga 349).

3.5 Composición química del grano de quinua

Según Tapia *et al.* (1979), la composición química de las semillas de la quinua, la mayor parte de nitrógeno queda en el germen, que representa el 30 % del peso de toda la semilla, como se muestra en el Cuadro 2.

Además Rubio (2005), indica que el principal componente de los granos de quínoa es el almidón, que constituye el 60% del peso fresco del grano, donde característica nutricional más importante es la proteína, que es alrededor de 16% en base a materia seca y es rico en aminoácidos esenciales tales como: histidina, isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina y especialmente lisina También contiene hierro de alta biodisponibilidad, calcio, potasio, fósforo, magnesio, cobre, manganeso, azufre y otros minerales fácilmente disponibles.

La semilla de quínoa también contiene lípidos denominados ácidos grasos insaturados, destacando su alto contenido de ácido linoleico (50,2-56,1%) y oleico (22,0-24,5%), y moderado de linolénico (5,4-7%).

Cuadro 2. Composición química del grano de quinua

Componentes	Promedio (%)
Humedad	12,5
Proteína	13,81
Ceniza	3,36
Carbohidratos	59,74
Celulosa	4,38
Fibra	4,14
Grasa	5,01

Fuente: Tapia (1979)

A su vez Rubio (2005), indica que la quinua contiene saponinas que son compuestos naturales y se encuentran en el pericarpio de la semilla de quínoa, el cual es tóxico, químicamente son triterpenoide y glicosídico, la saponina normalmente se encuentra

en un rango de 0,11% a 2,0%. En su estructura tiene una aglicona policíclica (esqueleto esteroide o triterpenoide) unida a una o más cadenas de azúcares.

3.6 Fertilización

Bonifacio (2005), indica que en la fertilización de la quinua, se debe aprovechar el efecto residual de la fertilización orgánica del cultivo de papa y suplementar con urea al nivel de 20-00-00 a 30-00-00 de nitrógeno cuando las plantas se encuentren en fases ramificación y panojamiento, lo que equivale a 43 y 65 kg de urea por una hectárea de quinua. También indica que se puede aplicar fertilizantes foliares a la quinua, adoptando la dosis recomendada para la papa, en caso de no disponer la dosis adecuada para la quinua.

Bonifacio y Quino (1997), incrementaron los rendimientos del cultivo y mejoraron las propiedades físicas del suelo al aplicar humus de lombriz en niveles adecuados. Además Arce (1997), señala que el N y K son elementos nutritivos mas absorbidos por la quinua. A su vez MACA y IBTA (1988), indican que la quinua responde favorablemente a la fertilización nitrogenada, recomendándose una dosis de 60 a 80 kg de nitrógeno disponible por hectárea.

FAO (2002), describe que la absorción de nutrientes, por los cultivos está influenciada por el efecto del agua que suministra al cultivo en su crecimiento y metabolismo.

3.6.1 Abono líquido orgánico (biol).

PROINPA (2011), menciona que el biol es un fertilizante líquido cuyos nutrientes alimentan a las plantas haciéndolas más fuertes y resistentes. Este producto se obtiene de la fermentación del guano fresco de animales, residuos vegetales y agua, evitando el contacto con el aire.

Gomero (1999), comenta que el biol incorporando al suelo junto con el riego, no solo mejora la estructura, sino que por las hormonas precursoras que contiene, conlleva a un mejor desarrollo radicular en las plantas y a una mejor actividad de los

microorganismos del suelo, indica que para aplicar biol en forma foliar no debe aplicarse puro sino en disolución con agua, para no poner en estado crítico el cultivo.

Según Méndez (2012), presenta el análisis químico de fertilizantes orgánico químico (biol) producido por biodigestores a partir de estiércol de ganado, como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Propiedades químicas del Biol

valor de pH	Interpretación	Clase	Nitrógeno total %	Clase	Mg kg-1 de P	K mg/L
< 4.5	Extremadamente ácida	Muy bajo	<0.05	Bajo	<5.5	< 190
4.5-5.5	Muy fuertemente ácida	Bajo	0.05-0.10	Medio	5.5-11	200
5.1-5.5	Fuerte mente ácida	Medio	0.10-0.15	Alto	>11	>300
5.6-6.0.	Medianamente ácida	Alto	0.15-0.25			
6.1-6.5	ligeramente ácida	Muy alto	>0.25			
6.6-7.3	Neutro					
7.4-7.8	Medianamente básica					
7.9-8.4	Moderadamente básico					
8.5-9.0	Ligeramente alcalino					
9.1-10.0	Alcalino					
>10.0	Fuertemente alcalino					

3.6.1.1 Ventajas del biol

Según Méndez (2012), el uso del Biol permite un mejor intercambio catiónico en el suelo. Con ello se amplía la disponibilidad de nutrientes del suelo. También ayuda a mantener la humedad del suelo y a la creación de un microclima adecuado para las planta.

El Biol se puede emplearse como fertilizante líquido. También se puede aplicar junto con el agua de riego en sistemas automáticos de irrigación, siendo el Biol una fuente orgánica de fitoreguladores en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para enraizamiento como el aumenta y fortalecimiento la base radicular, la acción sobre el

follaje donde amplía la base foliar mejorando la floración y activando el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas.

3.6.1.2 Forma de aplicación y dosis

PROINPA (2011), sugiere aplicar el biol en forma foliar con una dosis adecuada, muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Dosis de aplicación de biol

CULTIVO	DOSIS
Quinua	1 L/20 L agua. Aplicación de foliar, por aspersión. Aplicar después de la emergencia, y continuar las aplicaciones con una frecuencia de 7-14 días, de acuerdo a los requerimientos
Papa	1L/20 L de agua, aplicación foliar, por aspersión. Aplicar después de la emergencia, al primer y segundo aporque y en la floración.
Hortalizas	1 L/20 L agua. Aplicación de foliar, por aspersión. Aplicar después del trasplante, y continuar las aplicaciones con una frecuencia de 7-14 días, de acuerdo a los requerimientos del cultivo

Fuente: PROINPA (2011)

Lescano *et al.* (1994), realizaron estudios sobre la incorporación de estiércol de llama, urea y abono foliar en la quinua donde no resultó con estiércol de llama sin embargo su uso se recomienda como mejorador de estructura del suelo. Pero Alegría (1998), menciona que la parte foliar es exigente en nitrógeno para poder realizar el metabolismo para la elaboración de proteínas la cual posteriormente será distribuida para el funcionamiento de fisiológico para el funcionamiento de la planta.

3.6.1.3 Disponibilidad y absorción de nutrientes por el cultivo

FAO (2002), menciona que si el suelo es seco, la actividad biológica se limita, con ello también se detiene la mineralización de las formas del nitrógeno a formas asimilables de la planta. Al mismo tiempo se inhibe la mineralización de otros nutrientes como P y S. Pero cuando llegan las lluvias puede haber un apreciable flujo de mineralización que aporte N y otros nutrientes.

Graetz y Orozco (1983), mencionan que los tallos, hojas y principalmente las raíces, son los mecanismos de absorción de nutrientes, que entran en la planta en forma de soluciones.

Armas *et al.* (1988), indican que los nutrientes se aplican a las hojas porque pueden penetrar la cutícula por difusión. Estos atraviesan la cutícula, penetrando a la hoja a través de las células de la epidermis por unas finas estructuras submicroscópicas, que se extienden desde la superficie interna de cutícula hasta la membrana citoplasmática a través de las paredes celulares de la epidermis. Una vez que el nutriente está en contacto con la membrana citoplasmática de la célula, el mecanismo de entrada es similar al que ocurre en las células de las raíces.

3.6.1.4 Función de los nutrientes

Según Nishikawa *et al.* (2012), el Nitrógeno (N) es el motor del crecimiento de la planta el cual sufre de 1 a 4 % del extracto seco de la planta el cual es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas.

Nishikawa *et al.* (2012), también indican que el fósforo sufre de 0.1 a 0.4 % del extracto seco de la planta y es absorbido del suelo como iones H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} , juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químicos y fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación celular y para el desarrollo de los tejidos, el fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos.

Además Nishikawa *et al.* (2012), mencionan que el potasio (K) sufre del 1 al 4 % del extracto seco de la planta, es absorbido del suelo como ion K, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas, por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

4 LOCALIZACIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Estación Experimental Choquenaira dependiente de la Facultad Agronomía U.M.S.A ubicada en la comunidad de Choquenaira a 8 km de la ciudad de Viacha provincia Ingavi a 38 km del departamento de La Paz; situada a una altitud de 3870 msnm, geográficamente se halla a 16°41'35" latitud sur y 68°17'12" longitud oeste Céspedes y Mamani (2012), la ubicación se muestra en las figura 1 y fotografía 1.



Figura 1. Ubicación de la Estación Experimental Choquenaira

La parcela de estudio se encuentra detrás del invernadero a lado del reservorio de riego de la estación experimental Choquenaira, como se aprecia en la fotografía 1.



Fotografía 1. Parcela experimental

4.1 Temperaturas y precipitaciones

Durante el transcurso de trabajo en campo del cultivo de la quinua, se registraron temperaturas máximas y mínimas mensuales. En la figura 2, se muestra la temperatura desde el mes de julio de 2013 a junio 2014.

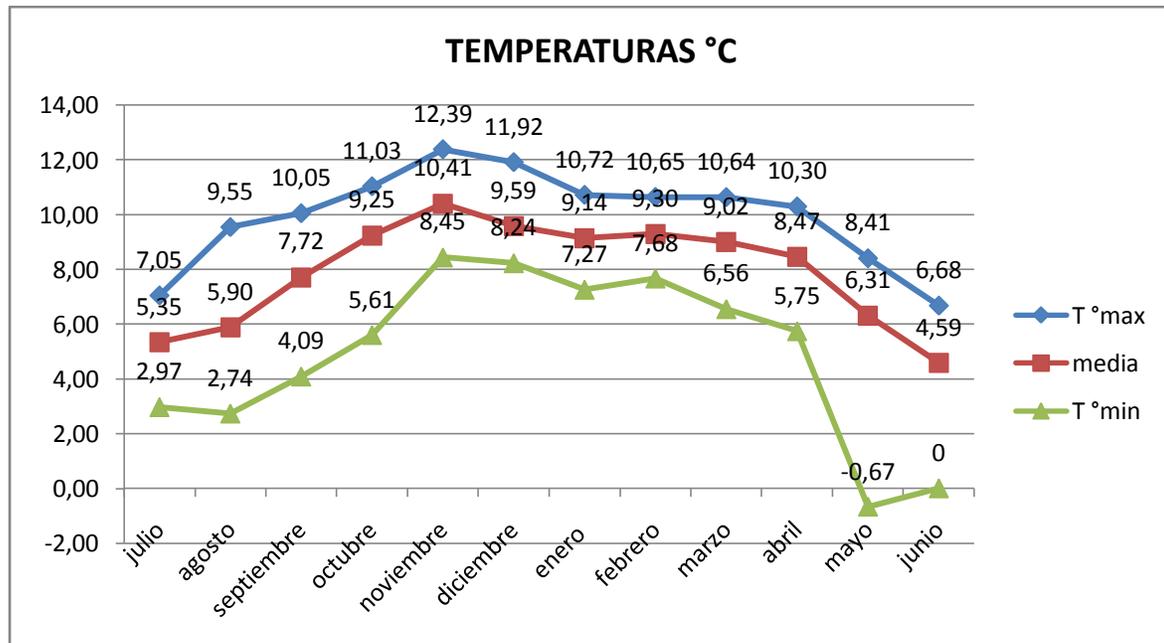


Figura 2. Temperaturas máximas, mínimas y promedios

En la figura 2, se observa que la temperaturas máxima fue en el mes de noviembre con 12.39 °C, un promedio de 10.41 °C y un mínimo de 8.45 °C, sin embargo en mes de mayo llegó a temperaturas bajas, donde la mínima fue de -0.67 °C con un promedio de 6.31 °C y máximo de 8.41 °C, lo que indica que la helada se presentó después de cosechar, el cual es importante para la maduración de los granos de la quinua.

Según Mujica *et al.* (2004), la temperatura media adecuada para la quinua varía de 8 a 20 °C, sin embargo se tiene un desarrollo adecuado del cultivo con temperaturas medias y altas de hasta 25°C y bajas de hasta - 8°C gracias a sus mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas. Así mismo indican que las temperaturas extremas por encima de los 38 °C producen aborto de flores y muerte de estigmas y estambres, imposibilitando la formación de polen y por lo tanto impidiendo la formación de grano.

García (1991), indica que la quinua soporta las heladas de las zonas altas de los Andes, así mismo las altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir el periodo vegetativo y productivo.

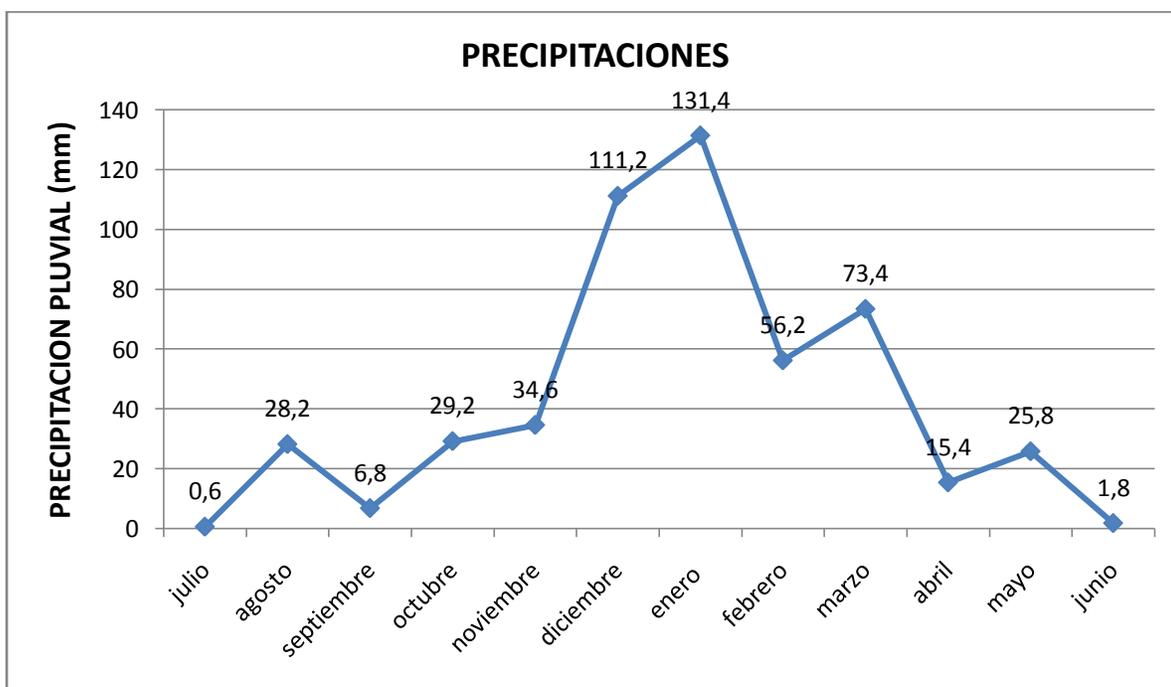


Figura 3. Variación de las precipitaciones pluviales

En la figura 3, muestra las precipitaciones, en noviembre la precipitación fue de 34,6 mm de lámina de agua, el cual no fue suficiente porque el suelo estaba extremadamente seco y para la ayudar la germinación se procedió a regar 3,8 mm de lámina durante 2 horas por aspersión, en diciembre se registró una lámina de agua del suelo a 111,2 mm favoreciendo el desarrollo de los órganos vegetativos, en enero llegó al máximo de 131,4 mm donde incrementó el tamaño de la planta, en febrero disminuyó a 56.2 mm, en marzo aumentó a 73,4 mm llegando a descender en abril a 15 mm y la mínima fue de 0,6 mm en julio, este descenso desfavoreció en la fase de floración y grano lechoso que son exigentes de agua.

Por lo tanto la precipitación acumulada julio 2013 a junio 2014 fue de 421,8 mm, mas el riego realizado en noviembre en 3 oportunidades fue una cantidad de 11,4 mm en total la acumulación bruto fue de 433,2 mm, sin embargo las precipitaciones aceptables mínimas son 200-250 mm anuales, como es el caso del altiplano sur boliviano Mujica *et al.* (2004).

Jacobsen y Mujica (1999), menciona que la quinua crece cuando hay humedad y se detiene su crecimiento cuando se presenta una sequía. Por lo que en la quinua la tolerancia a la sequia se debe la plasticidad.

4.2 Análisis físico y químico del suelo

El análisis físico del suelo se realizó en la Universidad Mayor de San Simón-Cochabamba y el análisis químico se efectuó en el Instituto de Investigación de Procesos Químicos (IIDEPROQ), a una profundidad efectiva de 0,3 m de la parcela donde se realizó el estudio.

Cuadro 5. Análisis físico de suelo

CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	CANTIDAD
Profundidad	cm	0-30
Textura		FYL
Arcilla (Y)	%	31
Limo (L)	%	53
Arena (A)	%	16
Densidad Aparente (Da)	gr/cm ³	1,19
Densidad Real (Dr)	gr/cm ³	2,58
Porosidad	%	53,93
Capacidad de Campo (0,33 bar)	%	26
Punto de Marchitez Permanente (15 bar) %	%	14,5
Conductividad Eléctrica (extracto)		0,176

Fuente: Departamento de Ingeniería de la U.M.S.S. (2013) Cbba.

El cuadro 5, muestra el análisis de las propiedades físicas del suelo, el cual presenta una clase textural franco arcillo limoso, con 31 % de arcilla, 53 % de limo, 16 % de arena, donde la densidad aparente fue de 1,19 gr/cm³, este valor es menor a 1.9 g/cm³, lo que significa que no es un suelo compacto y por ende las raíces necesitan poca energía para su desarrollo (Miranda 2004). A su vez la porosidad fue de 53.93 %, este valor indica que el suelo esta favorecido por el contenido de humedad que retienen en los microporos (Miranda 2004).

La capacidad de campo fue 26 % y el punto de marchitez permanente fue de 14,5 %, esto significa que los microporos aumentan el volumen de la porosidad (Miranda 2004) y la conductividad eléctrica fue de 0,76 mS/cm, indica que es baja la conductividad, por tanto no hay problemas de sales que puedan causar daño al cultivo (FAUTAPO 2008).

PROINPA (2005), menciona que la variedad se adapta bien a suelos franco, franco arcilloso, y arenosos. Pero Tapia (1976), citado por FAUTAPO (2008), indica que la quinua requiere suelos bien drenados de textura franco-arenosa a arenosa. A su vez Mujica y Jacobsen (2004), mencionan que la quinua prefiere suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica de 12 t/ha.

Cuadro 6. Análisis químico de suelo

Parámetros analizados	Resultados
Nitrógeno total	0,14%N
Fosforo asimilable	26,68 ppm
Potasio disponible	1,28 meq/100g
pH	7

Fuente: IIDEPROQ (2013)

En el cuadro 6, se observa las propiedades químicas del suelo, donde el contenido de nitrógeno total en el suelo fue de 0,14 %, este valor están dentro el rango bajo de nitrógeno, que es 0,05 a 0,15 % es bajo, 0,15 a 0,20 % moderado y 0,20 a 0,30 % es alto, el cual significa que existe baja cantidad de nitrógeno en el suelo (Villarreal 1988), la cantidad de fósforo disponible asimilable fue de 26.68 ppm, el cual está dentro el rango alto de fosforo de 19 a 28 ppm, donde los rango se clasifican en: 5-13 ppm es bajo, 13 a 19 ppm es moderado, 19 a 28 es alto.

El potasio disponible fue 1,28 meq/100 g, este valor se considera valor alto de acuerdo a la clasificación de (Villarreal 1988), que es (0,26 a 0,50 meq/100 g) es bajo, (0,51 – 0,75 meq/100g) es moderado y (0.76 – 1 meq/100 g de suelo) alto, como se observa en el cuadro 7. A su vez el suelo presentó un pH = 7 neutro, del cual, Mujica *et al.* (1997), mencionan que el pH = 7 es ligeramente ácido y que se encuentra dentro del rango óptimo de pH (5,5 – 9).

Cuadro 7. Clasificación del NPK en el suelo

Categoría	N %	P (ppm o mg)	Meq/100g
Bajo	0,15	13	0,26-0,50
Medio	0,2	19	0,51-0,75
alto	0,3	28	0,76-1

Fuente: Villarreal (1988)

Según Chilón (1997), indica que suelos con bajo contenido de nitrógeno, es debido al efecto de la sobreexplotación de los suelos por la práctica del monocultivo. A su vez

Huanca (2007), obtuvo un contenido bajo de nitrógeno del suelo de 0.03 %, en el testigo al cual consideró no apto para el cultivo de quinua, por falta de nutrientes.

4.3 Características ecológicas

Las especies más representativas que se componen la comunidad vegetal son de tipo herbáceo anuales y plurianuales y algunos de tipo arbustivas.

Los datos climáticos registrados de la temperatura promedio anual es de 7.7 °C y las extremas fluctúan entre 15 a 22 °C. La precipitación se concentran en los meses de diciembre a marzo alcanzó 72 % con 349,1 mm, en algunos años el pluviómetro registró hasta 590 mm al año, lo que se considera año lluvioso. Respecto al gasto de agua por los cultivos y la evaporación del suelo llegó a 748,1 mm/año.

4.3.1 Vegetación predominante

Céspedes y Mamani (2012), indican que las plantas que predominan en las praderas nativas son las gramíneas y especies de importancia forrajera que desarrollan de manera irregular en altura y en poco volumen de fitomasa; en estos campos existen el sobre pastoreo del ganado bovino, ovino y camélidos. Las especies cultivadas son cebada, avena en algunas ocasiones triticale. Entre los granos andinos que producen cañahua, quinua, tarwi. Las variedades de papa que se siembran o cultivan para proveer como semillas tubérculo son la Waycha y otros.

4.4 Fisiografía

Mamani y Céspedes (2012), indica que el aspecto fisiográfico de la región, está dada aproximadamente en un 21 % de por serranías y 79 % de planicies que constituye la cuenca lechera y forrajera, que son aptos para la producción de cultivos agrícolas y las crianzas de animales mayores y menores; la vegetación corresponde a Bosque Húmedo Montano Sub-tropical, donde la vegetación primaria dominante son las plantas xerofíticas y mesofíticas.

Los suelos de la región, son potenciales forrajeras que podrían ser trabajadas para poder mejorar la capacidad productiva, existen avances de investigaciones al respecto por profesionales.

Existen pequeñas parcelas de suelo para la realización de investigación por profesionales en donde se realizan con diferentes cultivos; como hortalizas, cultivos andinos y forrajes.

La fertilización del suelo se realiza con abonos orgánicos procesados como el biol, que es abono orgánico líquido procesado de estiércol de bovino en biodigestores tubulares.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materiales

5.1.1 Material de campo.

La maquinaria y los materiales utilizados en campo de estudio fueron: tractor agrícola, sembradora, picota, rastrillo, cinta métrica, estacas de 0.60 m, carretilla, listones, cinta de video, nylon, bolsas plásticas de 30 por 40 cm, tubos PVC, tubo polietileno, trípode de aspersor, aspersores, llave de paso, baldes graduadas con 20 L de capacidad, mochila aspersor de 20 L de capacidad, hoz, tijera de podar, papel periódico, yutes, nylon agrofilm, zarandas graduadas de 4 mm y 3 mm, bañadores, bolsas plásticas de 14 por 25 cm, cámara fotográfica juego de tamices y cuaderno de apuntes.

5.1.1.1 Material vegetal

Material vegetal utilizado fue: la variedad Jach'a Grano, el material genético proveniente de la institución PROINPA.

5.1.1.2 Material orgánico.

Los materiales orgánicos utilizados fueron: biol procesado de estiércol de bovino.

5.1.2 Material de laboratorio

El trabajo de análisis químico se realizó en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas - UMSA.

5.1.2.1 Instrumentos de laboratorio

Los instrumentos de laboratorio que se utilizaron son: Perla de ebullición, frascos de 350 mL, cajas Petri, balanza analítica, gasa, colador, balón de 250 mL, manguera de 1 cm y 0.5 cm de diámetro, nuez y pinzas metálicos, papel filtro, grampas, probeta de 100 mL, cepillo, mortero, molinito, manto de calefacción, reflujo condensador, varilla de vidrio, espátula, vasos precipitados, embudos de vidrio, vasos de Erlenmeyer, estufa, tubos de ensayos y glicerina líquida.

5.1.2.2 Equipos

Equipo Soxlet, Agitador Magnético, pHmetro, Centrifugadora.

5.1.2.3 Reactivos

Los reactivos que se utilizaron fueron: Éter de petróleo (60-80) y (40-60) de evaporación, hidróxido de sodio 1N, ácido clorhídrico 1N.

5.2 Métodos

Los métodos que se utilizaron para la investigación fueron el método descriptivo, comparativo y analítico.

5.2.1 Procedimiento en campo

5.2.1.1 Preparación del suelo

La preparación del suelo consistió, en el roturado y rastrado con la utilización de la maquinaria agrícola (tractor) y el nivelado de forma manual, se observa en la fotografía 2.



a). Remoción del suelo



b). Nivelación del suelo

Fotografía 2. Preparación del suelo

5.2.1.2 Muestreo de suelo

El muestreo de suelo, se realizó en forma de zig-zag a lo largo del área experimental, a una profundidad de la capa arable del suelo de 20 a 25 cm tomando 10 muestras individuales, las mismas se mezclaron, cuartearon y se obtuvo una muestra compuesta totalmente homogénea representativa de aproximadamente 1kg, el cual se embolsó, etiquetó y se envió al laboratorio de IIDEPROQ (Instituto de Investigación de Desarrollo y Procesos Químicos) para análisis químico del suelo, como se aprecia en la fotografía 3.



Fotografía 3. Obtención muestra de suelo

5.2.1.3 Prueba de germinación y emergencia en laboratorio

La prueba de germinación se realizó utilizando tres cajas Petri al cual se introdujo un disco de papel absorbente humedecido con agua, se procedió con la siembra de 100 granos de quinua en cada caja Petri, dejándolos en lugar oscuro y a temperatura ambiente.

La prueba de emergencia se realizó empleando 3 vasos desechables con suelo del lugar, a capacidad de campo, donde se sembró 10 semillas a una profundidad de 3 mm aproximadamente, se muestra en la fotografía 4.



Fotografía 4. Prueba de germinación y emergencia

5.2.1.4 Siembra

Antes de la siembra, se aplicó riego por aspersion con un caudal de 0.2 L/s, en tiempo un de 2 horas con lámina de agua de 4 mm, labor que fue realizado a las 18 horas de la tarde antes de la siembra para evitar evaporación. La siembra se realizó a las 6:30 de la mañana a chorro continuo con una sembradora manual a una densidad de 7 kg/ha y una distancias en surcos de 40 cm. Luego se procedió con el tapado de la semilla arrastrando el suelo al surco utilizando un racimo de paja brava del lugar, como se observa en la fotografía 5.



a). Riego antes de la siembra



b). Siembra de la quinua



c). Tapado de la semilla

Fotografía 5. Riego y siembra del cultivo del a quinua

5.2.1.5 Preparación y aplicación de biol en diferentes fases fenológicas

La preparación del biol se realizó en biodigestores tubulares elaboradas por proyectos ejecutados anteriormente en la Estación. Donde se cargo la mezcla de 50 L de agua con 17 kg de estiércol de bovino fresco todos los días a las 10 de la mañana, el cual sufrió una descomposición anaeróbica, donde se separó el biol del biosol en un estanque de 3 m por 3 m de ancho y una profundidad de 1.5 m, el biol se utilizó para la aplicación foliar en diferentes fases fenológicas propuestas en el trabajo de investigación quinua, como se observa en el cuadro 8 y fotografía 6.

Cuadro 8. Insumos utilizados en la elaboración de biol

Ingredientes	Cantidad
Estiércol de bovino	17 kg
Agua	50 L

Fuente: Elaboración propia (2014)

Para la aplicación foliar del biol al cultivo de quinua, inicialmente se preparó en un balde graduada de 20 L, donde se realizó la mezcla de 15 L de biol de estiércol de bovino y 5 L de agua, es decir el 75 % de biol y 25 % de agua. Para evitar el taponamiento del aspersor de la mochila se efectuó la colación con una tela fina.

La cantidad de biol aplicada en las fases fenológicas de ramificación, panojamiento, floración y grano lechoso fue de 0,5 L de biol/m² en cada aplicación, luego se dejó desarrollar después de 4 aplicaciones de biol a cada tratamiento.



a). Preparación del biol

b). Aplicación foliar

c). Biol en contacto foliar

Fotografía 6. Preparación y aplicación de biol

La aplicación de biol se realizó en la tarde a las 18 horas en 4 oportunidades con un intervalo de 7 días en cada fase fenológica de los tratamientos. La aplicación de biol se realizó en las siguientes fases, como se observa en la fotografía 7 y cuadro 9.

- 1) 6 hojas verdaderas y ramificación.-** En estas fases se aplicó biol, desde que planta contaba con 6 hojas verdaderas hasta el inicio de la fase de panojamiento, después de 42 días de la siembra, esta actividad se realizó el 26 de diciembre al 17 de enero.
- 2) Inicio de panojamiento y panojamiento.-** En estas fases se aplicó biol, desde el inicio del brote de la panoja hasta el inicio de la floración, 71 días después de la siembra, esta actividad se realizó el 24 de enero al 21 de febrero.
- 3) Inicio de floración y floración.-** La aplicación de biol, se realizó desde el inicio de la floración y hasta la formación de grano, a los 99 días después de la siembra, esta actividad se realizó el 21 de febrero al 14 de marzo. Luego se siguió con la observación de planta.

4) **Grano lechoso.-** En esta fase se aplicó biol, cuando terminó la fase de floración, a los 121 días después de la siembra, es decir, se aplicó el 15 de marzo al 5 de abril.



Fotografía 7. Fases fenológicas aplicadas con biol

Cuadro 9. Frecuencia, cantidad y número de aplicaciones de biol en cada fase del cultivo

FASES FENOLÓGICAS	INTERVALOS DE APLICACIÓN	FECHAS APLICADAS A CADA FASE	Nº DE APLICACIONES	CANTIDAD TOTAL APLICADA
DESDE 6 HOJAS HASTA INICIO DE PANOJAMIENTO	cada 7 días	26 de dic, 2 de ene, 9 de ene, 17 de ene	4 veces	60 L de biol+ 20 agua
INICIO DE PANOJAMIENTO A INICIO DE FLORACIÓN	cada 7 días	24 ene, 31 de ene, 7 de feb, 14 de feb	4 veces	60 L de biol+ 20 agua
INICIO DE FLORACIÓN A GRANO LECHOSO	cada 7 días	21 de feb, 28 de feb, 7 de marzo, 14 de marzo	4 veces	60 L de biol+ 20 agua
GRANO LECHOSO A INICIO DE GRANO PASTOSO	cada 7 días	15 de marzo, 22 de marzo, 29 de marzo, 5 de abril	4 veces	60 L de biol+ 20 agua

Fuente: Elaboración propia en base a datos de campo (2014)

5.2.1.6 Labores culturales

Las labores culturales que se realizó en la parcela de estudio fueron las siguientes: En las fases fenológicas de 6 hojas verdaderas y panojamiento, se realizó el deshierbe y aporque, para que las raíces puedan anclarse y desarrollar perfectamente en el suelo, evitando la caída de plantas y competencia de nutrientes con malezas como la malva, Kikuyo, Bolsa de pastor, Kanapaco, Alfalfa carretilla y cebada presentes en el cultivo, como se observa en la fotografía 8.



a). Aporque y deshierbe en la fase de 6 hojas

b). Deshierbe en fase ramificación

c). Aporque y deshierbe en la fase panojamiento

Fotografía 8. Aporque y deshierbe en el cultivo de quinua

5.2.1.6.1 Riego

El diseño agronómico para riego por aspersión se realizó en el mes de septiembre, antes de la siembra, para lo cual se utilizó politubos, abrazaderas, llaves, unión universal y accesorios, 4 aspersores, tubos de 1.2 m y 4 trípodes. Para el riego del cultivo principalmente se cálculo evapotranspiración del cultivo, frecuencia, tiempo de riego, tomando en cuenta los parámetros de precipitación, evapotranspiración de referencia velocidad de infiltración básica, se muestra en el anexo 3.

5.2.1.6.2 Control fitosanitario

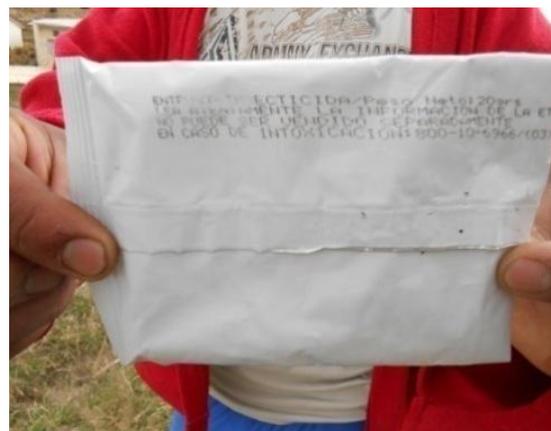
En la fase de 4 hojas verdaderas y ramificación, se presentó insectos cortadores como las ticonas, donde el daño no fue significativo y no se realizó ningún control fitosanitario.

En el mes de enero se presentó la enfermedad denominada mildiu (*Peronospora farinosa*), por las altas precipitaciones pluviales y para el control se aplicó fungicida Ridomil Gold MZ 68 WP principio activo (*Propamocarb fenamidone*) por medio de una mochila pulverizadora.

En la fase de grano pastoso, se presentó la larva de Qh'una qh'una, hospedados en las panojas entre 2 a 7 por planta, por tal motivo se aplicó el producto orgánico Entrust de principio activo (*Spinosad spinosad*), una cantidad de 50 g en 20 L de agua mas una cierta cantidad aceite vegetal para favorecer el contacto del biol–hoja , estos productos se mezcló homogéneamente, como se observa en la fotografía 9.



a). Observación del Qh'una-qh'una



b). Entrust orgánico larvicida

Fotografía 9. Larvacida orgánico

5.2.1.7 Procedimiento de toma datos agronómicos

5.2.1.7.1 Altura de planta

La medición de la altura se realizó desde la base del tallo hasta la parte apical, con un flexómetro, la medición se realizó al inicio de la fase de grano pastoso en 5 plantas muestreadas al azar, en cada una de las unidades experimentales, donde los datos individuales fueron promediados expresados en cm, como se muestra en la fotografía 10 a.

5.2.1.7.2 Diámetro de tallo

El diámetro del tallo se midió en la base del tallo a una altura de de 5 cm con regla metálica, esto fue realizado al inicio de la fase pastoso, a las 5 plantas muestreadas al azar, en todas las unidades experimentales tales datos fueron promediados y expresados en cm, como muestra la fotografía 10b. Pero Zuazo (2013), identificó puntos de medición permanente en los tallos en la quinta hoja basal con el empleo de un vernier mecánico.

5.2.1.7.3 Cobertura vegetal

La medición de la cobertura vegetal o área que ocupa la planta se realizó en la parte media de la planta en forma de cruz, poniendo la regla metálica de 50 cm al medio de la altura de la planta y paralelo al suelo, esta variable fue registrada de 5 plantas muestreadas al azar expresadas en cm^2 de cada unidad experimental. Esta medición se realizó cuando se terminó la aplicación de biol en la fase de grano lechoso, como se observa la fotografía 10c.

5.2.1.7.4 Longitud de panoja

Para medir la longitud de la panoja, se realizó desde el inicio de la panoja hasta la parte apical de la panoja durante la fase de grano lechoso con la regla metálica, esta variable fue registrada de las 5 plantas muestreadas al azar, estos datos fueron promediados expresados en cm, como muestra la fotografía 10d.

5.2.1.7.5 Diámetro de panoja

La medición del diámetro de la panoja, se realizó en la parte central de la panoja de cada planta con la utilización de una regla metálica durante la fase de grano lechoso, Esta variable fue registrada en las 5 plantas muestreadas al azar, estos fueron promediados y expresados en cm.

5.2.1.7.6 Número de ramas

El conteo del número de ramas se realizó desde 10 cm de la base del tallo de la planta hasta el inicio de formación de panoja, el cual se hizo el conteo en la fase de grano lechoso, esta variable se registró en 5 plantas muestreadas al azar, de los cuales fueron promediados y expresados en números enteros.

5.2.1.7.7 Rendimiento

Para el rendimiento se cosecho 1 m² del centro de cada unidad experimental de los tratamientos, el cual se pesó en una balanza de 20 kg de capacidad, el dato obtenido se llevo a kg/ha. Donde Ritva (1988), indica los rendimientos dependen en gran medida de los niveles de fertilidad del suelo, y también de otros factores como empleo de abonos químicos, y el tipo de variedad de la planta, las condiciones climáticas favorables. Generalmente se obtienen 600-800 kg/ha, en cultivos tradicionales, y con tecnología moderna se obtienen hasta 3000 kg/ha.



a) Altura de planta



b) Diámetro de tallo



c) Cobertura vegetal



d) Longitud de panoja

Fotografía 10. Medicines realizadas de las variables agronómicas

5.2.1.8 Cosecha

La fotografía 11, muestra la cosecha de quinua, cuando el 90 a 95 % de las plantas se encontraba en la fase de madurez fisiológica, mostrando características fenotípicas de planta seca y de color amarillento, con una consistencia de galleta, al presionar la panoja se quebraba soltando los granos sobre la mano, los cuales fueron cortados con podadora en la basal del tallo y se amontonaron sobre nylones y cubiertos con agrofilm, sujetos con palos y piedras, para evitar el ataque de pájaros y la fuerza de viento. Para el secado completo, se formaron parvas.



Fotografía 11. Cosecha

5.2.1.9 Trillado y venteado

La fotografía 12, muestra el trillado por pisoteo de panojas sobre yutes, con el fin de separar los granos de los rastrojos, para afinar la separación se utilizó las zarandas con orificios de 4 mm de diámetro, dejando solo jipi y grano para proseguir con el venteado.

Para el venteado del grano de quinua, se utilizó 2 bañadores y un nylon de 4 m², se dejó caer el grano junto con el jipi de uno a otro bañador, haciendo que el jipi sea arrastrado por el viento dejando solamente el grano. Una vez limpiado los granos, se llevó al laboratorio para el análisis de las variables de estudio.



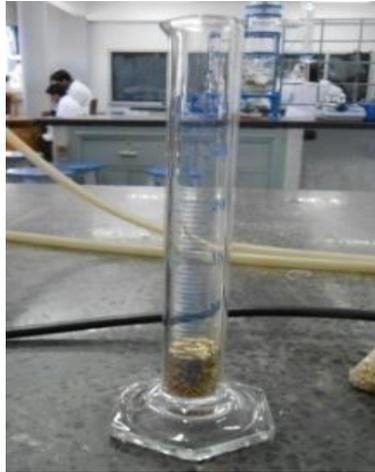
Fotografía 12. Trillado y venteado

5.2.2 Procedimiento de toma datos en laboratorio

5.2.2.1 Peso hectolitro

Para el peso hectolitro se utilizó una probeta de 25 mL, se agregó 5 mL de grano de quinua, luego se procedió a pesar en la balanza de precisión, obteniendo el peso en g/mL de cada muestra y se convirtió kg/L. El peso hectolitro se determinó a partir de la siguiente ecuación matemática, como se muestra la ecuación y la fotografía 13.

Mamani (1994) utilizó una probeta de 10 mL y colocó las semillas de cañahua, posteriormente se peso en una balanza electrónica con capacidad de 4000 g obteniéndose el peso hectolitro en gramos sobre mililitro.



Fotografía 13. Medición de peso hectolitro

$$PH = PG/VG$$

Donde: PH= Peso hectolitro
PG= Peso de grano (kg)
VG= Volumen grano (100L)

5.2.2.2 Número de granos por gramo

Para conocer el número de granos por gramo, primero se separó todos rastrojillos de los granos de cada muestra luego se pesó un gramo en una balanza analítica y procedió a contar la cantidad de granos en un gramo.

5.2.2.3 Peso grano por planta (g/planta)

Los granos de quinua de cada planta fueron trillados y venteados individualmente, los cuales fueron pesados en una balanza analítica (g/planta) de cada muestra.

5.2.3 Procedimiento del porcentaje tamaños granos por planta

Para la separación de grano pequeño, mediano y grande, se utilizó tamices metálicas con orificios calibradas de 2 mm y 2.5 mm de diámetro.

5.2.3.1 Porcentaje de grano pequeño

Para los granos pequeños, menor 2 mm diámetro se utilizó tamiz con orificios de 2 mm y se procedió a cernir y se llevó a pesar en la balanza analítica, esta fue

registrada a 5 plantas muestreadas al azar, estos datos individuales expresados en porcentaje.

5.2.3.2 Porcentaje de grano mediano

Los granos medianos se obtuvieron al cernir en el tamiz de 2,5 mm de diámetro de orificio, luego se pesó en la balanza analítica, y lo que quedo en el tamiz se considero como grano grande. Esta variable fue registrada a 5 plantas muestreadas al azar, los cuales fueron expresados en porcentaje.

5.2.3.3 Porcentaje de grano grande

Los granos grandes fueron los quedaron en la zaranda de 2.5 mm de diámetro de orificio, el cual se pesó en la balanza analítica, esta variable se registró a 5 plantas muestreadas al azar de cada unidad experimental, estos datos individuales también fueron expresados en porcentaje y los diámetros de granos fueron los siguientes como se observa en la cuadro 10.

Cuadro 10. Tamaño de granos

Tamaño granos	Diámetro de grano (mm)	
Pequeños	< 2	
Medianos	2,0 - 2,5	
Grandes	> 2,5	

Fuente: Elaboración propia (2014)

5.2.4 Procedimiento de análisis químico del grano

El procedimiento para la extracción de saponina, aceite, almidón y proteína total del grano se realizó de la siguiente manera.

5.2.4.1 Recolección de granos

Los granos de quinua fueron recolectados en bolsas plásticas y pesadas en balanza analítica a temperatura ambiente.

5.2.4.2 Limpieza de granos

La limpieza se realizó retirando las impurezas como: jipi, piedritas, palitos dejándolo sin ninguna impureza.

5.2.4.3 Peso del grano

Después de la limpieza se determinó el peso de todas las muestras de los tratamientos y del testigo en una balanza de precisión. Tales muestras fueron pesadas en gramos, se muestra en la fotografía 14.



Fotografía 14. Pesaje grano de quinua en balanza de precisión

5.2.4.4 Desaponificación

La desaponificación se realizó en forma manual en un frasco de 300 mL de capacidad, en cual se introdujo 10 g de quinua con 150 mL de agua, se procedió a

agitar hasta producir espuma y se cambio agua en 7 oportunidades hasta no producir espuma, como se aprecia en la fotografía 15.



a). con saponina



b). sin saponina

Fotografía 15. Desaponificación de la quinua

5.2.4.5 Secado

La quinua sin saponina se procedió a secar en la estufa en lugar oscuro a temperatura ambiente en cajas Petri, alejado de la luz para evitar la germinación, durante 24 horas aproximadamente, la quinua seca se procedió a pesar para conocer el peso sin saponina, como se muestra en la fotografía 16.



Fotografía 16. Secado de la quinua

5.2.4.6 Molienda grano de la quinua

Una vez secado la quinua se procedió a pesar y moler en un molino manual y se afinó con la utilización del mortero a todas las muestras para obtener de harina, de quinua, como muestra la fotografía 1.



a). Molino Manual



b). Mortero

Fotografía 17. Molienda de la quinua

5.2.4.7 Extracción de aceite

Para la extracción de aceite quinua se utilizó el solvente éter de petróleo de 60 a 80 de evaporación en el equipo Soxlet, donde la muestra fue colocada en cartuchos elaborados de papel filtro y estos fueron introducidos dentro del Soxlet para la separación del aceite de la muestra por el proceso de evaporación condensación y evacuación en una secuencia de 11 ciclos estándar.

Ciclo: El ciclo consiste en la evaporación del solvente y condensación para el llenado de éter de petróleo gota a gota en el Soxlet con muestra hasta la abertura de salida, para luego ser vaciado hacia el balón donde nuevamente se realiza el proceso de ebullición condensación llenado y evacuación.

Para obtener la harina desgrasada, se utilizó 150 mL de éter de petróleo, el cual sufrió un proceso de evaporación y condensación dentro el equipo Soxlet donde se

colocó la muestra y se observó el cambio de color de amarillo intenso a transparente después 11 ciclos de extracción de aceite de la muestra, donde la harina desgrasada fue determinada mediante observación de la transparencia del éter de petróleo junto a la muestra, como se puede observar la fotografía 18. Pero antes de la extracción, se armó el equipo con los siguientes materiales de laboratorio:

- a) **Pinzas metálicas:** Se utilizó para sujetar el reflujo de condensación y el Soxlet de separación.
- b) **Balón de vidrio de 250 mL de capacidad:** Donde se agregó 150 mL de éter de petróleo y dos perlas de ebullición, esto para evitar que salte el solvente.
- c) **Manto calefacción:** Se utilizó para hacer hervir el éter de petróleo y producir vapor
- d) **Reflujo:** Es un sistema de refrigeración, se utilizó para condensar el éter de petróleo.
- e) **Mangueras:** Fueron utilizadas para el paso del agua.
- f) **Cartuchos:** Fueron elaborados de papel filtro en forma de pirámide cerrados a ambos lados con grampas.
- g) **Soxlet:** Es un equipo de extracción de aceite, al cual se introdujo 3 cartuchos cada una de 9 gramos de harina desaponificada.



Fotografía 18. Extracción del aceite de la harina de quinua en el equipo Soxlet.

5.2.4.8 Secado de la harina desgrasada

Una vez extraído el aceite de la harina se llevó a secar en cajas Petri durante 24 horas aproximadamente, como se aprecia la fotografía 19.



Fotografía 19. Secado de la harina de quinua desgrasada

5.2.4.9 Extracción de almidón

El desalmidonado se realizó por el método de Decantación, primeramente se pesó 5 gramos de harina desgrasada, este se vació en un vaso de precipitado de 250 mL con 150 mL de agua destilada el cual se agitó y homogenizó con una varilla de vidrio. Luego se dejó reposar 15 segundos, donde se observó precipitar una parte de la harina desgrasada y la otra parte blanquecina parecida a la leche se quedó suspendida, el cual se vació en un recipiente dejando solo la parte precipitada.

Para la extraer total del almidón, se decantó 7 veces a cada muestra, esto fue estandarizado con Lugol (identificador de almidón), donde después de 7 cambios de agua ya no existía suspensión de color blanquecina sino se volvió transparente. Además se realizó la prueba con Lugol, agregando 2 a 3 gotas a la muestra, el cual es indicador que detecta la presencia del almidón, es decir, si tiene el color del Lugol o es azul intenso significa que existe almidón, pero si presenta un color claro significa ausencia de almidón.

La parte precipitada de la muestra fue filtrada mediante el papel filtro utilizando el embudo de vidrio en un matraz de Erlenmeyer. Luego se procedió a secar en cajas Petri durante 24 horas aproximadamente, como se observa la fotografías 20.



a). Con almidón



b). Sin almidón



c). Prueba almidón con Lugol



d) secado

Fotografía 20. Extracción del almidón de la quinua

5.2.4.10 Extracción de proteína por el método de Gravimetría

La harina desalmidonada se procedió a extraer proteína total con los reactivos como: hidróxido de sodio 1 N para la solubilización y extracción de proteína y el ácido clorhídrico 1N para precipitar proteína. Los pasos para la extracción de proteína fue las siguientes:

- a) Para la extracción de proteína, primeramente se pesó 1 g de harina desalmidonada y se vació en vasos precipitados de 50 mL de capacidad, a este se agregó 20 mL de agua destilada y se midió el pH.
- b) **Solubilización y extracción:** Para solubilizar y extraer la proteína de la harina desalmidonada se agregó 0,20 a 0,25 mL de hidróxido de sodio 1N y se midió el pH, luego se llevó al agitador magnético (JISICO- HOT PLATE MAGNETIC STIRRER) durante 1 hora y se vació en los tubos de ensayo plástico de 10 mL para centrifugar (CENTRIFUGADORA LABOGENE 406) a 4000 rpm en 30 minutos como se muestra la fotografía 21.

Callisaya y Alvarado (2009), indican que el tiempo óptimo de solubilización de proteína es de 60 minutos y el rango óptimo del pH para la extracción y solubilización de proteína es de 10,5 a 11,3 mediante la alcalización con hidróxido de sodio.



Agitación magnética



Centrifugación



Proteína seca



Secado de la proteína

Fotografía 21. Obtención de proteína por método gravimétrico

c) **Precipitación de proteína:** Una vez centrifugado la muestra se obtuvo una parte precipitada y una sobrenadante, la sobrenadante se vació en vaso precipitado de 50 mL, a este se le agregó 0.2 a 0.25 mL de ácido clorhídrico 1 N, esta cantidad se utilizó para la precipitación de la proteína y se midió el pH, luego nuevamente se llevó a centrifugar a 4000 rpm en 30 minutos. De esto se obtuvo el segundo precipitado y sobrenadante, el precipitado se enjuagó con agua destilada y se llevó a secar en un lugar seco durante 18 horas a temperatura ambiente el cual se pesó en la balanza de precisión. El resultado de esta muestra es la proteína total del grano de quinua. El resumen del procedimiento de extracción y solubilización y precipitación se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Procedimiento de extracción y precipitación de la proteína

INSUMOS	CANTIDADES	FUNCIÓN
Harina desalmidonada	1gr	Solubilización y extracción de proteína de la harina desalmidonada
Agua destilada	se agregó 20 mL	
Hidróxido de sodio (NaOH 1N)	se agregó (0.20 -0.25 mL)	
pH	Medir (10.5 – 11.3)	
Mezcla y agitación 1 hora en agitador magnético		Produce precipitación de proteína
Centrifugar	30 min	
Acido clorhídrico (HCl 1N)	se agregó (0.20-0.25 mL)	
pH	Medir (4,5- 5.3)	
Centrifugar	30 min	
Separar el líquido y sólido		
El sólido obtenida secar y pesar, esta es la proteína total		

Callisaya y Alvarado (2009), mencionan que la temperatura, el pH de extracción, el pH de precipitación así como el tiempo, nos permitirá obtener datos importantes, los cuales nos dan las condiciones más favorables para aislar las proteínas a partir de la harina desgrasada y desalmidonada. También indica que la precipitación de proteína el pH optimo está entre 4.5 a 5.3 con el reactivo ácido clorhídrico 1N, como se observa en el cuadro 12.

Cuadro 12. Condiciones óptimas para la precipitación de proteína

CONDICIONES OPTIMAS PARA AISLAR PROTEÍNA	
Solubilización alcalina	pH de 10.5 a 11.3 y temperatura ambiente a un tiempo de agitación 60 minutos
Número de extracciones optimo	2 extracciones
Precipitación acida	en rango de pH 4.5 a 5.3, tiempo de reposo 15 a 20 minutos a temperatura ambiente
Centrifugación	a 4000 rpm por 30 minutos
Secado en estufa	a temperatura de 30 a 35 °C tiempo de 13 horas

5.2.5 Diseño Experimental

En la investigación se utilizó el diseño bloques completos al azar, este diseño se adecúa a los tratamientos propuestos en el experimento, con 1 testigo, 4 tratamientos y 4 repeticiones.

5.2.5.1 Modelo lineal aditivo

Murray y Larry (2001), indican que el modelo lineal para el diseño bloques completos al azar es la siguiente:

$$x_{ij} = u + \alpha_i + b_j + E_{ij}$$

Donde:

- x_{ij} = Una observación cualquiera
- u = Media poblacional
- α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento
- b_j = Efecto del j-ésimo bloque
- E_{ij} = Error experimental

En la aplicación de biol en las fases fenológicas tiene los siguientes tratamientos.

5.2.5.2 Tratamientos en estudio

T0 = Testigo
T1 = Ramificación
T2 = Panojamiento
T3 = Floración
T4 = Grano Lechoso
R = repetición

5.2.5.3 Croquis Experimental

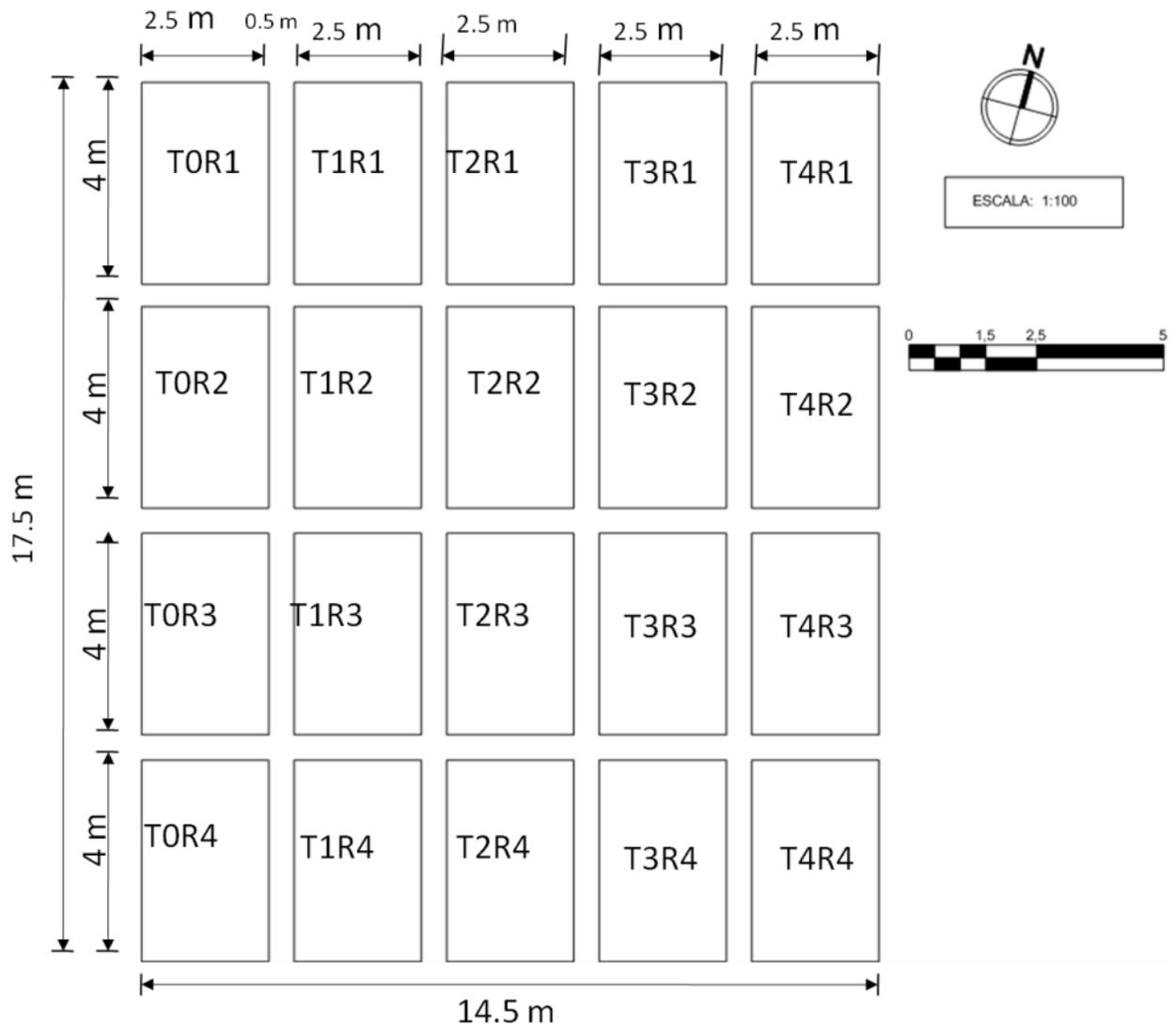


Figura 4. Unidades experimentales de la parcela

5.2.5.4 Características de la parcela experimental

Área total del experimento.....	250 m ²
Área neta del experimento.....	200 m ²
Numero de tratamientos.....	5
Número total de tratamientos.....	20
Área útil del bloque.....	50 m ²
Área de unidad experimental.....	10 m ²
Numero de bloques.....	4
Largo del bloque.....	14.5 m
Ancho del bloque.....	4 m
Pasillo entre bloques.....	0.5 m
Pasillo entre tratamiento.....	0.5 m

5.2.6 Variables medidas

5.2.6.1 Altura de la planta.

La altura de la planta nos permite conocer a simple vista el crecimiento y el desarrollo de la planta, esta variable se utilizó para comparar los tratamientos y con el testigo y fue cuantificada en (cm).

5.2.6.2 Diámetro de tallo

La medición del diámetro de tallo cuantifica el grosor del tallo basal, el cual permite conocer el crecimiento en grosor del diámetro del tallo de los tratamientos para comparar con el testigo estos fueron expresados en (cm).

5.2.6.3 Cobertura vegetal

La cobertura vegetal fue utilizada para medir el área que ocupa la copa vegetal de la planta utilizados para conocer el efecto de los tratamientos con el testigo, estas variables fueron expresados en cm².

5.2.6.4 Longitud de panoja

La longitud de panoja es el tamaño de la panoja medida desde el inicio hasta la parte apical de la panoja, el cual contiene los granos y fue utilizada para diferenciar el efecto que produce los tratamientos con el testigo, estos expresados (cm).

5.2.6.5 Diámetro de panoja

El diámetro de panoja es la medición del centro de la panoja, donde existe mayor cantidad de granos, el cual fue utilizado para la comparación de los tratamientos con el testigo, y estos también fueron expresado en (cm).

5.2.6.6 Número de ramas

El número ramas es el conteo de la cantidad de ramas principales de una planta el cual permite conocer la diferencia el efecto de los tratamientos mediante esta variable, el cual fue expresado en números enteros.

5.2.6.7 Rendimiento

El rendimiento es la medida del peso de la quinua en kg/ha, el cual es importante para conocer el peso de una cierta cantidad del producto en un determinado área, esta variable fue útil para la comparación de los tratamientos con el testigo.

5.2.6.8 Peso hectolitrito

El peso hectolitrito es el peso en kg sobre 100 L, esta variable es imprescindible para tomar en cuenta el tamaño del almacén que se debería construir para la cantidad de producción de quinua. El cual es útil para conocer el efecto de los tratamientos.

5.2.6.9 Número de granos por gramo

El número de granos por gramo es el conteo de granos de quinua de un gramo, esta variable es necesaria para comparar los resultados de los tratamientos en comparación con el testigo los cuales son expresados en números enteros.

5.2.6.10 Peso de granos por planta

Esta variable es necesario conocer el peso de granos por una planta, expresados en gramos /planta, esta variable nos permite conocer específicamente el peso de una planta para comparar la diferencia entre los tratamientos y con el testigo.

5.2.6.11 Porcentaje de grano grande mediano y pequeño por planta

El porcentaje de grano grande es el peso de granos de tamaño grande con diámetro mayor a 2.5 mm por planta expresadas en porcentaje, el cual es útil para conocer la cantidad de granos grandes en una planta, así también para conocer la cantidad de granos medianos medidas con un diámetro mayor a 2 mm y menor a 2.5 mm y las pequeño con diámetro menor a 2 mm por planta, estas variables fueron utilizada para comparar entre tratamientos y con el testigo y expresadas en porcentaje.

5.2.6.12 Porcentaje de saponina

La saponina es una sustancia agria que se encuentra en la cascara de la quinua también es importante para conocer el efecto de la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas, expresada en porcentaje.

5.2.6.13 Porcentaje de aceite

La quinua tiene aceites de esenciales y no esenciales dentro de la semilla de la quinua, para lo cual es necesario conocer efecto de la aplicación d biol en diferentes fases fenológicas expresada en porcentaje.

5.2.6.14 Porcentaje almidón

El almidón es la composición de una cadena de glucosas que se encuentra en toda planta, pero el estudio en esta investigación se realizó en el grano, donde el almidón fue evaluado en porcentaje, para comparar los tratamientos aplicados frente al testigo.

5.2.6.15 Porcentaje de proteína

La proteína total es la composición de aminoácidos esenciales y no esenciales, dentro el grano de quinua, donde fue utilizada para evaluar en porcentaje de cada tratamiento en comparación con el testigo.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Evaluación de las variables agronómicas

6.1.1 Altura de la planta

El análisis de varianza cuadro 13, de la altura de planta como efecto de la aplicación biol en diferentes fases fenológicas de la quinua (Jach'a Grano), muestra que los tratamientos no son significativas a nivel estadístico, deduciéndose que los valores obtenidos para la altura de la planta son similares, lo cual significa que se tendrá la misma altura al aplicar biol en cualquiera de las fases. De la misma forma, las diferencias entre bloques, no son significativas, por lo cual el suelo es homogéneo y no ha tenido efecto en estas fases.

El coeficiente de variación (CV) fue de 10.4 % valor que indica que los datos son confiables y se encuentran por debajo del límite de 30 % recomendado para trabajos agronómicos (Calzada, 1982).

Cuadro 13. Análisis de varianza de la altura de planta.

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	166,39	55,46	0,60	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	308,32	77,08	0,83	3,26	5,41	NS
ERROR	12	1111,85	92,65				
TOTAL	19	1586,55					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= Significativo, cv= coeficiente de variación

CV = 10,4 %

Por otro lado el valor Fc (F calculado) es menor al Ft (F tabulado) al 5% y 1% de error, Por tanto se acepta la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95 % y 99 % de los promedios de la altura de la planta al aplicar biol en las fases de ramificación, panojamiento, floración y grano lechoso.

En la figura 5, se observa una pequeña diferencia numérica en la altura de la planta de 86,72 cm a 98,6 cm, esta variación se debe a las condiciones de temperatura y precipitación o también a la aleatoriedad de las muestra tomadas, pero no al tratamiento. En cambio en otros trabajos la altura de planta fue 46,91 cm de la variedad Jach'a Grano al aplicar compost de llama (Choque, 2010). Así mismo en (PROINPA ,2005) indica que la altura de la planta del Jach'a Grano es 0,9 a 1,2 m en el norte y centro del altiplano.

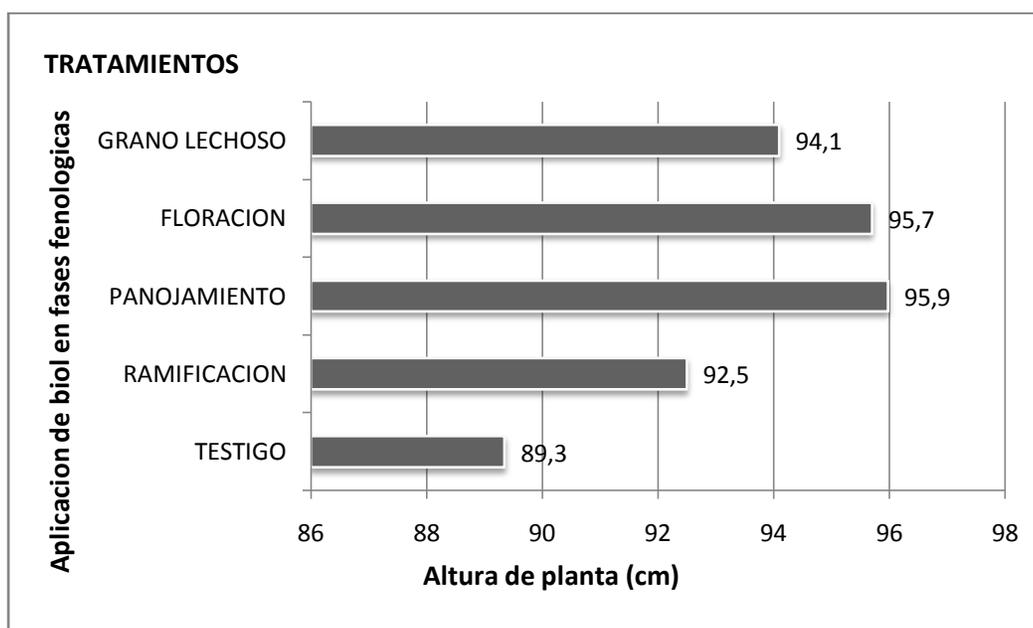


Figura 5. Promedios de la altura de planta

Pero Riquelme (1998), explica que los niveles bajos de la altura se debe a condiciones climáticas y genéticas, puestos que los genes dominantes presente en variedades tardías expresan mayores alturas y genes recesivos en variedades precoces, presenta menor altura de planta.

6.1.2 Diámetro de tallo

De acuerdo al análisis de varianza del cuadro 14, en el diámetro de tallo no dio efecto en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas, es decir que no existen diferencias significativas entre tratamientos, Así mismo no fue significativo entre bloques, es decir, que el diámetro de tallo fue igual al aplicar biol en cualquier de las fases fenológicas y al bloquear también fue lo mismo en el diámetro de tallo,

esto debido a que el suelo presenta homogeneidad en (fertilidad, profundidad, humedad), lo que implica que no fue necesario utilizar esta técnica de bloquear,

El coeficiente de variación (CV) para esta variable fue de 11,05 % que nos indica que los datos obtenidos del experimento son confiables, puesto que es menor al 30 %, valor máximo permitido en experimentos en campo (Calzada, 1982).

Cuadro 14. Análisis de varianza del diámetro de tallo

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	0,06	0,02	0,71	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	0,14	0,04	1,35	3,26	5,41	NS
ERROR EXPERIMENTAL	12	0,32	0,03				
TOTAL	19	0,52					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= Significativo, CV= coeficiente de variación,

CV = 11,05 %

Por otro lado se analiza en el cuadro 14, que el Fc (F calculado) fue menor al Ft (F tabulado) al 5 % y 1% de probabilidad, por tanto se acepta la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95 % y 99 % de los promedios del diámetro de tallo en la aplicación de biol en las fases fenológicas de ramificación, panojamiento, floración y grano lechoso.

En la figura 6, se muestra que la variación matemática en el diámetro de tallo fue de 1,34 cm a 1,55 cm, los cuales son prácticamente similares y fue corroborado por la ausencia de significancia estadística del análisis de varianza, Por el contrario en otros trabajos encontraron datos similares de 13,5 mm (Choque 2010), Así mismo encontraron diámetro de tallo bajos de 6 mm (Chambilla 2007).

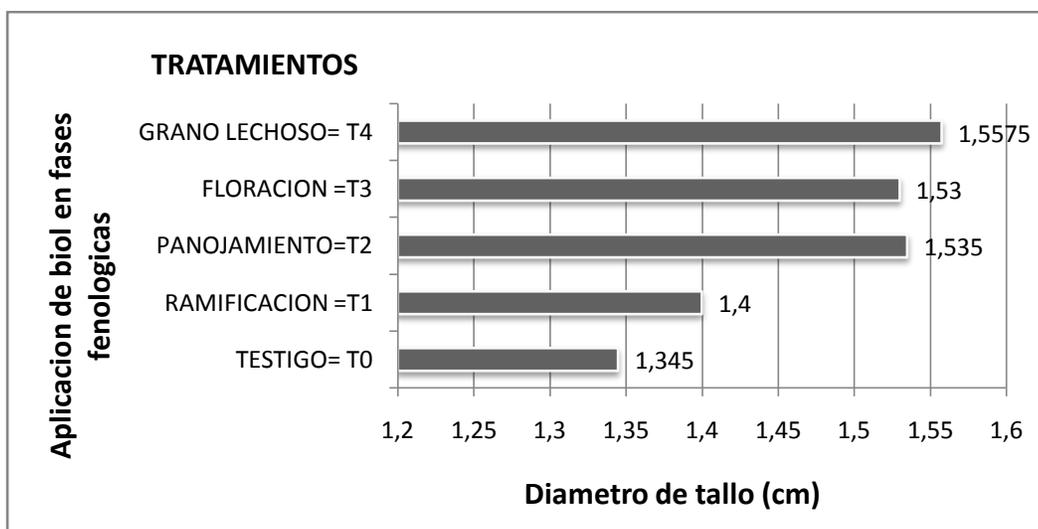


Figura 6. Promedios diámetro del tallo

6.1.3 Cobertura vegetal

Según el cuadro 15, el análisis de varianza para la cobertura vegetal, existe diferencias significativas entre bloques a nivel estadístico del 5 % y 1 % de probabilidad, lo cual significa que fue una buena opción tomar la decisión de bloquear puesto que la cobertura vegetal fue influenciada por el efecto del suelo. Por el contrario en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas, no fue significativo, es decir, que aplicar biol en cualquiera de las fases resultara lo mismo en esta variable.

El coeficiente de variación (CV) fue de 14,98 % lo cual indica que los datos son confiables donde su valor es menor al 30 %, valor límite permitido para trabajos realizados en campo sugerido (Calzada, 1982).

Cuadro 15. Análisis de varianza de la cobertura vegetal

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	447039,54	149013,18	5,379	3,49	5,95	*
TRATAMIENTOS	4	71705,782	17926,445	0,647	3,26	5,41	NS
ERROR EXPERIMENTAL	12	332408,87	27700,739				
TOTAL	19	851154,19					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no significativo, * = significativo, CV= coeficiente de variación,

CV = 14,98 %

En el cuadro 15, el Fc (F calculado) es menor al Ft (F tabulado) al 5 % y 1 % de probabilidad por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna con un nivel de confianza de 95 % y 99 %, el cual indica que no hay diferencias estadísticas en la cobertura vegetal al aplicar biol en diferentes fases fenológicas, Pero respecto entre bloques se acepta la hipótesis alterna porque el Fc está entre 3,49 a 5,95 del Ft al 5% y 1% de probabilidad.

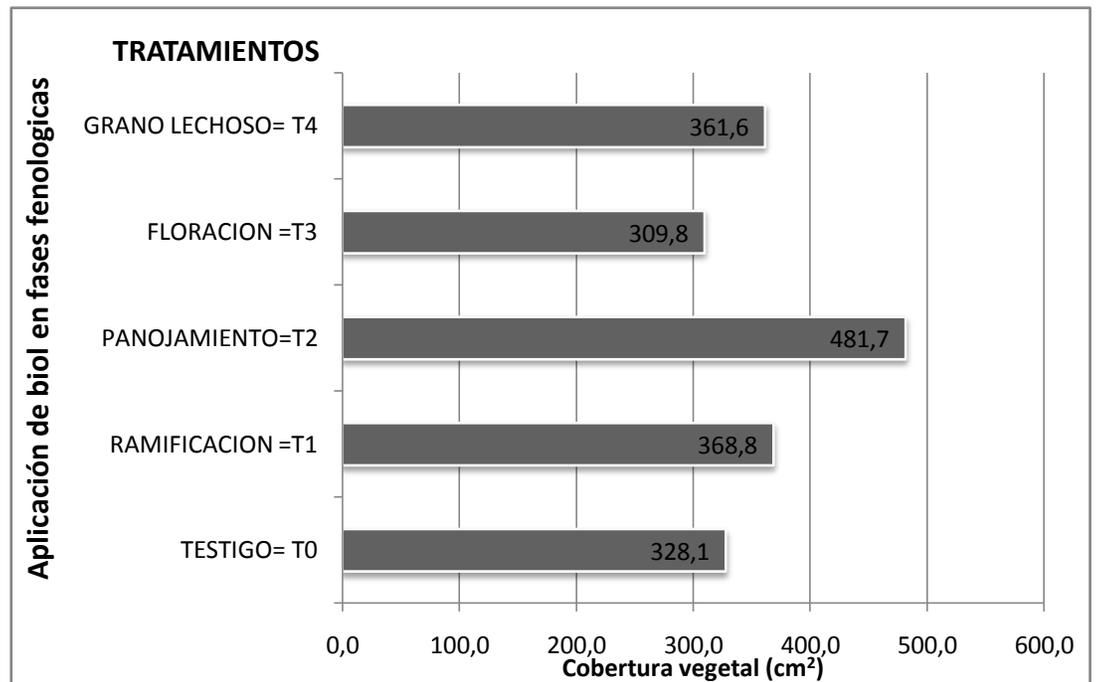


Figura 7. Promedios de la Cobertura vegetal

En la figura 7, se observa la diferencia numérica de 309,8 cm² a 481,7 cm² de los promedios de la cobertura vegetal el cual es atribuible a factores aleatorios y no debido al tratamiento.

Chilón (1997), menciona que el aumento de la proporción de área foliar con respecto las raíces es favorecido por el aumento del suministro de nitrógeno o la incorporación de la materia orgánica que favorece el desarrollo de los órganos vegetativos de la planta.

6.1.4 Longitud de panoja

El cuadro 16, presenta el análisis de varianza de la longitud de panoja, el cual indica que no existe efecto en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas de la quinua así mismo entre bloques, es decir, no fue buena opción bloquear debido a la homogeneidad de la fertilidad de suelo ni ha tenido efecto al aplicar biol en diferentes fases fenológicas debido a la similitud de asimilación de nutrientes de cada fase fenológica.

El coeficiente de variación para esta variable fue 13,1 %, el mismo indica que los datos son confiables, puesto que su valor es menor al 30 % valor permitido para trabajos agronómicos en campo, por lo que se considera que hubo buen manejo de las unidades experimentales según (Calzada, 1982).

Cuadro 16. Análisis de varianza de longitud de panoja

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	85,62	28,54	3,26	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	66,90	16,73	1,91	3,26	5,41	NS
ERROR EXPERIMENTAL	12	105,00	8,75				
TOTAL	19	257,52					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= Significativo, * = significativo, CV= coeficiente de variación,

CV= 13,1 %

Según la prueba de hipótesis de las varianzas, el Fc (F calculado) fue menor al Ft (F tabulado) al 5 % y 1%, entonces se acepta la hipótesis nula con un nivel de confianza de 95 % y 99 % veracidad para los promedios de la longitud de panoja en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas y entre bloques.

La figura 8, muestra que existe una pequeña diferencia aritmética en los promedios de longitud de panoja de 20,8 a 24,9 cm, esto es debido a factores aleatorios de las muestras o también podría ser a factores climáticos como la temperatura y no así a la aplicación de los tratamientos ni al bloquear.

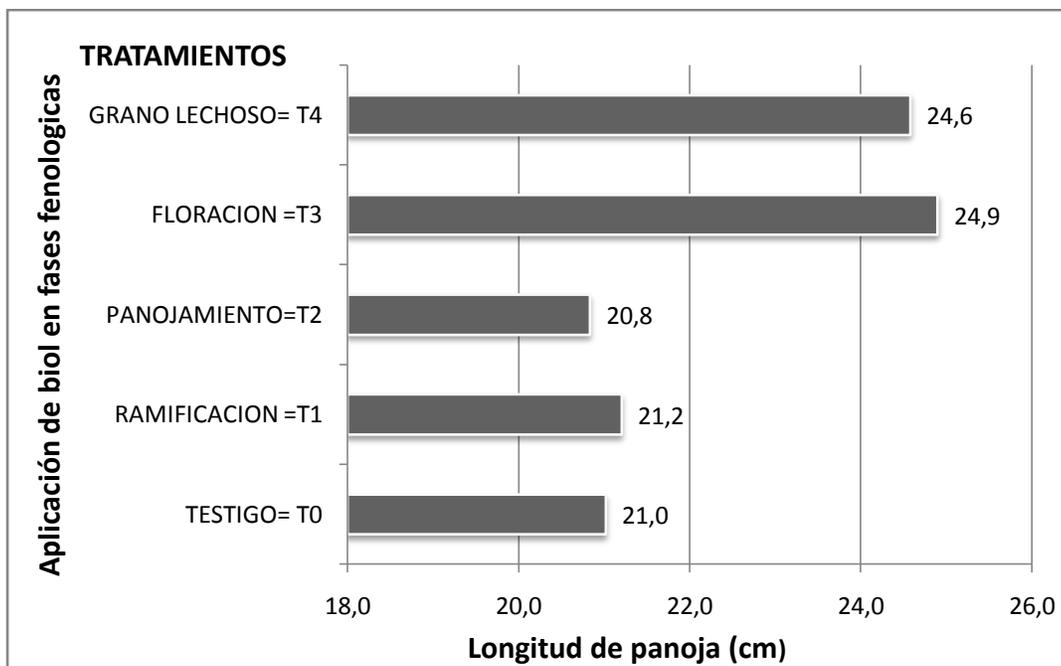


Figura 8. Longitud de panoja

Pero Quino (2000), obtuvo valores promedio de 16,84 a 22,76 cm de longitud de panoja en la variedad Jach'a Grano con la aplicación de humos de lombriz en Patacamaya y según Chambilla (2007) la longitud de panoja fue de 17,8 cm de la variedad de Jach'a Grano. Por otra parte Choque (2010), en un trabajo de investigación de quinua ha reportado que la longitud de panoja varía de 76 cm a 9,8 cm al aplicar compost. Estos resultados muestran que el diámetro de panoja es un carácter que varía con el medio ambiente donde se desarrolla

6.1.5 Número de ramas

El análisis de varianza para la variable número de ramas del cuadro 17, muestra efecto de similitud en los tratamientos o en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas de la quinua, es decir, que la longitud de panoja fue el mismo aplicar biol en cualquiera de las fases fenológicas estudiadas, pero al bloquear fue significativo, lo cual indica que la distribución de bloques en relación a la pendiente para esta variable dió efecto.

Para lo cual, el coeficiente de variación (CV) fue de 21,8 %, el mismo indica, que los datos obtenidos en campo son confiables, puesto que su valor es menor a 30 % valor límite en trabajos agronómicos (Calzada, 1982).

Cuadro 17. Análisis de varianza de número de ramas

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	154,74	51,58	4,00	3,49	5,95	*
TRATAMIENTOS	4	131,69	32,92	2,56	3,26	5,41	NS
ERROR EXPERIMENTAL	12	154,63	12,89				
TOTAL	19	441,06					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= Significativo, * = significativo, CV= coeficiente de variación.

CV = 21,8 %

También se observa en el cuadro 17, que el Fc (F calculado) fue menor al Ft (F tabulado) al 5% y 1% de probabilidad, entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna en los promedios del número de ramas en la aplicación de biol en diferentes fases (ramificación, panojamiento, floración y grano lechoso) y entre bloques el Fc se encuentra entre el Ft al 5% y 1%, por tanto se acepta la hipótesis alterna lo que significa que el suelo es heterogéneo, por tal motivo dio una diferencia entre bloques en esta variable.

En la figura 8, se observa que los promedios de los números de ramas existe una variación numérica mínima de 13 a 18 ramas, esto no se debe a los tratamientos sino a otros factores como las condiciones climáticas de la temperatura o también debido a la selección de datos aleatorios y no así al aplicar biol en diferentes fases fenológicas.

Bonifacio y Vargas (2005), explican que la característica morfológica del desarrollo de ramas y de las ramificaciones depende de la densidad de siembra, En otros trabajos obtuvo un valor mínimo de 11,5 y un máximo de 38,8 ramas primarias (Alanoca 2014).

Rojas (1998), menciona que el valor mínimo corresponde todas las accesiones del germoplasma de Quinoa de Bolivia de habito simple, mientras que las plantas con mayor ramificación registran hasta 42,2 ramas principales. Gandarillas (1979), indica que los hábitos ramificación frecuentes de la quinua se da en los Valles, en cambio los de hábitos simples se observan en quinuas del Altiplano.

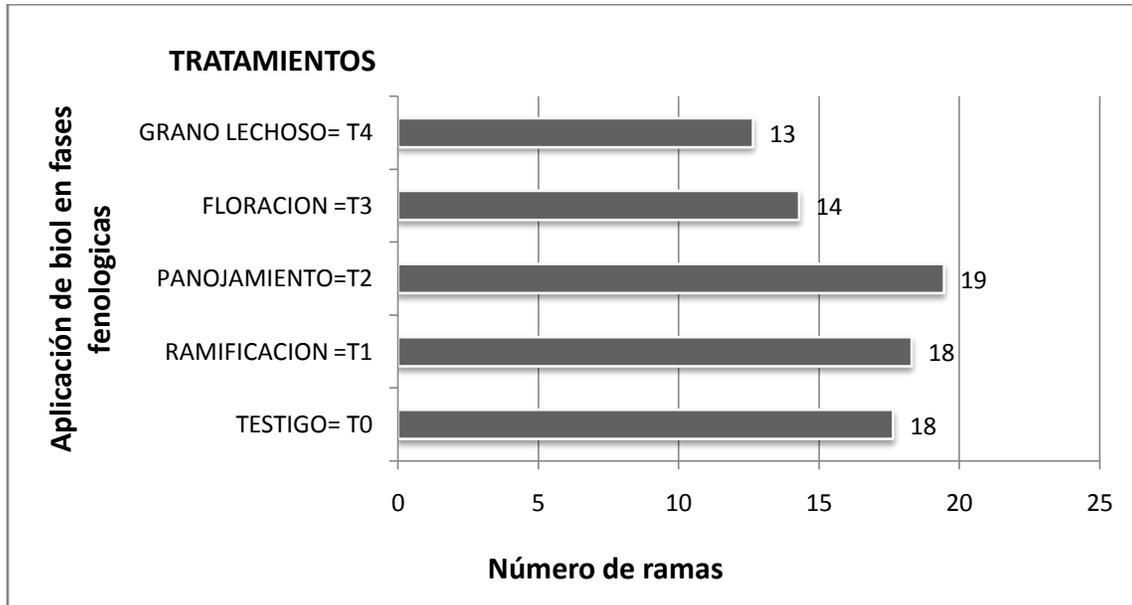


Figura 9. Promedios número de ramas

6.1.6 Diámetro de panoja

Según el cuadro 18, el análisis de varianza del diámetro de panoja resultó no significativo en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas de la quinua, lo que significa que cada fase fenológica responde de igual manera en el diámetro de panoja al aplicar biol, entonces el tratamiento no dio efecto variable. Por otro lado fue significativo entre bloques del diámetro de panoja, es decir, que fue una buena opción distribuir las unidades experimentales de acuerdo a la pendiente, debido a la heterogeneidad de la fertilidad del suelo.

El coeficiente de variación (CV) fue de 19,45 %, el mismo indica que los datos son confiables, puesto que su valor es menor a 30 %, valor límite permitido en trabajos de campo sugerido por (Calzada, 1982).

Cuadro 18. Análisis de varianza de diámetro panoja

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	27,34	9,11	5,19	3,49	5,95	*
TRATAMIENTOS	4	3,93	0,98	0,56	3,26	5,41	NS
ERROR EXPERIMENTAL	12	21,07	1,76				
TOTAL	19	52,33					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo,* = significativo, CV= coeficiente de va variación.

CV = 19,45 %

Según la prueba de hipótesis, el Fc (F calculado) es menor Ft (F tabulado) al 5 % y 1 % de probabilidad, por tanto se acepta la hipótesis nula con un nivel de confianza de 95 % y 99 % entre los promedios de cada tratamiento del diámetro de panoja, Pero entre bloques el Fc se encuentra entre el Ft al 5% y 1 %, para lo cual se acepta la hipótesis alterna, lo que significa que existe variación al bloquear para el variable diámetro de panoja,

En la figura 10, se observa que existe una pequeña diferencia de los promedios del diámetro de panoja entre 5,95 a 7,15 cm, esta variación no depende de los tratamientos sino a otros factores como la temperatura, la variedad y a las condiciones donde se desarrolla.

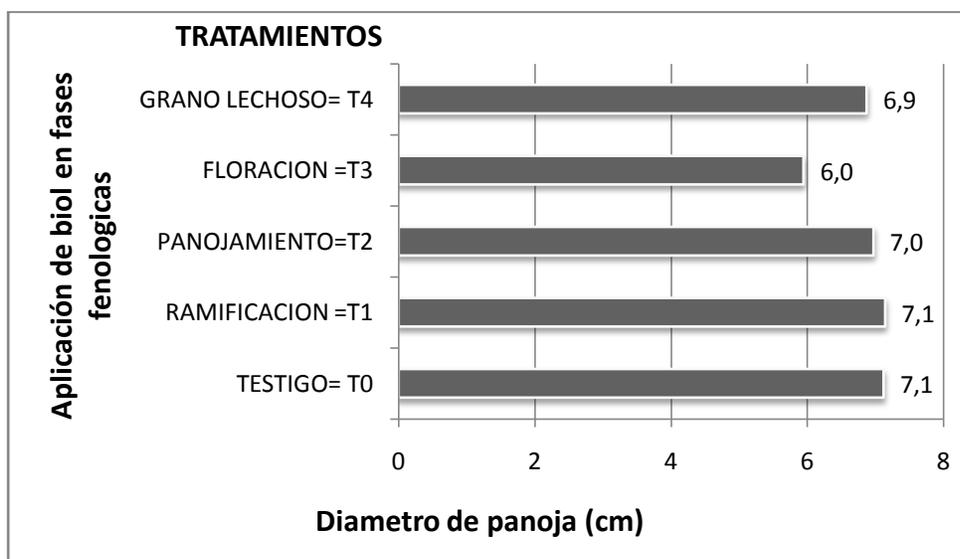


Figura 10. Promedios diámetro de panoja

6.1.7 Rendimiento

En el cuadro 19, el análisis de varianza del rendimiento entre bloques no existe diferencias estadísticamente significativas, lo cual indica que no dio efecto al bloquear las unidades experimentales de acuerdo a la pendiente por la homogeneidad de la fertilidad del suelo, pero si existe diferencias significativas entre tratamientos o en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas, donde las diferencias entre tratamientos son altamente significativas lo cual indica que la aplicación de biol a cada fase fenológica tiene efecto sobre el rendimiento.

El coeficiente variación (CV) resultó 2,99 %, este valor significa que los datos obtenidos del rendimiento son confiables, porque es menor al 30 %, valor límite permitido en trabajos de campo sugerido por (Calzada, 1982).

Cuadro 19. Análisis de varianza del rendimiento

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	5708,27	1902,8	0,9117	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	119731	29933	14,342	3,26	5,41	**
ERROR	12	25044,6	2087,1				
TOTAL	19	150483					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, Fc= F calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo,* = significativo, CV= coeficiente de variación.

CV = 2,99 %

En el cuadro 19, muestra que el Fc (F calculado) es mayor al Ft (F tabulado) al 5% y 1 % de probabilidad, por tanto se rechaza la hipótesis nula con nivel de confianza de 95 % y 99% de los promedios de los tratamientos del rendimiento y entre bloques el Fc es menor al Ft al 5 % y 1 % entonces por lo cual se acepta la hipótesis nula.

De acuerdo a la prueba de comparación de medias Duncan al 5 % de probabilidad para el rendimiento en grano de los tratamientos aplicados, forma dos grupos de medias simbolizados con las letras de A y B, se muestra en figura 11.

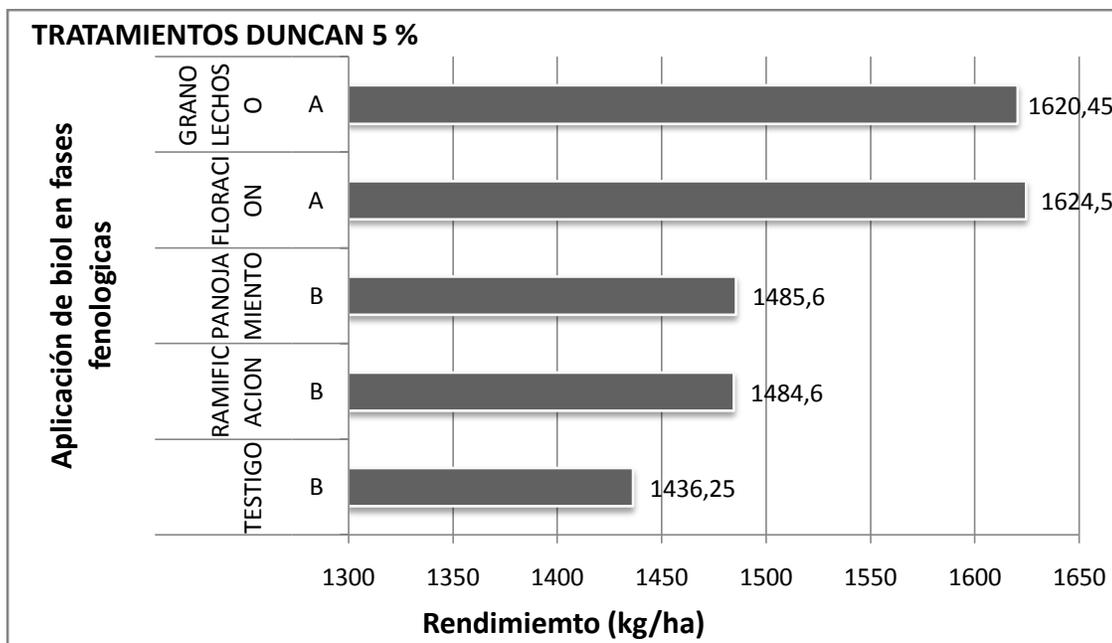


Figura 11. Comparación de medias por Duncan del rendimiento

El primer grupo simbolizado por la letra A, fue integrado por la aplicación de biol de las fases de floración y grano lechoso con promedios de rendimientos de 1624,5 y 1620,45 Kg/ha. En el segundo grupo simbolizado por la letra B, fue integrados por la aplicación de biol en fases de panojamiento, ramificación y el testigo con promedios de rendimientos de 1485,6 kg/ ha, 1484,6 kg/ha y 1436,25 kg/ha.

Donde se puede observar que el mayor rendimiento fue 1624,5 Kg/ha en la aplicación de biol en fase de floración y el menor fue 1436,35 kg/ha en el testigo, por tanto sería mejor aplicar biol en la fase de floración, por la mayor obtención de grano, así mismo se observa que el aumento del rendimiento del cultivo depende a la aplicación de biol en cada fase fenológica.

De lo anterior se deduce que es preferible aplicar en fase de floración y grano lechoso puesto que influye significativamente en el rendimiento, en cambio, las aplicaciones en las fases previas no tienen mayor efecto sobre el rendimiento.

Calla (2012), indica que la aplicación del biol para quinua se debe realizar en dos momentos durante el desarrollo del follaje desde 4 y 6 hojas verdaderas hasta ramificación (50 días después de la siembra) y el otro antes de la floración, es decir en panojamiento (70 días después de la siembra). La cantidad que se debe a aplicar

es de 2 litros por mochila de 20 litros, Donde se observa incremento considerable en el rendimiento, así mismo Espíndola (1981), afirma que la altura de planta es un indicador muy importante que influye directamente sobre el rendimiento de grano.

6.1.8 Peso hectolítrico

En el cuadro 20, muestra el análisis de varianza para el peso hectolitrito, donde se observa que no existe diferencias estadísticas entre bloques ni entre tratamientos, por tanto, se considera que no dio efecto los tratamientos, por lo cual el peso hectolitrito será el mismo al aplicar biol en cualquiera de estas fases fenológicas, así mismo bloquear de acuerdo a la pendiente del suelo será igual, debido a la homogeneidad que presenta el suelo.

El coeficiente de variación (CV) fue 3,55 %, valor de datos confiables porque es menor al 30 %, porcentaje considerado como límite permitido para trabajos en campo.

Cuadro 20. Análisis de varianza de peso hectolitrito

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	19,2049	6,4016	0,4801	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	42,5888	10,647	0,7985	3,26	5,41	NS
ERROR EXPERIMENTAL	12	160,004	13,334				
TOTAL	19	221,797					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo, * = significativo, CV= coeficiente de variación,

CV= 3,55 %

En el cuadro 20, también muestra que el Fc (F calculado) es menor al Ft (F tabulado) al 5 % y 1 % nivel de significancia, tanto entre bloques y tratamientos, por lo cual se acepta la hipótesis nula con nivel de confianza del 95 % y 99% de veracidad en los promedios del peso hectolítrico.

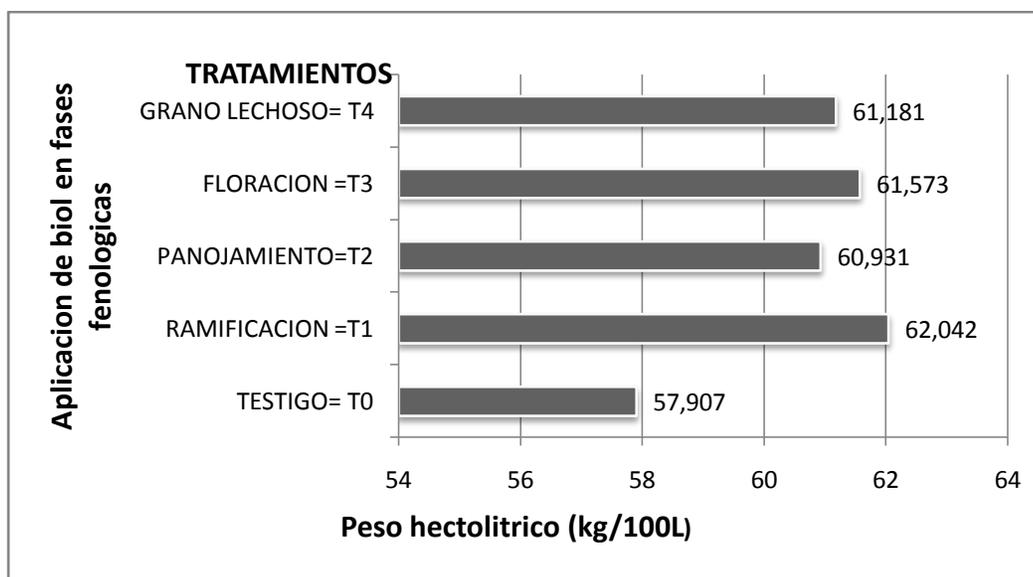


Figura 12. Promedios peso hectolitrito

En la figura 12, se observa que los promedios del peso hectolitrito existe diferencia numérica, esto debido a la toma de muestra al azar y a la variación de las temperaturas, donde se aprecia que el máximo peso hectolitro fue 62,042 kg/100 L y el mínimo fue de 57,907 kg/100 L.

6.1.9 Número de granos por gramo

En el cuadro 21, muestra el análisis de varianza para la cantidad de granos por gramo, donde entre bloques no existe diferencia significativa, lo cual muestra que el suelo es homogéneo en su fertilidad, por lo cual el resultado fue lo mismo. En cambio entre tratamientos existen diferencias estadísticas altamente significativas, por lo que el número de granos por gramo en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas resultó diferente. Por tanto, se considera que fue buena opción aplicar biol en diferentes fases fenológicas para esta variable.

El coeficiente de variación resultó (CV) 4,87 %, lo que indica que los valores son confiables porque es menor al 30 %, valor considerado como límite permitido en trabajos de campo sugerido por (Calzada, 1982).

Por otro lado el Fc (F calculado) es mayor al Ft (F tabulado) al 5 % y 1% de probabilidad por consiguiente se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza

de 95 % y 99% para los promedios del número de granos por gramo en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas.

Cuadro 21. Análisis de varianza del número de granos en un gramo

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	683,2	227,73	1,1077	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	12505,4	3126,4	15,207	3,26	5,41	**
ERROR	12	2467,1	205,59				
TOTAL	19	15655,7					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo,* = significativo, CV= coeficiente de variación.

CV = 4,87 %

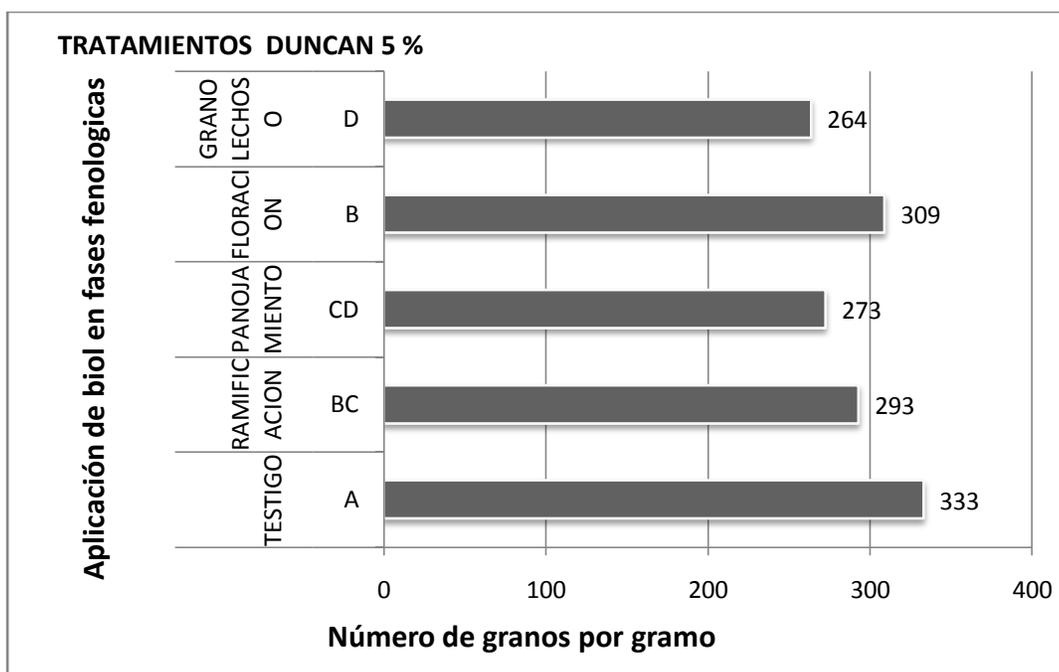


Figura 13. Prueba DUNCAN del número de granos por gramo

Según la comparación de medias por la prueba Duncan al 5 % de probabilidad, se obtuvo diferentes grupos simbolizados por las letras A, B, BC, CD y D como se observa en el figura 13. Donde el primer grupo A, fue representado por el testigo con

un promedio de 333 unidades de granos por gramo, lo que significa que se obtuvo mayor cantidad de granos de tamaño pequeños en un gramo en el testigo.

Mientras en el grupo B, se registró 309 unidades de granos por gramo en la aplicación de biol en la fase de floración, es decir, que la cantidad granos de tamaño grande fue mayor en un gramo en esta fase, en el grupo BC, el número de granos por gramo fue 293 unidades en la aplicación de biol en la fase de ramificación, en esta fase disminuyó la cantidad de granos por gramo, tal disminución significa que existe mayor cantidad de granos de tamaño grande por gramo, en el grupo CD, el número de granos por gramo fue 273 unidades, lo cual muestra que aumenta en la aplicación de biol en la fase de panojamiento.

En el grupo D, la cantidad de granos por gramo fue 264 unidades en la aplicación de biol en la fase de grano lechoso, esto significa que aumentó el número de granos de tamaño grande y disminuyó los granos pequeños en un gramo, lo cual es beneficioso, Por lo cual la aplicación biol de acuerdo a las fases está relacionada al tamaño de granos, donde el tamaño de grano depende de la fase fenológica aplicada con biol.

Por tanto los granos de tamaño grande permiten alcanzar el peso de un gramo con menor número de granos. De los resultados obtenidos, se deduce que la aplicación de biol favorece al incremento en tamaño de grano o al peso individual de los granos, de tal forma que menor cantidad de granos llegan a pesar un gramo, en cambio, en el testigo, un gramo de peso se registra con el mayor número de granos que puede atribuirse a su tamaño pequeño, granos livianos o ambos casos a la vez.

Riquelme (1998), asevera que el grano de quinua está relacionado con el tamaño y peso de la semilla, Asimismo Rodríguez (2005), reportó mayores pesos en granos de tamaño grande con diámetro 1,35 a 1,75 mm con un rango de peso de 3,79 g a 3,96 g para mil semillas y en un gramo es 264- 253 unidades de granos.

Alanoca (2014), indica que el peso de 100 semillas es 0,26 g a 0,48 g (que en un gramo es 385 a 208 semillas), A su vez, Choque (2010), obtuvo un promedio de 0,45 g por 100 granos (en un gramo es 222 semillas) de quinua en la variedad Jach'a Grano.

6.1.10 Peso de granos por planta

En el cuadro 22, los resultados del análisis de varianza para el peso de grano por planta para efecto de la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas, no existe diferencia significativa entre bloques ni en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas. Lo que indica que no dio efecto al bloquear las unidades experimentales a causa de la homogeneidad del suelo y así mismo no resultó la aplicación de biol en cada fase fenológica para esta variable, con lo cual se obtiene información sobre peso de grano por planta que nos dice que es homogéneo en los resultados, entonces la aplicación de biol debe realizar en cualquier fase que no parezca conveniente para esta variable.

Se muestra también que el Fc (F calculado) es menor al Ft (F tabulada) al 5% 1 % de error, por tanto se acepta la hipótesis nula con un nivel de confianza del 95 % y 99 % en el peso de grano por planta en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas y en los bloques, El coeficiente de variación (CV) fue 12,24 %, valor confiable porque es menor al 30 %, considerado como límite permitido para trabajos agronómicos en campo, Calzada (1982).

Cuadro 22. Análisis de varianza de peso granos por planta

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	256,14	85,38	1,23	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	515,45	128,86	1,85	3,26	5,41	NS
ERROR EXPERIMENTAL	12	833,98	69,50				
TOTAL	19	1605,58					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo, * = significativo, CV=coeficiente de variación,

CV = 12,24 %

En la figura 13, se observa los promedios del variable peso por planta, donde existe pequeña diferencia numérica, esto debido a factores aleatorios y no a la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas, Donde el valor máximo para el peso de grano

por planta fue de 34,95 g/planta y la mínima fue de 22,02 g/planta, Esta variación fue debido al por efecto de la temperatura y precipitación.

Choque (2010), obtuvo peso por planta de 6,12 gramos de la variedad Jach'a Grano en la localidad Topohoco-La Paz, Robles (1991), señala también que existe factores que influyen en la máxima o en la mínima expresión de la producción la cual puede ser por unidad de superficie o por planta y por tipo de variedad o híbrido con enanismo el cual produce rendimientos más bajos por planta, sin embargo, el rendimiento por hectárea es superior por disponer de mayor numero de plantas por hectárea.

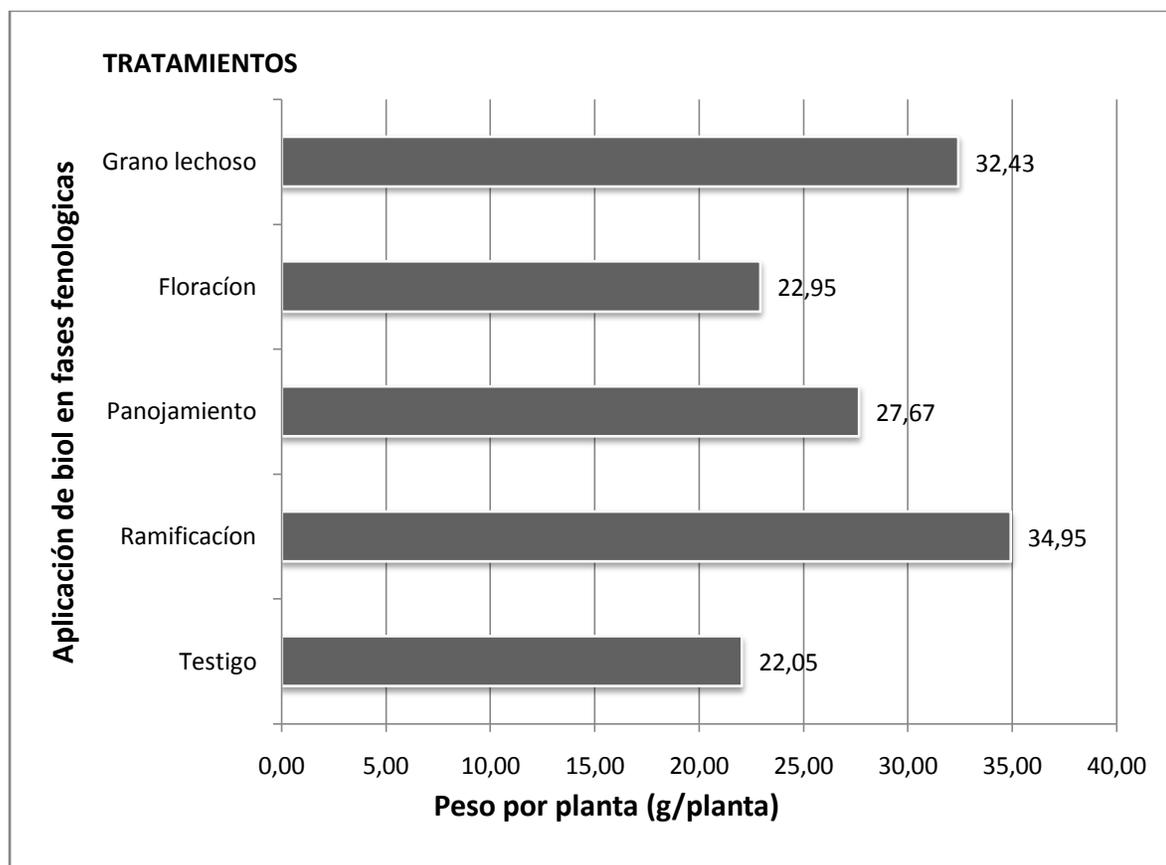


Figura 14. Peso de granos por planta

6.2 Evaluación porcentaje por tamaños de grano por planta

6.2.1 Porcentaje por tamaño de grano por planta

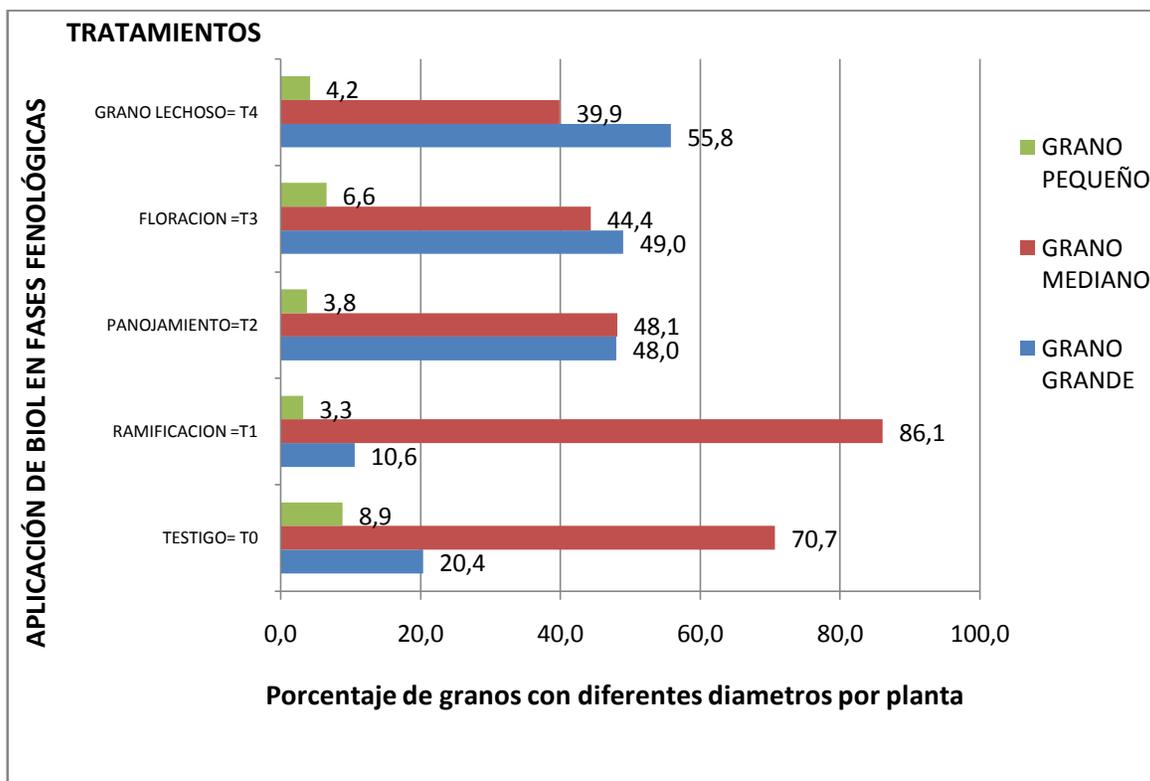


Figura 15. Porcentajes de grano grande mediano y pequeño

En la figura 15, se observa el porcentaje de grano grande máximo fue de 55,8 % con la aplicación de biol en la fase grano lechoso y el mínimo porcentaje fue de 10,6 % en la aplicación de biol de la fase de ramificación, tales porcentajes de grano grande se encuentran en el diámetro mayor a 2,5 mm, pero para (IBNORCA 2007), el grano de de tamaño grande esta en el rango de 1,75 a 2,2 mm, para lo cual existe una diferencia de 0,7 % - 0,88 % entre el diámetro de grano grande práctico con el diámetro de grano grande teórico.

Se puede apreciar también que el porcentaje de grano mediano máximo fue 86 % en la aplicación de biol de la fase de ramificación y el mínimo fue 39,9 % en la aplicación de biol de la fase de grano lechoso, estos porcentajes de grano mediano tienen una

diámetro de grano mayor a 2 mm y menor a 2,5 mm, pero (IBNORCA 2007), considero grano mediano con diámetro de 1,35 mm- 1,75 mm, en este caso de diámetro de grano mediano practico y teórico hay una variación de 0,67 % y 0,7 %.

Consiguientemente el porcentaje de grano pequeño máximo fue 8,9 % en el testigo y la mínima fue 3,3 % en la aplicación de biol de la fase de ramificación, para los porcentajes obtenidos se utilizó un diámetro de grano pequeño menor 2 mm. Por el contrario (IBNORCA 2007) considera diámetro de grano pequeño menor a 1,35 mm, para entonces la diferencia porcentual entre los dos diámetros prácticos entre teórico fue 0,67 %.

Por lo cual se deduce que la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas tiene efectos favorables para la formación de mayor porcentaje de granos grandes en una planta. Este resultado puede tener implicaciones prácticas para aumentar el porcentaje de granos grandes por planta y por ende en toda la población de plantas presentes en un área determinada.

Para Rojas (2004), el rango de variación en el diámetro de grano en el germoplasma de quinua varía desde 1,03 mm a 2,66 mm y Repo (1999), cita que las semillas de quinua se clasifican de acuerdo al color pueden ser blancas rosadas, rojas y negras, y según tamaño grandes (2,2 - 2,6 mm), medianas (1,8 - 2,1 mm), y pequeña (menos de 1,8 mm).

6.2.2 Porcentaje de grano grande por planta

En el cuadro 23, muestra el análisis de varianza del porcentaje de grano grande por planta, para lo cual no existe diferencias estadísticamente significativas entre bloques, por lo cual no fue buena opción bloquear debido a la homogeneidad de la fertilidad del suelo, pero si en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas, es decir que aplicar biol en cualquiera de estas fases, el resultado de esta variable será diferente. Por lo cual es preferible elegir el tratamiento que contenga mayor porcentaje de grano grande.

El Coeficiente de variación (CV) fue de 13,89 % esto indica que los datos son confiables, porque su valor es menor al 30 %, porcentaje considerado como límite permitido para trabajos agronómicos en campo sugerido por (Calzada, 1982),

Por otro lado Fc (F calculado) es mayor al Ft (F tabulado) al 5% y 1% de nivel de significancia, por consiguiente se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de alterada con un nivel de confianza del 95 % y 99 % de los promedios de porcentaje de grano grande por planta en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas frente al testigo.

Cuadro 23. Análisis de varianza del porcentaje de grano > a 2,5 mm diámetro

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	176,34	58,78	1,40	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	591,62	147,91	3,52	3,26	5,41	*
ERROR EXPERIMENTAL	12	504,87	42,07				
TOTAL	19	1272,83					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo,* = significativo, CV=coeficiente de variación.

CV = 13,89 %

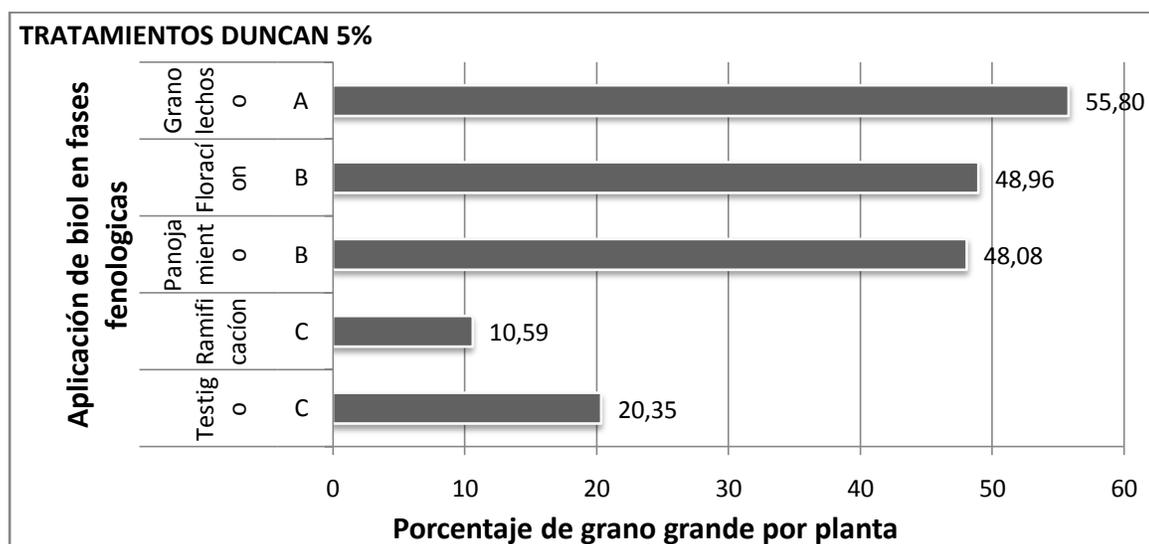


Figura 16. Prueba Duncan del porcentaje de grano grande por planta de diámetro > a 2,5 mm

En la figura 15, muestra la comparación de medias por la prueba Duncan al 5 % de probabilidad, del cual se obtuvo tres grupos de medias simbolizados con las letras A, B y C, donde el primer grupo A fue integrado por la aplicación de biol en la fase grano lechoso con un promedio de 58,8 % de grano grande por planta y el segundo grupo B, está integrado por la aplicación de biol en la fase de panojamiento y floración con porcentaje de grano grande de 48,08 % y 48,96 % y el tercer grupo C, fue integrado por el testigo con 20,35 % de grano grande por planta y la aplicación de biol en la fase de ramificación con 10,59 %.

Así mismo se muestra que el porcentaje grano grande máximo fue 58,8 % en la aplicación de biol de la fase de grano lechoso y el mínimo fue de 10,59 % en la aplicación de biol en la fase ramificación, tales porcentajes de grano grande fueron > a 2,5 mm de diámetro, donde Borja y Soraide (2007), señalan que en altiplano sur de Bolivia se caracterizan por tener el grano grande que varía de 2,3 a 2,6 mm de diámetro, para lo cual entre el porcentaje del diámetro de grano grande práctico y teórico existe variación de 0,92 % y 0,96 %.

Esta variación del porcentaje de grano grande en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas se debe a la diferencia de aprovechamiento de nutrientes por parte de las fases fenológicas o también por la diferencia de requerimiento nutricional. Así se obtuvo un porcentaje de grano grande máximo en la aplicación de biol en la fase de grano lechoso con 58,8 % en contraste Bonifacio y Vargas (2005), caracterizan a la variedad Kurmi como variedad de grano grande con 83 % y con un diámetro de 2,5 mm de diámetro, de estos dos datos de grano grande hay variación de 24,2.

6.2.3 Porcentaje de grano mediano por planta

El cuadro 24, muestra el análisis de varianzas del porcentaje de grano mediano entre bloques no existe diferencias significativas, esto debido a que el suelo presenta homogeneidad nutricional, pero si existen diferencias significativas entre tratamientos o en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas de la quinua, es decir, que la dinámica de cada fase fenológica es heterogéneo por lo cual la absorción nutricional de cada fase fenológica es variable debido a su morfología de cada fase fenológica.

Donde, el coeficiente de variación (CV) fue de 15,36 %, lo que indica, que los datos obtenidos en campo son confiables puesto que su valor es menor al 30 %, valor considerado como límite para trabajos de campo sugerido (Calzada 1982).

También se muestra que el Fc (F calculado) es mayor al Ft (F tabulado) al 5 % y 1 % de nivel significancia, en contraste se acepta la hipótesis alterna con un nivel de confianza de 95 % y 99 % para los promedios del porcentaje de grano mediano al aplicar biol en diferentes fases fenológicas. Pero el Fc es menor al Ft al 5% y 1% de probabilidad entre bloques, por tanto se acepta la hipótesis nula.

Cuadro 24 .Análisis de varianza del porcentaje de grano mediano por planta de diámetro >2 mm<2,5mm

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	54,66	18,22	0,25	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	995,79	248,95	3,48	3,26	5,41	*
ERROR EXPERIMENTAL	12	858,43	71,54				
TOTAL	19	1908,88					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo,* = significativo, CV= coeficiente de variación.

CV = 15,36 %

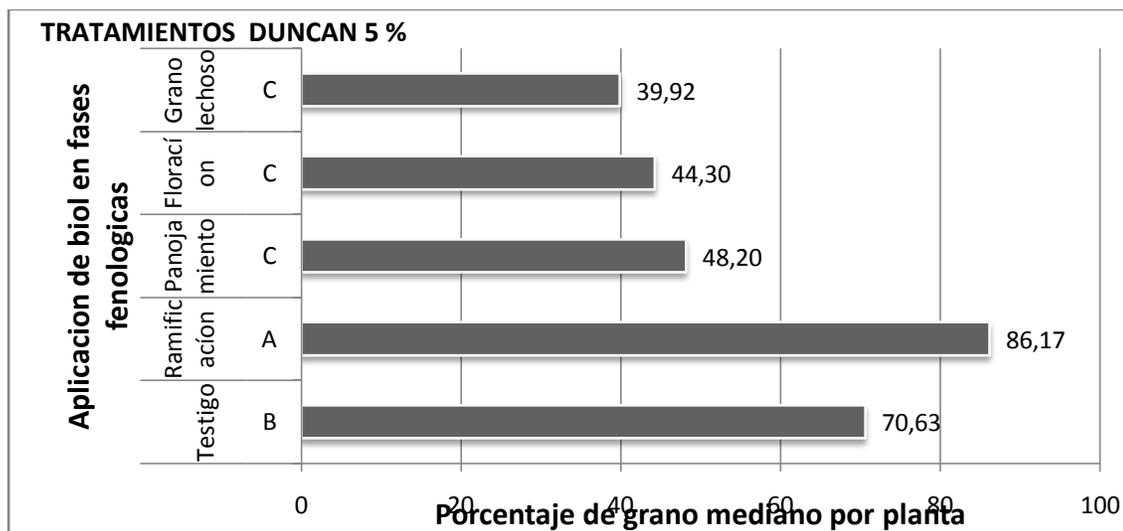


Figura 17. Prueba Duncan del porcentaje de grano mediano (>2 mm < 2,5mm) de diámetro

De acuerdo a la comparación de medias por la prueba DUNCAN al 5 % de probabilidad, se reportaron tres grupos de medias para el porcentaje de grano mediano simbolizados por las letras de A, B y C.

El primer grupo A, fue presentado por la aplicación de biol en la fase de ramificación con 86,17 % de grano mediano, el segundo grupo B, fue integrado por el testigo con 70,63 % de grano mediano y el tercer grupo C, fue integrado por las aplicaciones de biol en las fases de panojamiento, floración y grano lechoso con porcentajes de grano mediano de 48,20 %, 44,30 % y 39,92 %, se observa en la figura 17.

Donde el porcentaje de grano mediano máximo por planta fue el 86,17 % en la aplicación de biol en la fase de ramificación y el mínimo fue de 39,92 % en la aplicación de biol en la fase de grano lechoso. Esta variación del porcentaje de grano mediano se debe es debido a las características morfológicas y dinámicas que presenta cada fase fenológica.

6.2.3.1 Porcentaje de grano pequeño por planta

El análisis varianzas del porcentaje de grano pequeño por planta en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas no existe diferencias estadísticamente significativas entre bloques ni entre tratamientos, lo que significa que el suelo utilizado para el experimento presentaba características homogéneas respecto a la fertilización del mismo, como se aprecia cuadro 25.

El coeficiente de variación (CV) de esta variable, fue de 17,82 % el cual indica que los datos son confiables porque es menor al 30 %, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo sugerido por (Calzada, 1982).

Se observa que el F_c (F calculado) es menor al F_t (F tabulado) con un nivel de significancia de 5% y al 1%, por tanto se acepta la hipótesis de nula con un nivel de confianza de 95 % y 99% para los promedios del porcentaje de grano pequeño por planta en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas y al bloquear las unidades experimentales.

Cuadro 25. Análisis de varianza del porcentaje de grano pequeño < 2mm de diámetro

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	1,73101	0,577	1,9035	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	2,02092	0,5052	1,6667	3,26	5,41	NS
ERROR EXPERIMENTAL	12	3,63748	0,3031				
TOTAL	19	7,38941					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo,* = significativo

CV = 17,82 %

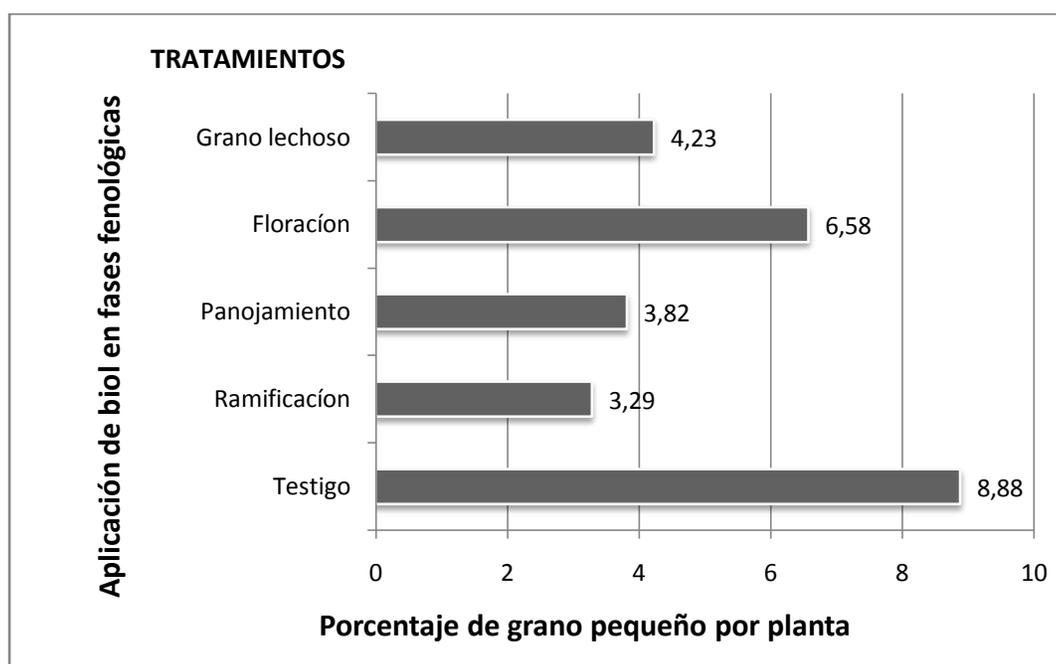


Figura 18. Porcentaje de grano pequeño por planta

En la figura 18, se observa los promedios del porcentaje de grano pequeño por planta, donde existe una diferencia numérica, esta variación podría ser debido a la temperatura y precipitación o también a la toma de muestra y no así a la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas, donde numéricamente el porcentaje de grano pequeño máximo fue de 8,8 % por planta en el testigo y la mínima fue 3,29 % por planta.

Por tanto estadísticamente el porcentaje de grano pequeño en cada tratamiento es igual, lo cual no es de mucha importancia debido a que el consumidor requiere granos grandes, pero como información del interesado es importante conocer. Donde Reigosa *et al*, (2003), señalan que semillas de tamaño pequeño abundan en la planta madre con respecto a las de tamaño grande.

6.3 Evaluación del porcentaje de saponina, aceite, almidón y proteína total

6.3.1 Porcentaje de saponina

De acuerdo al análisis de varianza del cuadro 26, en el porcentaje de saponina existe diferencia estadísticamente significativa entre bloques, lo que significa que dio el efecto al bloquear para el porcentaje de saponina, es decir, que el suelo es heterogéneo en su composición de acuerdo a la pendiente del mismo, por lo que la saponina está formado por glicósido o cadenas de monosacáridos unido a una sapogenina de naturaleza tritérpenica por enlace glucosídico (Quiroga 2010).

Pero respecto a los tratamientos no existe diferencia estadísticamente significativa en el porcentaje de saponina al aplicar biol en las fases fenológicas estudiadas, es decir que resultado fue el mismo al aplicar biol en cualquier fase fenológica. Esto debido a que el biol no tiene componentes para formar la saponina, por lo mismo no dio efecto. El coeficiente de variación fue 13,47 %, el cual indica que los datos son confiables puesto que su valor es menor al 30 %, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo sugerido por (Calzada, 1982).

Cuadro 26. Análisis de varianza del porcentaje de saponina

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	18,270	6,090	4,22	3,49	5,95	*
TRATAMIENTOS	4	13,481	3,370	2,34	3,26	5,41	NS
ERROR	12	17,310	1,442				
TOTAL	19	49,061					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo,* = significativo, CV= coeficiente de variación,

Cv =13,47 %

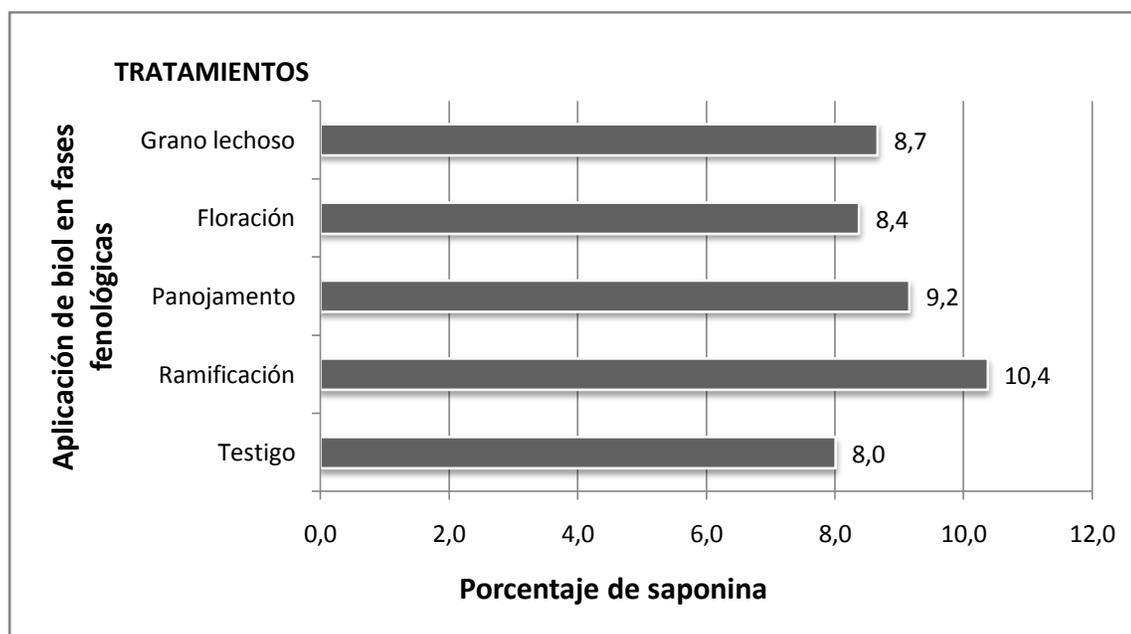


Figura 19. Porcentaje de saponina de la quinua

En la figura 19, se puede observar que en el porcentaje de saponina existe diferencia numérica que varía de 8-10,4 % de saponina de las muestras, esta diferencia se debe a la variación de temperatura y precipitación y no así a los tratamientos, pero según (Quiroga 2010), el porcentaje de saponina varía entre 0-4 % generalmente, por lo cual existe una diferencia entre lo práctico y teórico de 4% de saponina, es decir, la mitad del cien por ciento saponina, eso que tomó el mínimo porcentaje de la práctica.

6.3.2 Porcentaje de aceite

En el cuadro 27, muestra el análisis de varianza del porcentaje de aceite de quinua, donde aprecia que entre bloques no existe diferencia estadísticamente significativa al bloquear las unidades experimentales, es decir, que el porcentaje de aceite de la quinua será el mismo al bloquear, por tanto se considera que el suelo es homogéneo. Así mismo entre tratamientos resultó no significativo en el porcentaje de aceite al aplicar biol en las fases fenológicas, es decir, que la dinámica de síntesis de aceite de cada fase fenológica es homogéneo, por tanto se considera que cada fase similar en la formación de aceite.

Por otro lado el F_c ($F_{calculado}$) es menor al F_t ($F_{tabulado}$) al 5 % y 1 % de nivel significancia, por lo cual se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna con un 95 % y 99 % de confianza de los promedios de tratamientos del porcentaje de aceite lo mismo para los bloques.

El coeficiente de variación fue 6,79 %, valor menor al 30 %, por tanto se considera que los datos son confiables, el cual es permitido y aceptado para trabajos de campo (Calzada, 1982).

Cuadro 27. Análisis de varianza del porcentaje de aceite

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	4,446	1,482	0,597	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	13,117	3,279	1,321	3,26	5,41	NS
ERROR EXPERIMENTAL	12	29,784	2,482				
TOTAL	19	47,347					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo, * = significativo, CV= coeficiente de variación,

CV = 25,75 %

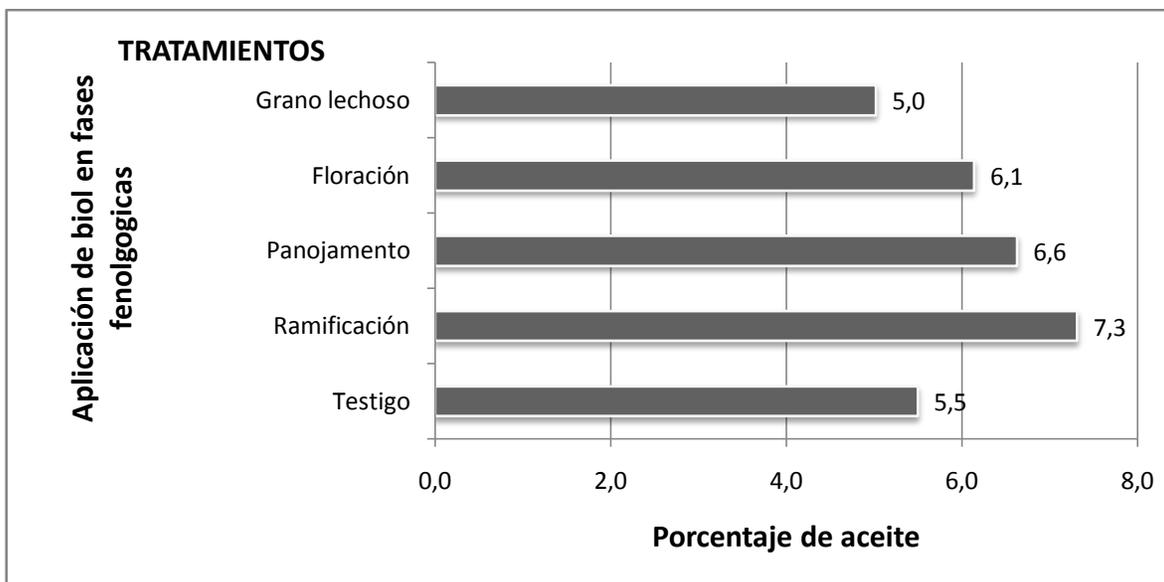


Figura 20. Porcentaje de aceite

En la figura 20, se observa una diferencia numérica en el porcentaje de aceite donde el valor máximo fue 7,3 % y un valor mínimo fue 5 % de aceite de quinua, esta variación se debe a factores de precipitación, temperatura y no así al efecto de los tratamientos ni al efecto de bloquear, por lo cual se considera que los porcentajes de aceite son iguales en respuesta a los tratamientos, Sin embargo, en otros trabajos obtuvieron 4,3- 6,1% de aceite de quinua extraído con un solvente alcano hexano (Rubio 2005).

6.3.3 Porcentaje de almidón

De acuerdo al cuadro 28, del análisis de varianza del porcentaje de almidón, se muestra entre bloques estadísticamente no significativo, es decir que la distribución de las unidades experimentales de acuerdo a la pendiente del suelo no dio efecto a causa de que el mismo es homogéneo, por lo tanto el porcentaje de almidón es igual.

En contraste entre tratamientos el porcentaje de almidón resultó estadísticamente significativo al aplicar biol en diferentes fases fenológicas, es decir que aplicar a cada fase fenológico dio efecto en el porcentaje de almidón, por lo que cada fase fenológico tiene una dinámica diferente en la formación del porcentaje de almidón.

En el cuadro 28, también se observa que el Fc (F calculado) es mayor al Ft (F tabulado) al 5% y 1% de nivel de significancia, por lo mismo se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de los promedios del porcentaje de almidón en la aplicación de biol indiferentes fases fenológicas.

El coeficiente de variación fue 5,18 %, valor menor al 30 %, por tanto se considera que los datos obtenidos en campo son confiables y es permitido y aceptado para trabajos de campo (Calzada, 1982).

Cuadro 28. Análisis de varianza del porcentaje de almidón

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	14,4487	4,81622	0,22367	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	329,356	82,3391	3,82388	3,26	5,41	*
ERROR EXPERIMENTAL	12	258,395	21,5329				
TOTAL	19	602,2					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= no Significativo, * = significativo, CV=coeficiente de variación,

CV = 5,18 %

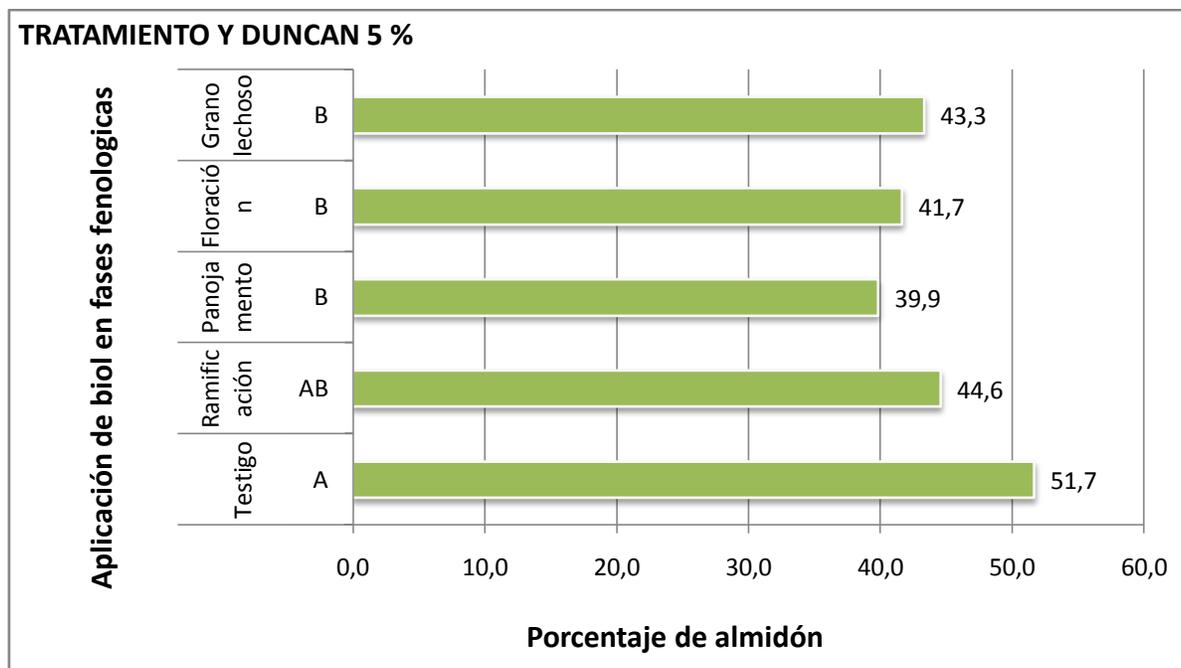


Figura 21. Prueba Duncan del porcentaje de almidón

En la figura 21, muestra la prueba Duncan al 5 % de probabilidad, donde se encontró tres grupos Duncan simbolizados con las letras A, AB y B, donde el grupo A está integrado por el testigo con un 51,7 % de almidón, el grupo AB, está integrado por la aplicación biol en la fase de ramificación con un valor de 44,6 % de almidón y el grupo B está integrado por la aplicación de biol en la fase de panojamiento, floración y grano lechoso con valores de 39,9 %, 41,7 % 43,3 % de almidón.

Donde el porcentaje de almidón máximo fue 51,7 % en el testigo y la mínima fue 39,9 % en la aplicación de biol de la fase de panojamiento, por lo cual el porcentaje de almidón disminuye en la aplicación de biol en diferentes fases frente al testigo, esto debido a que la aplicación de biol fue más utilizada para la formación de proteína que para la formación de almidón, Por lo tanto la aplicación de biol tiene efecto para disminuir el porcentaje de almidón.

Mientras en otros trabajos determinaron el porcentaje de almidón de la variedad Blanca con 30,64 %, Pasankalla roja con 26,82 %, Collana Negra con 18,9 %, Salcedo INIA con 47,39 % y Kancolla 38,46 % (Arzapalo *et al.*, 2014), También indica

que el almidón en relación amilosa/amilopectina varia de acuerdo al origen botánico, al clima y tipo de suelo, al proceso de obtención y purificación.

6.3.4 Porcentaje de proteína total del grano

En el análisis de varianza en el cuadro 29, muestra diferencia no significativa entre bloques, el cual significa que el suelo es homogéneo o no existe efecto del suelo en la variación de proteína total del grano, pero si existe diferencia significativa entre tratamientos o con la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas de la quinua, por lo que cada fase fenológica responde de diferente manera respecto al porcentaje de proteína total al aplicar biol (abono líquido orgánico).

También se puede notar que el Fc (F calculado) es mayor al Ft (F tabulado) al 5 % y es menor al 1 % de nivel de significancia, por tanto, se rechaza la hipótesis nula con un nivel de confianza de 95 % y 99 % para los promedios del porcentaje de proteína total en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas, Pero en bloques el Fc es menor al Ft al 5%y 1% de nivel de significancia, entonces se acepta la hipótesis nula, lo que significa que son iguales, como se observa en el cuadro 29.

En el coeficiente de variación (CV) resultó 5,94 %, lo que indica que los datos son confiables puesto que su valor es menor al 30 %, porcentaje considerado como límite para trabajos de campo sugerido por (Calzada, 1982).

Cuadro 29. Análisis de varianza de la proteína total

FV	GL	SC	CM	FC	FT		
					0,05	0,01	
BLOQUES	3	1,1080994	0,3694	0,61	3,49	5,95	NS
TRATAMIENTOS	4	10,726803	2,6817	4,44	3,26	5,41	*
ERROR EXPERIMENTAL	12	7,2412144	0,6034				
TOTAL	19	19,076117					

FV= Fuente de variación, GL = Grados de Libertad, SC= Suma de cuadrados, CM= Cuadro medio, FC= F Calculado, FT= F Tabulado, NS= No Significativo,* = significativo, CV=coeficiente de variacion

CV = 5,94 %

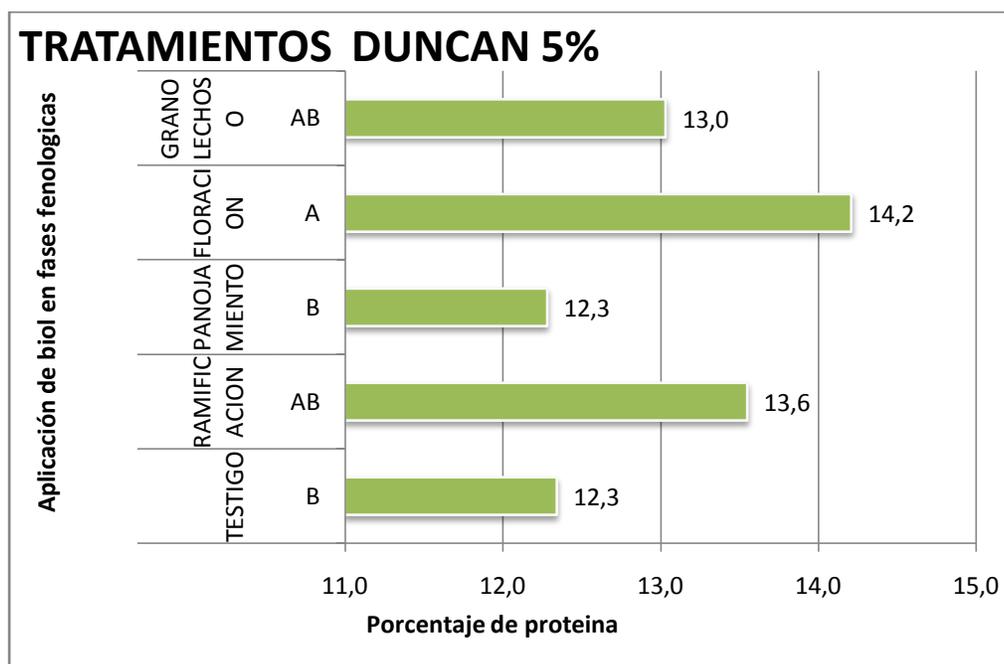


Figura 22. Prueba Duncan del porcentaje de proteína total

Dado los resultados de la significancia por el análisis de varianza de los promedios de porcentaje de proteína total en la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas, se tiene la comparación de medias por DUNCAN al 5% de probabilidad, donde se reportaron tres grupos de promedios simbolizados con las letras A, AB y B como se muestra Figura 21.

El primer grupo A, representado por la aplicación de biol en la fase de floración con 14,2 % de proteína total, el segundo grupo AB, por la aplicación de biol en la fase de ramificación y grano lechoso con un porcentaje de 13,6 % y 13 % de proteína total y el tercer grupo B fue integrado por la aplicación de biol en la fase de panojamiento con un porcentaje de 12,3 % de proteína total y en el testigo.

El porcentaje de proteína total máximo fue 14,3 % en la aplicación de biol de la fase de floración y la mínima fue de 12,3 % en la aplicación de biol en la fase de panojamiento y en el testigo, esta variación de proteínas totales se debe al aprovechamiento nutricional de las fases fenológicas que tienen un comportamiento dinámico diferente, para poder absorber nutrientes del biol aplicadas en forma foliar,

logrando atravesar la epidermis de la hoja, constituida por una morfología específica de cada fase, donde la asimilación y distribución de nutrientes en el organismo llega a variar.

Pero Russell y Wild (1992), indican que existe una elevada velocidad de absorción de nitrógeno en las fases fenológicas posteriores (grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica) debido a la demanda de este nutriente durante el llenado de los granos, También indica que esta demanda es satisfecha por la continua disposición de nitrógeno en el suelo y por la transferencia de nitrógeno desde los tallos y hojas (traslocación), lo que imposibilita un conocimiento exacto de la acumulación de nitrógeno en los diferentes órganos de la planta.

7 CONCLUSIONES

En las variables de altura de la planta, diámetro de tallo, cobertura vegetal, longitud de panoja, diámetro de panoja, número de ramas, peso de grano por planta y peso hectolitro no existen efectos significativos al aplicar biol en diferentes fases fenológicas.

En cambio en el rendimiento de quinua de Jach'a Grano por la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas si existe diferencia, donde el máximo rendimiento según Duncan fue la fase de floración seguido del grano lechoso con valores de 1624,5 kg/ha y 1620,45 kg/ha y el mínimo fue el testigo con 1436,25kg/ha, argumentado que la aplicación de biol en diferentes fases aumenta el rendimiento,

Para el número de granos por gramo fue altamente significativo, donde el número de granos por gramo de mayor cantidad fue 333 unidades/g en el testigo y el mínimo fue 264 unidades/g en la aplicación de biol de la fase de grano lechoso, deduciéndose que la aplicación de biol en diferentes fases favorece ya sea al mayor tamaño o al mayor peso de granos.

En el porcentaje de grano grande por planta, el mayor porcentaje fue al aplicar biol en la fase de grano lechoso con un promedio de 55,8 % por planta y el menor resultó en la aplicación de biol en la fase de ramificación con 10,59 %, esta diferencia demuestra que cada fase fenológica tiene un comportamiento dinámico específico para la formación del menor y mayor porcentaje de grano grande por planta.

En el porcentajes de grano mediano por planta, el mayor porcentaje fue al aplicar biol en la fase de ramificación con un promedio de 86,17 % y el menor porcentaje fue en la aplicación de biol en la fase de grano lechoso con 39,92 %, consistente la aplicación de biol a las fenológicas tiene efecto en el porcentaje de granos medianos por planta y en el porcentaje de grano pequeño por planta no fue significativo, pero cabe hacer notar que esta variable no es importante en la en la producción porque lo que el consumidor requiere granos grandes pero es necesario conocer el porcentaje.

En cambio en los porcentajes de saponina se destaca que existe diferencia significativa entre bloques, asumiendo que la distribución de las unidades experimentales de acuerdo a al pendiente del que suelo tiene efecto en la variación del porcentaje de saponina, pero no existe en los tratamientos o en la aplicación de biol en fases fenológicas.

En los porcentajes de aceite de quinua no existe diferencia estadísticamente significativa, lo que quiere decir que la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas no cambiara el porcentaje de aceite, por lo cual la aplicación de biol en fases no aporta en el aumento de aceite de quinua.

En cambio en los porcentajes de almidón existe diferencia estadísticamente significativa, por lo que se obtuvo mayor porcentaje en el testigo con 51,7 % y menor en la aplicación de biol en la fase de panojamiento con un 39,9 %, esta disminución de almidón en los tratamientos frente al testigo se debe al efecto de la aplicación de biol en fases fenológicas, entonces este tratamiento provoca disminución de almidón.

En el porcentaje de proteína total del grano resultó significativo, donde el porcentaje máximo fue al aplicar biol en la fase de floración con 14,2 % de proteína total y el mínimo porcentaje fue en la aplicación de biol en la fase de panojamiento y en el testigo con 12,3 %, señalando que el aumento de proteína total depende de la aplicación de biol en diferentes fases fenológicas.

8 SUGERENCIAS

De acuerdo a los resultados y conclusiones obtenidas del experimento se tienen las siguientes sugerencias:

- Se debe tomar mucho énfasis la aplicación de biol en la fase de floración y grano lechoso porque se obtuvo mayor rendimiento y también por lo que se resultó mayor porcentaje de grano de tamaño grande.
- Con respecto al número de granos por gramo se sugiere aplicar biol en la fase panojamiento y grano lechoso, porque se obtuvo menor número de granos por gramo, lo cual significa que los granos tiene mayor tamaño frente al testigo.
- Se debe tomar en cuenta que no es necesario biol en diferentes fases fenológicas para obtener alto porcentaje de aceite porque no dio efecto.
- Es importante tomar en cuenta que el porcentaje de almidón disminuyó al aplicar de biol en las fases fenológicas, lo cual es necesario conocer el efecto que produce este tratamiento para aquellos que requieren mayor porcentaje de almidón de quinua.
- Pero con respecto al porcentaje de proteína total se sugiere aplicar biol en la fase fenológicas que resultaron exitosos como ramificación floración y grano lechoso, Porque aumento su porcentaje en relación al testigo.
- Se sugiere realizar la aplicación de biol únicamente en la fase floración porque en otras fases todavía no tienen la capacidad de utilizar eficientemente los nutrientes del biol, esto provoca un gasto insulso, en trabajo y fertilizantes y si se evita esto bajaría el costo de producción del cultivo de la quinua.
- También se puede aplicar biol en las fases de ramificación, floración y grano lechoso en un ciclo del cultivo, si el biofertilizante que se utiliza es económico.

- Al momento de utilizar abonos orgánicos como el biol se debería hacer un análisis químico para cubrir adecuadamente las necesidades del cultivo.
- También es muy importante conocer las características fenotípicas de cada fase fenológica para evitar errores al momento de aplicar biol en diferentes fases fenológicas del cultivo.
- La frecuencia de aplicación de biol se realizó cada 7 días, sería interesante acortar esta frecuencias lo cual ayudaría a vigorizar las hojas y aumentaría el rendimiento del grano de quinua.
- El modo de aplicación de biol se hizo foliarmente en cada fase se debería comparar aplicando directamente al suelo.
- Antes de la siembra se sugiere hacer riego para que exista emergencia y homogeneidad en las plantas. Tener muestras del suelo antes y después del cultivo.
- Sugerir abrir canales de desagüe alrededor de la parcelas después de realizar la siembra y prevenir la inundación en época de lluvia, porque la variedad J'acha grano es muy susceptible a la humedad.
- Se sugiere realizar trabajos de investigación con diferentes niveles de biol en el cultivo.

9 BIBLIOGRAFÍA

- AEDES (Asociación Especializada para el Desarrollo Sostenible) 2006. Producción de quinua orgánica. 2da edición. Folleto N° 12. Arequipa. Perú. 30 p.
- ALEGRÍA B.,1998. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la quinua en 2 épocas y 2 espaciamientos de siembra en el Altiplano Central. Tesis de grado. UMSA La Paz – Bolivia.
- ALANOCA C. 2014Diversidad Morfológica. Fenológica y Calidad de Semilla de Ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Conservadas en la Comunidad Irpani. Altiplano Sur. Comisión Universitaria para el desarrollo (CUD). Universidad Mayor de San Simón. Escuela Universitaria de Posgrado. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Cochabamba-Bolivia. p 48.
- ANDERSEN S. 1983. Relación existente entre la maduración y el rendimiento de semilla de gramíneas. En: Producción Moderna de semillas. Traducida por Federico Stanham. Hemisferio Sur. Montevideo. Uruguay. 798 p.
- ARCE G.1997. Extracción de nutrientes por el cultivo de quinua. Altiplano sur de Bolivia.
- ARMAS R., ORTEGA D., RODAS. R. 1988. Fisiología Vegetal. Ed. Pueblo/Educación. La Habana. Cuba. pp.118.
- ARONI G. 1999. Producción de quinua en Bolivia. En: Primer Taller Internacional 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 versión 1.0. 2001.
- ARZAPALO D., HUAMAN K., QUISPE M., ESPINOZA C., 2014. Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) Negra Collana. Pasankalla Roja y Blanco Junín. Facultad de Ciencias aplicadas. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional del Centro del Perú. Pp 49.

- BONIFACIO A. y VARGAS A. 2005. Variedad de quinua "Kurmi". Fundación PROINPA. Ficha técnica N° 12. La Paz. Bolivia. 1-4 p.
- BONIFACIO A. 1999. Aspectos agrícolas y de mejoramiento de la quinua en Bolivia. En: Memorias; Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en base a Cultivos Andinos (Arequipa. Perú. 20-24 de julio de 1998). Mujica A., Izquierdo J., Marathee J. P., Morón C. y Jacobsen S-E. (eds.). Lima. Perú.
- BONIFACIO A. y QUINO J. 1997. Comportamiento de dos variedades de quinua con abonamiento de humus de lombriz. En informe anual proyecto Quinua 1996-1997. IBTA. La Paz Bolivia.
- CALLA J. 2012. Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de quinua orgánica. Guía técnica. Biol. Puno - 2012. Pp 28. Consultado el 11 febrero. En línea
- CALLA J. 2012. Manejo Agronómico del cultivo de la quinua. Guía técnica. Etapas fenológicas del cultivo. Perú 2012. Pp11. Consultado el 11 febrero. En línea
http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/capacitacion/seminarios/2012_09Sep_Organicos/0_Manejoquinao.pdf.
- CALLISAYA C. y ALVARADO A. 2009. Aislados Proteínicos de granos de Altoandinos *Chenopodiaceas*; Quinua *Chenopodium quinoa* - Cañahua *Chenopodium Pallidicaule* por Precipitación Isoeléctrica. Química de alimentos. Instituto de Investigaciones Química. Universidad Mayor de San Andrés Pag 14 a15.
- CALZADA J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Ed.V. Universidad Nacional Agraria. La Molina Lima Perú p 97.
- CHAMBILLA M., 2007. Evaluación agronómica y participativa del comportamiento de seis variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Tesis de Lic. Ing. Agr. en Salviani del altiplano central. La Paz- Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de agronomía. Pp 8.
- CHILÓN E. 1997. Fertilidad de suelo y nutrición de plantas. Ediciones CIDAT. La Paz. Bolivia. Pp. 33- 103.

- CHOQUE D. 2010. Aplicación de cantidades de compost elaborado a base de estiércol de llama y broza para la producción de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de Lic. Ing. Agr. en Topohoco- La Paz-Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. p 59 y 71.
- CÉSPEDES R. Y MAMANI F. 2012. Revista en imágenes. Análisis Climático. Universidad Mayor de san Andrés. Facultad de Agronomía. Estación Experimental de Choquenaira. La paz Bolivia. Pp 12 y 13.
- DANIELSEN. S. y AMES. T. 2000. El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa*Willd.) en la zona Andina. Manual Práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno. Centro Internacional de la papa. Lima. Perú. 13 Pp.
- DÍAZ A. y RAMOS D. 2004. Estrategias Productivas Integrales. según uso y costumbres campesinas indígenas y originarias. CSUTCB Quinoa. la paz-Bolivia. Pp.29.
- ESPÍNDOLA G. 1981. Centro experimental para la industrialización de la quinua. En quinto curso de Quinoa Patacamaya Prov. Los Andes IBTA MACA. La Paz – Bolivia Pp 1-12.
- ESPÍNDOLA G. 1982. Botánica y morfología de la quinua: Curso a nivel de productores. Estación Experimental de Patacamaya. IBTA. Boletín Informativo (IBTA) 135 p.
- ESPÍNDOLA G. 1994. Mejoramiento del cultivo de la quinua. In. Memorias del Seminario sobre Investigación. Producción y comercialización de la quinua. Estación Experimental de Patacamaya. La Paz. Bolivia. p.16 – 28.
- ESPINDOLA G.1995. Mejoramiento del cultivo de la quinua. In memoria del Seminario sobre investigación. Producción y comercialización de la quinua. La Paz. Bolivia. Editorial y Peric. Estación Experimental Patacamaya.
- FAUTAPO. 2008. Fertilidad. Uso y manejo de suelos en la zona Intersalar. Departamentos de: Oruro y Potosí. Oruro. Bolivia. Pág. 105
- FAO. 2002. Guía de fertilizantes y nutrición vegetal. Boletín N° 9. Roma. Pag.177.

- GOMERO O. 1999. Manejo Ecológico de Suelos. R. Perú. p 107-123.
- GANDARILLAS H. 1979. Botánica en: Cultivos Andinos. la quinua y la kañiwa. IICA. Tapia. M. ed. Bogota. Colombia pp. 20-33.
- GARCÍA C. 1991. Análisis del comportamiento hídrico de dos variedades frente a la sequía. Tesis de Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad Agronomía.
- GEERTS S. Y GARCÍA M. CUSICANQUI J., TABOADA C., MIRANDA R., YUCRA E. Y RAES D. 2008. Revisión bibliográfica de los últimos avances en el conocimiento de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). requerimiento climático, suelo y prevención de plagas y enfermedades, La paz – Bolivia 2008, Pp, 12,13 y 15,
- GRAETZ H, y OROZCO L, 1983, Suelos y Fertilización, Manual para la educación agropecuaria, Ed, Trillas, México, Pag,80,
- GTZ, IICA. INIAP. ERPES. 2001. Manual de producción de quinua de calidad. Ecuador.135 p.
- HUANCA V. 2007. Incorporación de tres especies como abono verde y su efecto en el rendimiento de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Quipaquipani - Viacha. La Paz-Bolivia. Tesis de Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. p 21.
- IBNORCA. 2007. Granos Andinos – Quinua en grano – Clasificación y requisitos NB312004. Norma Boliviana. Instituto de Normalización y calidad – IBONORCA. Julio. 2007.
- INFOAGRO. BO 2002. (en línea). Consultado 27 agosto 2014 disponible en: <http://www.infoagro.gov.bo/quinua/panorama.htm>
- JACOBSEN. S.; MUJICA. A. 1999. I Curso internacional sobre la fisiología de la resistencia a la sequía en quinua. Lima. Perú. Centro Internacional de la papa (CIP).90 Pp.
- LEÓN H.. J. M. 2003. Cultivo de la quinua en Puno – Perú; Descripción. Manejo y Producción. Ciencias Agrarias UNA - PUNO. Puno. Perú. 63 p.
- LESCANO R. 1994. Genética de Cultivos Alto andinos. Primera Edición Puno Perú.

- MACA-IBTA–JUNAG. 1988. Sistemas de producción de quinua en el Altiplano Boliviano. Edit. HEPTA La Paz – Bolivia. Pp 1 - 20.
- MAMANI F. 1994. Efecto de la densidad de siembra en cuatro variedades de qañawa (*Chepodium pallidicaule Aellen*) en el Altiplano Norte. Tesis de Grado. La Paz–Bolivia, 65 p,
- MAMANI F, 2007, Partición de biomasa y evapotranspiración del cultivo de quinua,
- MDRyT, 2013, Ministerio de desarrollo Rural y Tierras, Quinua grano de oro, La Paz- Bolivia,
- MÉNDEZ J, 2012. Análisis físico y químico de fertilizante orgánico (biol) producto por biodigestores a partir de estiércol de ganado. Memoria de residencia profesional Ingeniería en Agronomía. Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala.pp 27-30.
- MIRANDA. R. 2004. Edafología. Universidad Mayor de San Andrés – Facultad de Agronomía. La Paz. Bolivia. Pp 27-2
- MUJICA A., IZQUIERDO J., MARATHEE J. P. 2001. Origen y descripción de la quinua; Agronomía del cultivo de la quinua. En: Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.); Ancestral cultivo andino. Alimento del presente y futuro. FAO versión 1.0. 2001. Santiago. Chile.
- MUJICA A. 1997. Cultivo de quinua. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Dirección General de Investigación Agraria. Lima. Perú. 68 p.
- MUJICA A. y JACOBSEN 2004. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral Cultivo. Alimento del Presente y Futuro. Puno. Perú. Unidad de Publicaciones U.N.A. Puno.
- 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.
- MURRAY S. Y LARRY S. 2001. Estadística. Colección Schaum. Tercera Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Pp 372.
- NISHIKAWA J., MORALES A., TINEO A., HUAMÁN H., (2012). Manual nutrición y fertilización de la quinua. CARE Perú. Ed. FUNART. (en línea) Disponible

en:<http://es.scribd.com/doc/250395760/manual-de-fertilizacio-de-la-quinua-pdf#scribd>. Consultado el 24 de junio de 2015. Pp 7.

- ORSAG V. 2010. Perspectivas del manejo de suelo en el altiplano central como alternativa para mejorar su régimen hídrico, IBTEN- Facultad de Agronomía, La Paz Bolivia, Pág, 303.
- PROINPA, 2002. (Promoción e investigación de Productos Andinos). Una herencia de catálogo quinua.
- PROINPA, 2003. (Promoción e Investigación de Productos Andinos). Catálogo de Quinua.
- PROINPA, 2004. Catálogos de oferta tecnológicas, quinua variedad Jach'a Grano Bolivia, pg, 28.
- PROINPA, 2005, Variedad quinua Jach'a Grano, fertilización, 2da edición, La Paz- Bolivia, Pp 4.
- PROINPA 2011. Elaboración y uso del biol con biograd, Ficha para agricultores, La Paz Bolivia.
- QUINO Z., 2000. Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*).
- QUIROGA C., ESCALERA R., 2010. Evaluación de la calidad nutricional y morfología del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de lecho fluidizado de tipo surtidor, Centro de Investigación Agrícola y Agroindustriales Andinas – CIAAA, Centro de Investigación en Procesos Industriales – CIPI, Universidad Privada Boliviana, Pp 24.
- REIGOSA M., N PEDRAL A, SANCHEZ. 2004. La Eco fisiología Vegetal, Impreso en España, 1193 p.
- RIQUELME M., 1998. Comportamiento agronómico de 8 líneas precosas de quinua (*Chenopodium quinoa willd.*) bajo tres épocas de siembra en el Altiplano central, Tesis Lic, Ing, Agr, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia 104 p.
- REPO C., ESPINOZA, C., JACOBSEN S,E, 1999, Valor Nutricional y Usos de la quinua y la kañiwa, En: Primer taller Internacional en Quinua: Recursos

- Genéticos y sistemas de producción, Organizadores: CIP-DANIDA, UNA, UNALM, CIP y UNAP (10-14 de mayo de 1999), La Molina, Lima, Perú.
- RITVA R., 1988, Cultivos andinos, Importancia nutricional y posibilidades de procesamiento, Taller grafico Bartolomé de las Casas Cusco Perú1 P, 110.
- ROBLES R.,1991. Genética Elemental y Fitomejoramiento Práctico, Impreso en México, P 263-273.
- RODRIGUEZ J., 2005. El papel del tamaño de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd,) en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente a diferentes profundidades de siembra, Tesis de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia, 109 p.
- ROJAS W., 1998, Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd,) de Bolivia, mediante métodos multivariados, Tesis MSc, Escuela de Graduados, Facultad de ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, 209 p.
- ROJAS W., 2004, Germoplasma nativo, Consultado de apuntes de clases de germoplasma nativo gestión II/2003.
- RUSSELL E, y WILD A., 1992, Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell, Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España.
- RUBIO Y., 2005. Extracción de aceite de quinua (*Chenopodium quinoa willd,*) y su caracterización de dos eco tipos provenientes del secano costero de la región VI de Chile, Universidad de Chile Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas y Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnologías Química Laboratorio de procesos de Alimento Laboratorio de Análisis de Alimentos y Materias Grasas Fundación para la Innovación Agraria, Pp 26.
- SOTO J., HARTWICH F., MONGE M., AMPUERO L, 2006, Innovación en el Cultivo de Quinua en Bolivia: Efectos de la Interacción Social y de las Capacidades de Absorción de los Pequeños Productores, Bolivia, 74 p.

- TAPIA M, y FRIES A. M., 2007, Guía de Campo de los Cultivos Andinos: Agronomía de los Cultivos Andinos; Granos Andinos, FAO y Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú, Lima, Perú, 222 p.
- TAPIA M., y GANDARILLAS H.,1979 La quinua y la kañiwa, Cultivos Andinos, editorial IICA, Bogotá Colombia, Pag,21 a 28.
- VILLARROEL A G., 1988. Manual práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio edición y Agruco, Casilla 1836 Cochabamba Bolivia Pp, 4-32.
- YZARRA W., *et al.* 2010. Manual de observaciones fenológicas, SENAMHI, fase fenológica de la quinua, La Paz- Bolivia, pag, 27.
- ZUAZO F., 2013. Evaluación de la actividad microbiana y la mineralización de nitrógeno en macetas bajo diferentes niveles de abono orgánico y régimen de humedad en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), Tesis de grado (licenciatura de ingeniería agronómica) La Paz Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Viacha- La Paz, Pag, 41.

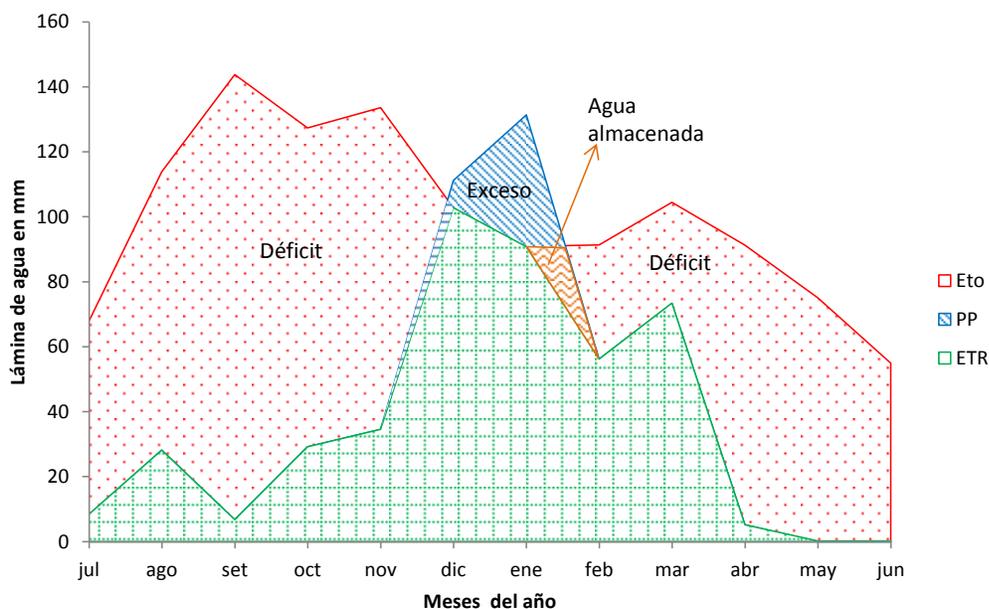
ANEXOS

Anexo1. Porcentaje de germinación de quinua Jach'a Grano

% de germinación	Tiempo (hr)	% de emergencia	Tiempo(días)
93	24	35	7
95	48		

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Balance hídrico de la Estación Experimental Choquenaira



Anexo3. Diseño agronómico de riego para parcela de experimentación

Ciclo=166 días	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
VIB (mm/ hr)	5					
Pe(mm/días)	0,53	2,31	2,78	1,03	1,43	0,24
Zn (mm)	11,78					
Eto (mm/día)	4,451	3,32	2,93	3,26	3,37	2,97
kc	0,7	0,75	0,85	1	0,7	0,4
Etc (mm/día)	3,12	2,49	2,49	3,26	2,36	1,19
F (días)	2,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tr (hras)	1,5					
Qu (L/s)	0,44					

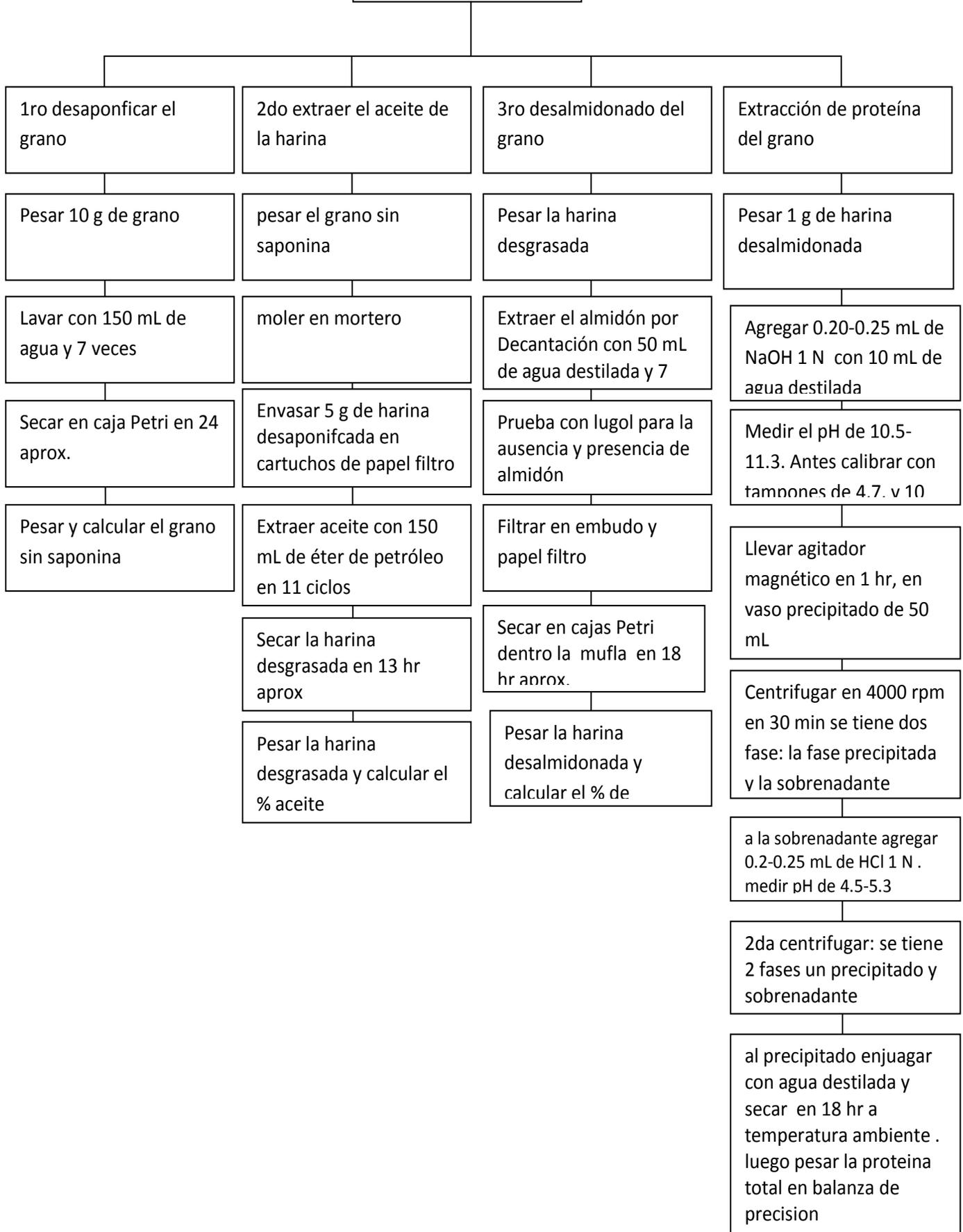
Donde:

VIB = Velocidad de infiltración básica
Pe = Precipitación efectiva
Eto = Evapotranspiración referencial

Etc = Evapotranspiración del cultivo
F = Frecuencia de riego
Tr = tiempo de riego
Qu = caudal

Anexo4

PROCEDIMIENTO DE LA
EXTRACCIÓN DE
PROTEÍNA TOTAL DE LA
QUINUA



Anexo 5. Número de ciclos para la extracción aceite

nº de ciclos	tiempo	color
1er ciclo	12min	de amarillo
2do ciclo	9 min	cambia y se estandariza en 13 ciclos
3er ciclo	8min	
4to ciclo	8min	
5to ciclo	8min	
6to ciclo	8 min	
7mo ciclo	8 min	
8vo ciclo	8 min	
9 no ciclo	8 min	
10 ciclo	8min	
11 min	8 min	
12 min	8 min	
13 min	8 min	a transparente

Anexo 6.pH de extracción, solubilización y precipitación de los tratamientos y testig, Donde: B 1= primer bloque To=testigo, T1= tratamiento,NaOH=hidróxido de sodio, HCl= acido clorhídrico, pHi=pHinicial.

pH con	T0 B1 (1)	TOB1 (2)	TOB1 (3)
pHi= 12,3	9,75	9,8	9,98
pH = NaOH(1N)	11,06	11,65	11,11
pH = agitado	9,52	10,52	9,88
pH=centrifugado	9,6	10,31	9,7
pH= HCl (1N)	4,82	4,81	4,84

pH con	T0 B2 (1)	TOB2 (2)	TOB2 (3)
pHi= 12,3	9,56	7,92	7,22
pH = NaOH(1N)	11,24	11,16	11,36
pH = agitado	10,94	10,95	10,11
pH=centrifugado	9,87	9,23	9,9
pH= HCl (1N)	4,39	4,69	4,99

pH con	T0B3 (1)	T0B3 (2)	T0B3 (3)
pHi= 12,3	9,1	7,24	8,21
pH c= NaOH(1N)	11,2	11,1	11,05
pH = agitado	10,95	10,96	10,94
pH=centrifugado	9,98	9,97	9,92
pHc= HCl (1N)	4,4	4,6	4,9

pH con	T1 B1 (1)	T1B1 (2)	T1B1 (3)
pHi= 12,3	7,75	6,77	7,24
pH = NaOH(1N)	10,55	10,77	10,51
pH = agitado	10,45	10,65	10,44
pH=centrifugado	9,87	9,8	9,89
ph= HCl (1N)	4,57	4,96	4,96

pH con	T1 B2 (1)	T1B2 (2)	T1B2 (3)
pHi= 12,3	9,28	8,69	9,31
pH = NaOH(1N)	10,53	10,66	10,61
pH = agitado	10,49	10,61	10,56
pH=centrifugado	9,86	10,13	10,03
pH= HCl (1N)	4,7	5,13	4,59

pH	T1B3 (1)	T1B3 (2)	T1B3 (3)
pHi= 12,3	9,28	9,27	9,31
pH = NaOH(1N)	10,53	10,66	10,61
pH = agitado	10,5	10,61	10,59
pH=centrifugado	9,18	9,84	10,18
pH= HCl (1N)	4,89	4,5	4,93

pH con	T1B3 (1)	T1B3 (2)	T1B3 (3)
pH= 12,3	9,28	9,27	9,31
pH = NaOH(1N)	10,53	10,66	10,61
pH = agitado	10,5	10,61	10,59
pH=centrifugado	9,18	9,84	10,18
pH= HCl (1N)	4,89	4,5	4,93

pH con	T2B2 (1)	T2B2(2)	T2B2 (3)
pH= 12,3	7,42	6,95	6,53
pH = NaOH(1N)	10,75	11,02	10,69
pH = agitado	10,71	10,6	10,2
pH=centrifugado	8,76	9,06	8,09
pH= HCl (1N)	4,68	4,92	4,88

pH con	T2B3 (1)	T2B3(2)	T2B3 (3)
pHi = 12,3	7,02	7,47	6,49
pH = NaOH(1N)	10,52	10,6	10,6
pH = agitado	10,49	10,2	10,1
pH=centrifugado	7,9	8,36	7,34
pH= HCl (1N)	4,54	4,95	5,03

pH con	T3B1 (1)	T3B1 (2)	T3B1 (3)
pHi= 12,3	7,17	7,04	7,18
pH = NaOH(1N)	10,63	10,84	10,67
pH = agitado	10,1	10,3	10,2
pH=centrifugado	8,68	9,39	8,73
pH= HCl (1N)	4,96	4,92	4,88

pH con	F3B2 (1)	F3B2 (2)	F3B2 (3)
pHi= 12,3	6,54	8,65	7,98
pH = NaOH(1N)	10,79	10,88	10,79
pH = agitado	10,1	10,2	10
pH=centrifugado	8,2	7,47	9
pH= HCl (1N)	4,61	4,96	4,74

pH con	T3B3(1)	T3B3 (2)	T3B3 (3)
pHi= 12,3	8,63	8,61	6,447
pH = NaOH(1N)	10,67	10,93	10,97
pH = agitado	10,1	10,3	10,4
pH=centrifugado	6,88	7,75	9,04
pH= HCl (1N)	4,9	5,18	5,12

pH con	T4B1 (1)	T4B1 (2)	T4B1 (3)
pHi= 12,3	5,74	7,2	6,93
pH = NaOH(1N)	10,92	10,99	11,23
pH = agitado	10,2	10,3	10,7
pH=centrifugado	10,09	10,75	10,2
pH= HCl (1N)	5,09	4,89	5,05

pH con	T4B2 (1)	T4B2 (2)	T4B2 (3)
pHi= 12,3	7,38	7	7,5
pH = NaOH(1N)	10,6	10,54	10,87
pH = agitado	10,3	10,3	10,5
pH=centrifugado	7,21	6,95	6,4
pH= HCl (1N)	4,85	4,84	4,84

pH con	T4B3 (1)	T4B3 (2)	T4B3 (3)
pHi= 12,3	7	7,34	7,1
pH = NaOH(1N)	10,98	10,95	10,98
pH = agitado	10,7	10,8	10,6
pH=centrifugado	7,63	7,65	8,38
pH= HCl (1N)	4,84	4,95	4,84

Anexo 7. Datos promediados de la altura de planta (cm)

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	65,34	88,8	94,9	103,5	100,4
B2	92,04	102,1	96,5	102	90,8
B3	103,48	88,9	84,7	100,7	91,6
B4	86	82,4	96,9	88,2	93
SUMATORIA	346,86	362,2	373	394,4	375,8
PROMEDIOS	86,715	90,55	93,25	98,6	93,95

Anexo 8. Datos promediados del Diámetro de planta (cm)

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	1,14	1,34	1,64	1,58	1,62
B2	1,32	1,58	1,56	1,56	1,46
B3	1,7	1,46	1,32	1,52	1,7
B4	1,22	1,22	1,62	1,46	1,45
SUMATORIA	5,38	5,6	6,14	6,12	6,23
PROMEDIO	1,345	1,4	1,535	1,53	1,5575

Anexo 9. Datos promediados de la cobertura vegetal cm²

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	454	474,7	984	400,6	716
B2	312,2	652	397	337,4	246,4
B3	373,8	237,6	156,6	296,6	257
B4	172,5	110,9	389,2	204,6	227
SUMATORIA	1312,5	1475,2	1926,8	1239,2	1446,4
PROMEDIO	328,13	368,8	481,7	309,8	361,6

Anexo 10. Datos promediados de la longitud de panoja (cm)

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	17,94	18,12	21,3	25,1	28,62
B2	22,24	27,1	21,54	27,1	26,1
B3	26,4	21,4	19	26,6	25,1
B4	17,5	18,2	21,5	20,8	18,5
SUMATORIA	84,08	84,82	83,34	99,6	98,32
PROMEDIO	21,02	21,205	20,835	24,9	24,58

Anexo 11. Datos promediados del número de ramas

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	16,4	21	23,2	20,4	16,4
B2	16,4	20,4	24,6	14,4	10,4
B3	24,2	19,4	13,6	13,2	15,8
B4	13,6	12,4	16,4	9,2	8
SUMATORIA	70,6	73,2	77,8	57,2	50,6
PROMEDIO	17,65	18,3	19,45	14,3	12,65

Anexo 12. Datos promediados del diámetro de panoja (cm)

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	9,2	8,9	9,2	6,4	8,9
B2	7,06	9,6	6,2	6,4	7,1
B3	7,2	5,6	4,5	5,9	5,2
B4	5,04	4,48	8	5,1	6,3
SUMATORIA	28,5	28,58	27,9	23,8	27,5
PROMEDIOS	7,125	7,145	6,975	5,95	6,875

Anexo 13. Datos promediados del Peso de grano por planta

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	30	30,6218	25,2266	13,1834	51,8694
B2	26,6295	35,5	33,4738	30,5598	25,5232
B3	20,481	38,21875	31,159	25,77333 3	32,837
B4	11,109	35,4425	20,80175	22,2724	19,49425
SUMATORIA	88,2195	139,78305	110,6611 5	91,78893 3	129,7238 5
PROMEDIO	22,05487 5	34,945762 5	27,66528 8	22,94723 3	32,43096 3

Anexo 14. Datos promediados del peso hectolitrico(kg/100 L)

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	61,7035	57,642	63,265	60,7064	64,476
B2	58,949333 3	63,3585	58,3705	59,584	59,962
B3	48,791457 5	63,745	61,352	62,797	60,79333 3
B4	62,1825	63,423333 3	60,737	63,2048	59,4915
SUMATORIA	231,62679 1	248,16883 3	243,7245	246,292 2	244,7228 3
PROMEDIO	57,906697 7	62,042208 3	60,93112 5	61,5730 5	61,18070 8

Anexo 15. Datos promediados del número de granos por gramo

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	327,6	287,4	252,8	310,6	259,4
B2	352,2	292,2	284,2	315,2	258
B3	307,2	309,8	266,4	289,6	274,8
B4	345,4	283	287,2	321,2	263
SUMATORIA	1332,4	1172,4	1090,6	1236,6	1055,2
PROMEDIOS	333,1	293,1	272,65	309,15	263,8

Anexo 16. Datos promediados del Rendimiento (kg/ha)

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	1462,2	1438	1471	1628,4	1706,2
B2	1450,8	1498,8	1467,8	1614,6	1642,8
B3	1421,6	1440,4	1474,4	1594,4	1576,8
B4	1410,4	1561,2	1529,2	1660,6	1556
SUMATORIA	5745	5938,4	5942,4	6498	6481,8
PROMEDIOS	1436,25	1484,6	1485,6	1624,5	1620,45

Anexo 17. Datos promediados del porcentaje de saponina

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	7,0	9,1	7,7	9,2	10,6
B2	7,1	9,5	7,1	5,9	7,7
B3	8,3	11,5	10,9	9,2	8,2
B4	9,6	11,5	10,9	9,2	8,2
SUMATORIA	32,0	41,5	36,6	33,5	34,6
PROMEDIOS	8,0	10,4	9,2	8,4	8,7

Anexo 18. Datos promediados del porcentaje de aceite

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	4,90	10,00	8,63	5,37	3,20
B2	6,57	8,33	4,77	6,73	7,23
B3	5,90	5,47	6,57	6,23	4,83
B4	4,63	5,47	6,57	6,23	4,83
SUMATORIA	22,00	29,27	26,53	24,57	20,10
PROMEDIOS	5,50	7,32	6,63	6,14	5,03

Anexo 19. Datos promediados del porcentaje de almidón

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	51,0	44,9	46,0	31,3	46,8
B2	51,8	50,5	37,3	47,1	41,6
B3	52,0	41,5	38,1	44,1	42,5
B4	52,0	41,5	38,1	44,1	42,5
SUMATORIA	206,8	178,3	159,5	166,7	173,3
PROMEDIOS	51,7	44,6	39,9	41,7	43,3

Anexo 20. Datos promediados del porcentaje de proteína

	T0	T1	T2	T3	T4
B1	11,7	13,8	12,1	13,5	14,3
B2	13,2	14,1	12,5	13,6	13,5
B3	11,8	13,5	12,6	14,8	12,8
B4	12,6	12,8	11,8	14,9	11,6
SUMATORIA	49,4	54,2	49,1	56,9	52,1
PROMEDIOS	12,3	13,6	12,3	14,2	13,0

Anexo 21. Análisis del agua



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO DE PROCESOS QUÍMICOS
IIDEPROQ



N° IIDEPROQ INT. 004/2014

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente	PROYECTO BIODIGESTORES
Responsable de Análisis.	Claudia Daniela Albis Zamora AUX. DE INVESTIGACIÓN IIDEPROQ
Revisión	Ing. Edith Gabriela Guisbert Lizarazu DOCENTE INVESTIGADORA IIDEPROQ
Atención	Choquenaira
Fecha de muestreo	Realizado por el IIDEPROQ
Fecha de emisión de Informe	12 de mayo de 2014

RESULTADOS

Muestra	3 Muestras de aguas
---------	---------------------

Parámetro	Pozo 1	Pozo 2	Pozo 3	Método de análisis
Sólidos Totales [mg/l]	295,40	282,38	1604,17	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Volátiles [mg/l]	110,18	80,58	33439,5	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos Suspendidos Totales [mg/l]	7	0	0,3	NMX-AA-034-SCFI-2001
Sólidos disueltos [mg/l]	152	100	272	NMX-AA-034-SCFI-2001
pH	7,61	7,7	7,14	pHmetro THERMO SCIENTIFIC ORION 3 STAR
Cloruros [mg/l]	0,0089	0	0,319	NMX-AA-073-SCFI-2001
Sodio [mg/l]	1,652	0,272	0,890	ICP
Conductividad Eléctrica [µS]	353	3,19	19,52	Conductímetro HANNA HI 991300
Dureza [mg/l]	0,26	0,3	2,3	NMX-AA-072-SCFI-2001
Hierro [mg/l]	0,08	0,05	0,04	Colorimetría HACH Method 8008



Dr. Ing. René Álvarez Apaza
DIRECTOR a.i. IIDEPROQ

Calle 30 de Cota Cota
Campus Universitario
Edificio IIDEPROQ

Fono: 2774412
www.iideproq.umsa.bo

Fax: 591-02-774412
Email: iideproq@umsa.bo



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO DE PROCESOS QUÍMICOS
IIDEPROQ



Nitrogeno [mg/l]	2,2	1,5	9,6	Colorimetría HACH Method 10071
Coliformes Totales [mg/l]	17	>100	22	NMX-AA-42-1987
Potasio [mg/l]	8,235	7,111	0,918	ICP
Sulfatos [mg/l]	36,5	44	400	Colorimetría HACH Method 8051
DBO [mg/l]	2,58	1,36	1,65	NMX-AA-028-SCFI- 2001
DQO [mg/l]	458	179	384	Colorimetría HACH Method 8000
Fosforo [mg/l]	0	0,3	0	Colorimetría HACH Method 10127

Observaciones: Ninguna


Dr. Ing. René Álvarez Apaza
DIRECTOR DE IIDEPROQ



Calle 30 de Cota Cota
Campus Universitario
Edificio IIDEPROQ

Fono: 2774412
www.iideproq.umsa.bo

Fax: 591-02-774412
Email: iideproq@umsa.bo

Anexo 2. Análisis de biol



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO DE PROCESOS QUÍMICOS
IIDEPROQ



N° IIDEPROQ 004-2014

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente	PROYECTO BIODIGESTORES (Lourdes)
Responsable de Análisis.	Claudia Daniela Albis Zamora AUX. DE INVESTIGACIÓN IIDEPROQ
Revisión	Ing. Edith Gabriela Guisbert Lizarazu DOCENTE INVESTIGADORA IIDEPROQ
Atención	Proyecto: <i>Proyecto Biodigestores</i>
Fecha de emisión de informe	15 de septiembre de 2013

RESULTADOS

Muestra	1 Muestra de Biol
---------	-------------------

Parámetro	PISCINA	Método de análisis
pH	7,13-7,37	pHmetro THERMO SCIENTIFIC ORION 3 STAR
Nitrógeno [mg/l]	215	NMX-AA-24-1984
Fosforo [mg/l]	50	Colorimetría HACH Method 10127
Potasio [mg/l]	956	Espectrofotometría de Llama
Sólidos Totales [%]	1.59	NMX-AA-034-SCFI- 2001APHA
Sólidos Volátiles [%]	61,04	NMX-AA-034-SCFI- 2001

Observaciones: Ninguna


Dr. Ing. René Álvarez Apazo
DIRECTOR IIDEPROQ



Calle 30 de Cota Cota
Campus Universitario
Edificio IIDEPROQ

Fono: 2774412
www.iideproq.umsa.bo

Fax: 591-02-774412
Email: iideproq@umsa.bo

Anexo 23, Cálculos realizados para la experimentación

Calculo de nitrógeno del biol aplicado en el cultivo quinua

1L biol → 215 mg Nitrógeno

15 L biol → x = 3225,0 mg= 0,0032 kg Nitrógeno

X= 0,0032 kg Nitrógeno/40 m² * 4 aplicaciones en cada fase

X = 0,00032 kg Nitrógeno/m²

1m² → 0,00032 kg Nitrógeno

10000 m² → x= 3,2 kg Nitrógeno/ha

Requerimiento nutricional del cultivo es 80 kg/ 10000 m²

80 kg Nitrógeno → 100%

3,2 kg Nitrógeno → x = 4,0 % Nitrógeno

Calculo del peso de capa arable (PCA) de la parcela experimental

PCA = Área * Profundidad * Densidad Aparente

PCA = 10000 m²/ha * 0,3 m * 1190 kg/m³

PCA = 3570000 kg/ ha

Calculo del nitrógeno total del suelo

1kg suelo → 0,0014 kg nitrógeno

3570000 kg → x = 4998 kg nitrógeno/ha