

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa*
Willd.) CON APLICACIÓN LOCALIZADA CON DIFERENTES NIVELES DE
ESTIÉRCOL SEMI-DESCOMPUESTO**

ANA CINTHIA MONICA MEDRANO POMA

La Paz – Bolivia

2018

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

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa*
Willd.) CON APLICACIÓN LOCALIZADA CON DIFERENTES NIVELES DE
ESTIÉRCOL SEMI-DESCOMPUESTO.**

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

ANA CINTHIA MONICA MEDRANO POMA

Asesores:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Revisores

Ing. Ph. D. Roberto Miranda Casas

Ing. Eduardo Bernabé Chilon Camacho

Ing. M.Sc. Hugo Bosque Sánchez

Aprobado

Presidente tribunal Examinador

La Paz – Bolivia

2018

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios padre eterno por brindarme sabiduría y las fuerzas para seguir adelante por acompañarme en los momentos más difíciles de mi vida. A mi querida Madre Secundina Poma que en paz descanse y que siempre la llevare en mi corazón. A mi abuelita Flora Poma por todo el apoyo que siempre me ha brindado.

*Todo lo puedo en Cristo que me fortalece.
Filipenses 4. 13*

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios, por acompañarme en todo momento, por permitirme llegar a esta etapa de mi vida, haber guiado mis pasos siempre y bendecirme con una linda familia en la cual apoyarme.

A la Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) a todo el personal de Kiphakiphani (centro de investigación experimental) por permitirme que realice el presente trabajo de investigación y ofrecerme su apoyo.

A mi asesor Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores por su asesoramiento, paciencia y apoyo durante la realización del presente trabajo de investigación, por ser una gran persona y un profesional digno de admirar.

Agradezco a Ing. Ph. D. Roberto Miranda Casas, Ing. Eduardo Bernabé Chilon Camacho e Ing. M.Sc. Hugo Bosque Sánchez, miembros del tribunal revisor, por su valioso aporte y acertadas sugerencias para la presente investigación.

A toda mi familia Poma por su apoyo brindado desde colegio hasta este momento, en especial a mi Madrina Carmen Beatriz Poma Mamani por ser como mi Madre que siempre está a mi lado brindándome su apoyo en todo momento por no dejarme sola en los momentos difíciles.

A mis dos queridas amigas por ser como mis hermanas Leyddy Aliaga y Gabriela Sirpa darle las gracias a Dios por haberlas conocido y ser como las hermanas que no tuve.

A mis queridos amigos (as): Pablo Daniel Quino, Gabriela Verónica Alcon, Miguel Ángel Peñafiel, Ximena Mónica Onofre, Eliana Chuquimia, Lourdes Vargas, Lily Alanoca y a todos los que me apoyaron en todo momento, muchas gracias.

Finalmente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, por ser el lugar donde conocí buenos compañeros, forme amistades buenas, pase momentos buenos y malos; a todo el plantel docente y administrativo.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	I
ÍNDICE DE CUADROS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT	X

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Características de la quinua.....	4
3.1.1. Origen de la quinua	4
3.1.2. Importancia del cultivo de la quinua.....	4
3.1.3. Producción de la quinua	5
3.1.3.1. Producción a nivel mundial	5
3.1.3.2. Producción a nivel nacional.....	6
3.1.4. Taxonomía	7
3.1.5. Descripción botánica del cultivo.....	7
3.1.6. Características fenológicas.....	9
3.1.7. Requerimiento edafoclimaticos	10
3.1.8. Requerimiento de NPK	12
3.1.9. Prácticas de campo	12
3.1.9.1. Preparación de terreno.....	12
3.1.9.2. Siembra.....	12
3.1.9.3. Densidad de siembra	13
3.1.9.4. Profundidad de siembra	13
3.1.9.5. Plagas del cultivo de quinua.....	13
3.1.9.6. Enfermedades del cultivo de quinua.....	15
3.1.9.7. Cosecha y post cosecha	16

3.1.9.8.	Secado.....	16
3.1.9.9.	Trillado	16
3.1.9.10.	Cernido y venteado	17
3.1.9.11.	Almacenado	17
3.1.10.	Rendimiento de grano	17
3.1.10.1.	Índice de cosecha	18
3.1.11.	Calidad de grano.....	18
3.1.12.	Germinación.....	18
3.1.13.	Propiedades nutricionales de la quinua.....	19
3.2.	Características de los abonos orgánicos.....	21
3.2.1.	Importancia del estiércol.....	21
3.2.2.	Características del estiércol.....	22
3.3.	Compost.....	23
3.3.1.	Factores que intervienen en el proceso de compostaje	24
3.3.2.	Fases del compostaje.....	25
3.3.3.	Ventajas de abono tipo compost.....	26
3.4.	Activadores biológicos.....	27
3.4.1.	Tipos de activadores biológicos	28
3.5.	Costos de producción.....	28
4.	LOCALIZACIÓN	29
4.1.	Ubicación geográfica.....	30
4.2.	Descripción de la zona	30
4.2.1.	Clima	30
4.2.2.	Fisiografía.....	30
4.2.3.	Suelo	31
4.2.4.	Vegetación	31
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
5.1.	Materiales	32
5.1.1.	Material biológico.....	32
5.1.2.	Material de campo	32
5.1.3.	Material de laboratorio	32
5.1.4.	Material de gabinete	32
5.2.	Metodología	33
5.2.1.	Procedimiento experimental	33
5.2.1.1.	Diseño experimental	33

5.2.1.2.	Modelo estadístico	33
5.2.1.3.	Tratamientos	33
5.2.1.4.	Croquis experimental	34
5.2.2.	Procedimiento en campo	35
5.2.2.1.	Preparación del terreno.....	35
5.2.2.2.	Muestreo de suelo.....	35
5.2.2.2.1.	Textura del suelo de la parcela experimental.....	36
5.2.2.2.2.	Contenido de nutrientes NPK en el suelo del sitio experimental antes de la siembra y después de la cosecha	37
5.2.2.3.	Siembra.....	39
5.2.2.4.	Marbeteado de plantas.....	40
5.2.2.5.	Elaboración del estiércol semi-descompuesto.....	40
5.2.2.6.	Muestreo del estiércol semi-descompuesto.....	41
5.2.2.6.1.	Nutrientes NPK en el estiércol semi-descompuesto.....	42
5.2.2.7.	Labores culturales.....	42
5.2.2.8.	Cosecha.....	43
5.2.2.9.	Secado.....	43
5.2.2.10.	Trilla	44
5.2.2.11.	Venteados y limpieza de grano	44
5.2.2.12.	Almacenamiento	44
5.3.	Variables agronómicas.....	44
5.3.1.	Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de quinua frente a diferentes dosis de estiércol semi-descompuesto	44
5.3.1.1.	Altura de planta (cm).....	44
5.3.1.2.	Diámetro de panoja (cm).....	45
5.3.1.3.	Longitud de panoja (cm).....	45
5.3.1.4.	Profundidad y amplitud de raíz (cm).....	45
5.3.2.	Evaluación de la severidad del mildiu	45
5.3.2.1.	Severidad del mildiu (%)	45
5.3.3.	Evaluación del rendimiento de grano del cultivo de quinua.....	46
5.3.3.1.	Índice de cosecha (kg/kg)	46
5.3.3.2.	Rendimiento de grano (kg/ha).....	46
5.3.4.	Determinación de las características del cultivo de quinua la calidad de grano según calibre y la viabilidad de semilla clasificada según calibre	46
5.3.4.1.	Categorización de grano por tamaño (%).....	46

5.3.4.2.	Viabilidad de semilla (%)	47
5.3.5.	Evaluación del costo preliminar del cultivo de quinua	47
5.3.5.1.	Ingreso Bruto (Bs)	47
5.3.5.2.	Ingreso Neto (Bs)	48
5.3.5.3.	Beneficio / Costo (Bs/Bs)	48
6.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
6.1.	Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de la quinua frente a diferentes dosis de estiércol semi-descompuesto.	49
6.1.1.	Altura de planta	49
6.1.2.	Diámetro de panoja	52
6.1.3.	Longitud de panoja	54
6.1.4.	Profundidad de raíz	57
6.1.5.	Amplitud de raíz.....	58
6.2.	Evaluación de la severidad del mildiu.....	60
6.2.1.	Severidad del mildiu	60
6.3.	Evaluación del rendimiento de grano del cultivo de la quinua.....	62
6.3.1.	Índice de cosecha.....	62
6.3.2.	Rendimiento de grano	63
6.4.	Efecto de los niveles de estiércol semi-descompuesto frente a la calidad de grano según calibre y la viabilidad de semilla clasificada	65
6.4.1.	Categorización de grano por tamaño	65
6.4.1.1.	Tamaño de grano grande.....	65
6.4.1.2.	Tamaño de grano mediano	67
6.4.2.	Viabilidad de la semilla	68
6.4.2.1.	Viabilidad de semilla de grano tamaño grande.....	68
6.4.2.2.	Viabilidad de semilla de grano tamaño mediano	70
6.5.	Evaluación de los costos preliminares de la producción de quinua	72
6.5.1.	Ingreso Bruto	72
6.5.2.	Ingreso neto.....	73
6.5.3.	Relación Beneficio/Costo.....	74
7.	CONCLUSIONES	75
8.	RECOMENDACIONES.....	77
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	78

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de la quinua	7
Cuadro 2. Plagas de la quinua	14
Cuadro 3. Enfermedades de la quinua.....	15
Cuadro 4. Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos (%).....	19
Cuadro 5. Contenido de vitaminas en el grano de quinua (mg/100g de materia seca).....	20
Cuadro 6. Cantidades promedio de contenido de nutrientes de distintas especies.	22
Cuadro 7. Análisis químico del estiércol de llama y ovino.	23
Cuadro 8. Descripción de los tratamientos.....	33
Cuadro 9. Lecturas del proceso de análisis textural por el método hidrómetro de Bouyoucos. .	36
Cuadro 10. Cálculos de porcentaje de arena, limo y arcilla.....	36
Cuadro 11. Contenido de nutrientes primarios (NPK) y pH antes de la siembra.	37
Cuadro 12. Contenido de nutrientes primarios (NPK) en el suelo por tratamiento, después de la cosecha.	38
Cuadro 13. Contenido de nutrientes primarios (NPK), materia orgánica y pH en el estiércol semi-descompuesto.	42
Cuadro 14. Análisis de varianza para altura de planta a la madurez.....	50
Cuadro 15. Análisis de varianza de diámetro de panoja a la madurez.	53
Cuadro 16. Análisis de varianza para longitud de panoja.....	55
Cuadro 17. Análisis de varianza para profundidad de raíz.	57
Cuadro 18. Análisis de varianza para la amplitud de raíz.....	59
Cuadro 19. Análisis de varianza para severidad de mildiu.	60
Cuadro 20. Análisis de varianza de índice de cosecha.	62
Cuadro 21. Análisis de varianza para rendimiento de grano de la parcela útil.	64
Cuadro 22. Análisis de varianza para tamaño de grano grande.....	65
Cuadro 23. Análisis de varianza de tamaño de grano mediano.	67
Cuadro 24. Análisis de varianza para viabilidad de semilla de tamaño grande a las 16 horas de prueba.	69
Cuadro 25. Análisis de varianza para viabilidad de semilla de tamaño mediano a las 16 horas de prueba.	70
Cuadro 26. Ingreso Bruto para 1 hectárea del cultivo de quinua.....	72
Cuadro 27. Ingreso neto para 1 hectárea del cultivo de quinua.	73
Cuadro 28. Relación Beneficio/Costo para 1 hectárea del cultivo de quinua.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas de producción de quinua en Bolivia (Rojas et al., 2015).....	6
Figura 2. Fases fenológicas de la quinua (SEPHU 2010).	10
Figura 3. Mapa de ubicación geográfica.	29
Figura 4. Ubicación de la parcela experimental.....	30
Figura 5. Croquis experimental.	34
Figura 6. Triangulo textural (Agrobanco, 2012).	37
Figura 7. Escala de evaluación para la severidad del mildiu de la quinua (Danielsen y Ames, 2002).	46
Figura 8. Curva de crecimiento durante el desarrollo de la planta.....	49
Figura 9. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta a la madurez.	51
Figura 10. Diámetro de panoja en función del tiempo para los cinco tratamientos.	52
Figura 11. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja.....	53
Figura 12. Longitud de panoja en función del tiempo para los cinco tratamientos.....	54
Figura 13. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja.	56
Figura 14. Prueba de Tukey al 5% para profundidad de raíz.	58
Figura 15. Prueba de Tukey al 5% para amplitud de raíz.....	59
Figura 16. Prueba de Tukey al 5% para severidad de mildiu.	61
Figura 17. Prueba de Tukey al 5 % para índice de cosecha.	63
Figura 18. Prueba de Tukey al 5 % para rendimiento de grano de la parcela útil.....	64
Figura 19. Prueba de Tukey al 5% para tamaño de grano grande.	66
Figura 20. Prueba de Tukey al 5% para tamaño de grano mediano.....	68
Figura 21. Prueba de Tukey al 5% para viabilidad de semilla de tamaño grande a las 16 horas de prueba.	69
Figura 22. Prueba de Tukey al 5% para viabilidad de semilla de tamaño mediano a las 16 horas de prueba.	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta	86
Anexo 2. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja.....	86
Anexo 3. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja.....	86
Anexo 4. Prueba de Tukey al 5% para profundidad de raíz.	86
Anexo 5. Prueba de Tukey al 5% para amplitud de raíz.....	86
Anexo 6. Prueba de Tukey al 5% para severidad de mildiu.	87
Anexo 7. Prueba de Tukey al 5% para índice de cosecha.	87
Anexo 8. Prueba de Tukey al 5% para rendimiento de parcela útil.	87
Anexo 9. Prueba de Tukey al 5% para tamaño de grano grande.	87
Anexo 10. Prueba de Tukey al 5% para tamaño de grano mediano.....	87
Anexo 11. Prueba de Tukey al 5% para viabilidad de semilla de tamaño grande.....	88
Anexo 12. Prueba de Tukey al 5% para viabilidad de semilla de tamaño mediano.	88
Anexo 13. Promedios de las variables que se obtuvo en la fase fenológica.....	88
Anexo 14. Promedios de las variables que se obtuvo después de la cosecha.....	89
Anexo 15. Promedios de variables relacionadas con la calidad de grano.	89
Anexo 16. Análisis de costo de la elaboración del estiércol semi-descompuesto.....	90
Anexo 17. Costos preliminares de la producción de quinua	90
Anexo 18. Registro fotográfico del trabajo de investigación.	91
Anexo 19. Análisis físico – químico de suelo antes de la siembra.....	99
Anexo 20. Análisis físico – químico de abonos antes de incorporar al cultivo.	100
Anexo 21. Análisis físico – químico de suelo después de la cosecha T1.	101
Anexo 22. Análisis físico – químico de suelo después de la cosecha T2.	102
Anexo 23. Análisis físico – químico de suelo después de la cosecha T3.	103
Anexo 24. Análisis físico – químico de suelo después de la cosecha T4.	104
Anexo 25. Análisis físico – químico de suelo después de la cosecha T5.	105

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es uno de los principales cultivos en la región del Altiplano boliviano, su importancia radica en su tolerancia a factores abióticos adversos y su valor nutritivo por contener de 7.5 a 22% de proteína.

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de quinua frente a diferentes dosis de estiércol semi-descompuesto, evaluar la severidad del mildiu, evaluar el rendimiento del grano, determinar las características del cultivo de quinua la calidad de grano según calibre y la viabilidad de semilla clasificada según calibre (porcentaje de germinación por tamaño de grano) y evaluar costos preliminar del cultivo de quinua con aplicación de niveles de estiércol semi-descompuesto.

El trabajo de investigación, se realizó en el Centro de Investigación Kiphakiphani dependiente de la Fundación PROINPA, ubicada en la provincia Ingavi del departamento de La Paz durante la gestión 2016 – 2017.

El factor de estudio fue diferentes niveles de estiércol semi-descompuesto en aplicación localizada conformando cinco tratamientos T1 (testigo), T2 con 2 t/ha, T3 con 4t/ha, T4 con 6 t/ha y T5 con 8 t/ha. El ensayo de campo fue establecido bajo el diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro de panoja, longitud de panoja, profundidad de raíz, amplitud de raíz, severidad del mildiu, índice de cosecha, rendimiento de grano, tamaño de grano, porcentaje de germinación de la semilla clasificada por tamaño de grano y evaluación del costo preliminar del cultivo de quinua.

Los resultados mostraron diferencias estadísticas para las variables cuantitativas. El T4 presentó la mayor altura con 105.67 cm, diámetro de panoja de 4.39 cm y longitud de panoja de 24.31 cm. Para la profundidad de raíz los tratamientos T5, T4, T3 y T2 tuvieron una mayor profundidad de 26.75 a 27.98 cm y a la vez obtuvieron una amplitud de raíz de 28.98 a 29.94 cm. El T1 (testigo) tuvo el menor valor en profundidad y amplitud de raíz con un valor de 22.4 cm de profundidad de raíz y de 22.27 cm de amplitud de raíz. La severidad del mildiu afecto más al T1 (testigo) con un valor de

33.47 %. El mayor índice de cosecha obtuvo el tratamiento T4 con valor de 0.54. Para el rendimiento de grano en primer lugar está el T4 con 3744.15 kg/ha seguidamente se encuentran los tratamientos T3, T2 y T5 con valores de 2946.78, 2870.33 y 2578.3 kg/ha y finalmente esta T1 (testigo) que reportó el menor rendimiento con 1833.9 kg/ha. Por otra parte, la aplicación de estiércol semi-descompuesto, ha influido positivamente sobre la categoría de grano y viabilidad de semilla. Los tratamientos donde se aplicó estiércol alcanzaron 25.73, 24.80 y 24.43 % de grano grande expresado (T4, T3 y T2). Los tratamientos T5 y T1 (testigo) poseen grano de categoría mediano con un valor de 75.78 y 81 %.

En los tratamientos T2, T3, T4 y T5 el porcentaje de germinación de grano grande fueron similares de 55.00 % a 59.50 % y el T1 (testigo) obtuvo el menor porcentaje de germinación de 49.50 %. Para el porcentaje de grano mediano de igual manera los tratamientos T2, T3, T4 y T5 obtuvieron mayor porcentaje de germinación de 56.50 % a 59.50 % y el T1 (testigo) fue de 53.50 %.

En el tratamiento T4 donde se aplicó el estiércol semi-descompuesto obtuvo el mayor beneficio/costo de 4.24 Bs. Lo que nos indica que por cada 1 Bs. invertido se gana 3.24 Bs. Esto se debe al buen rendimiento que tuvo el tratamiento T4.

En conclusión, a los tratamientos que se aplicaron el estiércol semi-descompuesto favoreció a las expresiones de sus variables agronómicas, rendimiento de grano, calidad comercial de grano y viabilidad de semilla.

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is one of the main crops in the region of the Bolivian Altiplano, their importance lies in their tolerance to adverse abiotic factors and to contain 7.5 to 22% of protein nutritional value.

The objectives of the present research were to evaluate the agronomic performance of the cultivation of quinoa with different doses of manure semi-descompuesto, assess the severity of downy mildew, assess the grain yield, determine the features of the cultivation of quinoa the quality of grain according to caliber and the viability of seed classified according to size (percentage of germination by grain size) and evaluate preliminary costs of the cultivation of quinoa with levels of manure application semi-descompuesto.

The research work was in the Centre of research Kiphakiphani dependent on the PRO-INPA Foundation, situated in the Ingavi province in the La Paz Department during 2016-2017.

The study was different levels of manure semi-descompuesto in localized application comprising five treatments (witness) T1, T2 with 2 t/ha, T3 with 4 t/ha, T4 with 6 t/ha and T5 with 8 t/ha. The field trial was established under the experimental design of completely randomized with four replicates blocks. The evaluated variables were plant height panicle diameter, panicle length, root depth, amplitude of root, severity of downy mildew, harvest index, grain yield, grain size, percentage of rated seed germination by grain size and evaluation of the preliminary cost of the cultivation of quinoa.

The results showed statistical differences for the quantitative variables. The T4 presented the highest with 105.67 cm, diameter of panicle of 4.39 cm and 24.31 panicle length cm. For root depth T5, T4, T3 and T2 treatments had a greater depth of 26.75 to 27.98 cm and at once obtained an amplitude of 28.98 to 29.94 cm root. T1 (witness) had the lowest value in the depth and breadth of root with a value of 22.4 cm deep root and 22.27 cm of breadth of root. The severity of the downy mildew affection most to T1 (witness) with a value of 33.47%. The highest rate of harvest obtained T4 treatment with value of 0.54. For the yield of grain in the first place is the T4 with 3744.15 kg/ha then the treatments T3, T2 and T5 are values of 2946.78, 2870.33 and 2578.3 kg/ha and finally this T1 (wit

nes) that reported lower performance with 1833.9 kg/ has. On the other hand, application of semi-descompuesto manure, has positively influenced the category of grain and seed viability. The treatments where applied manure reached 25.73, 24.80, and 24.43% expressed large grain (T4, T3 and T2). T5 and T1 (witness) treatments have medium category grain with a value of 75.78 and 81%.

Treatments T2, T3, T4 and T5 large grain germination percentage were similar for 55.00% to 59.50% and T1(witness) received the lowest percentage of germination of 49.50%. For the percentage of medium grit in the same way T2, T3, T4 and T5 treatments obtained higher percentage of germination of 56.50% to 59.50% and T1(witness) was 53.50%.

Treatment in T4 where you applied the semi-descompuesto manure obtained the highest benefit/cost of 4.24 Bs. What tells us that for every 1 Bs. inverted wins 3.24 Bs. This is due to the good performance that had the T4 treatment.

In conclusion, treatments applied semi-descompuesto manure favored the expressions of its agronomic variables, grain yield, and commercial quality of grain and seed viability.

1. INTRODUCCION

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es un cultivo andino cuyo grano es uno de los alimentos más completos para la nutrición humana por su alto valor nutricional en proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales. Su contenido de proteínas la convierte en excelente sustituto de la carne, lácteo y huevos e ideal para la alimentación de la población.

En la actualidad el cultivo de la quinua genera ingresos económicos a familias de agricultores en el altiplano boliviano, puesto que ha adquirido alto valor comercial en el mercado de exportación, llegando a superar precios por tonelada hasta cinco veces más que la soya en los mercados de Europa y Estados Unidos.

El cultivo de quinua es uno de los alimentos más importantes en toda la zona del altiplano. Para los agricultores, la quinua es importante porque satisface sus necesidades de alimentación y además es una fuente de ingreso económico.

El rendimiento de la quinua es influenciado por la variedad que se utiliza, época de siembra y por nutrientes presentes en el suelo. También influyen los factores climáticos como ser la helada, sequía, granizo, vientos y otros que no son favorables para el rendimiento de grano de quinua.

El uso de los abonos orgánicos tiene una influencia positiva en la producción agrícola, por contener nutrientes benéficos para el normal crecimiento y desarrollo de las plantas. La incorporación de abonos orgánicos, permite mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo como también aumenta la actividad microbiológica en el suelo.

La producción de la quinua orgánica depende del insumo fuente de materia orgánica, siendo el estiércol una de las fuentes más comunes en la producción de quinua. Con relación al uso de estiércol en el cultivo de quinua, se realizaron distintos trabajos de investigación en diferentes localidades; sin embargo en la aplicación localizada de estiércol semi-descompuesto no se tiene experiencias.

Según la sugerencia técnica, el estiércol debe ser aplicado una vez descompuesto, sin embargo el compostaje presenta limitaciones en el campo por la disponibilidad de agua

y la mano de obra requerida, resultado en muchos casos en la obtención del material semi-descompuesto. La aplicación de estiércol semi-descompuesto ofrece una alternativa para los productores, pero no se tiene información sobre la respuesta de la quinua a la aplicación de estiércol semi-descompuesto y mucho menos sobre las dosis de estiércol semi-descompuesto aplicados en forma localizada.

Por otra parte, la aplicación localizada de estiércol no es muy común en caso de la quinua, pero en caso del cultivo de papa el empleo del estiércol es una práctica generalizada. En cuanto al empleo del estiércol para la quinua, se estima grandes cantidades por hectárea. Ante esta situación, la aplicación localizada puede requerir cantidades menores de estiércol por unidad de superficie.

La calidad comercial de la quinua está dada por varios criterios, siendo el tamaño de grano uno de los más importantes. En la categorización del grano de quinua en plantas procesadoras, se evidenció que el tamaño del grano está reduciéndose en los últimos años, siendo en la mayor parte de las variedades ausente el tamaño extra grande. Apreciaciones preliminares llevan a deducir sobre la influencia de la baja fertilidad del suelo en la calidad del grano. Por otra parte, el tamaño del grano ejerce influencia sobre la germinación de la semilla.

La aplicación de estiércol semi-descompuesto podría contribuir a mejorar el tamaño de grano al tener actividad enzimática y microbiana favorable para el desarrollo de las plantas y del grano.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar el comportamiento agronómico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con diferentes niveles de estiércol semi-descompuesto.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de la quinua frente a diferentes dosis de estiércol semi-descompuesto.
- Evaluar la severidad del mildiu.
- Evaluar el rendimiento del grano del cultivo de la quinua.
- Determinar las características del cultivo de quinua la calidad de grano según calibre y la viabilidad de semilla clasificada según calibre.
- Evaluar el costo preliminar del cultivo de quinua.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Características de la quinua

3.1.1. Origen de la quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú (Cárdenas, citado por FAO 2011).

El área de dispersión geográfica de la quinua es bastante amplia, no sólo por su importancia social y económica, sino porque allí se encuentra la mayor diversidad de ecotipos en estado silvestre (Gandarillas, citado por FAO 2011).

Bonifacio *et al.* (2012), indica que el cultivo de quinua era cultivada en las laderas de las serranías aledañas a los salares de Uyuni y Coipasa. Fue el principal alimento de nuestros pobladores y actualmente es un alimento de mucho valor en el mundo entero, por su valioso aporte en proteínas, vitaminas, minerales y el balance existente entre estos.

La quinua es un recurso alimenticio domesticado, protegido y conservado por los pueblos indígenas de la Región Andina de América del Sur, su principal centro de origen y de conservación es el Altiplano alrededor del lago Titicaca del Perú y Bolivia sobre los 3800 msnm (Tapia *et al.*, 2014).

3.1.2. Importancia del cultivo de la quinua

Sobre la importancia del cultivo de la quinua según Espíndola, citado por Flores (2009), nos indica que la quinua tiene una capacidad de resistencia a factores adversos (heladas, sequías, radiaciones solares intensas y suelos salinos).

En la época de la civilización Tiahuanacota e Incaica la quinua tenía importancia en la alimentación y como producto de intercambio con productos producidos fuera de la zona altiplánica. En la colonia la quinua fue relegada a un segundo plano, considerado como un cultivo y alimento de la clase pobre, situación que continuó en el periodo de la república. Sin embargo, con el redescubrimiento de sus propiedades nutritivas que

contiene el grano de quinua, ha recobrado su importancia convirtiéndose en producto de exportación (Bonifacio, 2006).

La población andina que vive en el exterior extraña los granos, raíces, tubérculos y frutas nativas. Los consumidores de los países desarrollados, buscan cada vez más alimentos de producción ecológica, sanos y con alto valor nutritivo, por esto se abren mercados de exportación para los productores de cultivos andinos (Rojas *et al.*, 2010).

3.1.3. Producción de la quinua

3.1.3.1. Producción a nivel mundial

Según la FAO (2014), en los últimos años, se constata un progresivo aumento de la producción de quinua, estimándose que más del 80 % de la producción mundial de quinua se concentra en Bolivia que está en primer lugar con un 46 % aproximadamente de la producción mundial, seguido por Perú con un 30 %, Estados Unidos con 10 % y Ecuador con un 6%.

A continuación se presenta un resumen de distribución de la quinua, de acuerdo a los países y sus zonas tradicionales de producción (Rojas *et al.*, citado por la FAO 2011):

- En Colombia en el departamento de Nariño, en las localidades de Ipiales, Puesres, Contadero, Córdova, San Juan, Mocondino y Pasto.
- En Ecuador en las áreas de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Loja, Latacunga, Ambato y Cuenca.
- En Perú se destacan las zonas de Cajamarca, Callejón de Huayllas, Valle del Mantaro, Andahuayllas, Cusco y Puno (altiplano).
- En Bolivia en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí y en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca, Potosí y Tarija.
- En Chile en el altiplano Chileno (Isluga e Iquique) y Concepción. También existen reportes de quinuas cultivadas en la Novena y Décima región.
- En Argentina se cultiva en forma aislada en Jujuy y Salta. El cultivo se amplió también hacia los Valles Calchaquíes de Tucumán.

3.1.3.2. Producción a nivel nacional

La principal zona de producción de quinua en el país es el altiplano sur, donde se cultivan grandes extensiones destinadas a la exportación, y por sus condiciones agroecológicas no es recomendable desarrollar en forma extensiva. La zona más importante de expansión del cultivo es el altiplano central, mientras que en el altiplano norte las superficies son de menor extensión y existe una mayor diversidad de cultivos. Otras zonas importantes de expansión son los valles interandinos, donde los suelos son más fértiles para la producción de la quinua y se obtienen mejores rendimientos; sin embargo, es muy difícil lograr cultivos orgánicos (Rojas *et al.*, 2015).

Rojas y Pinto (2013) sugieren un reajuste de esas zonas en base a los cambios que se han dado en los sistemas de producción por el gran interés de cultivar quinua en varias zonas del país. A continuación se realiza una descripción de las zonas productoras de quinua en Bolivia (Figura 1).

- 1) Altiplano norte
- 2) Altiplano central
- 3) Altiplano sur
- 4) Valles interandinos
- 5) Puna
- 6) Llanos orientales

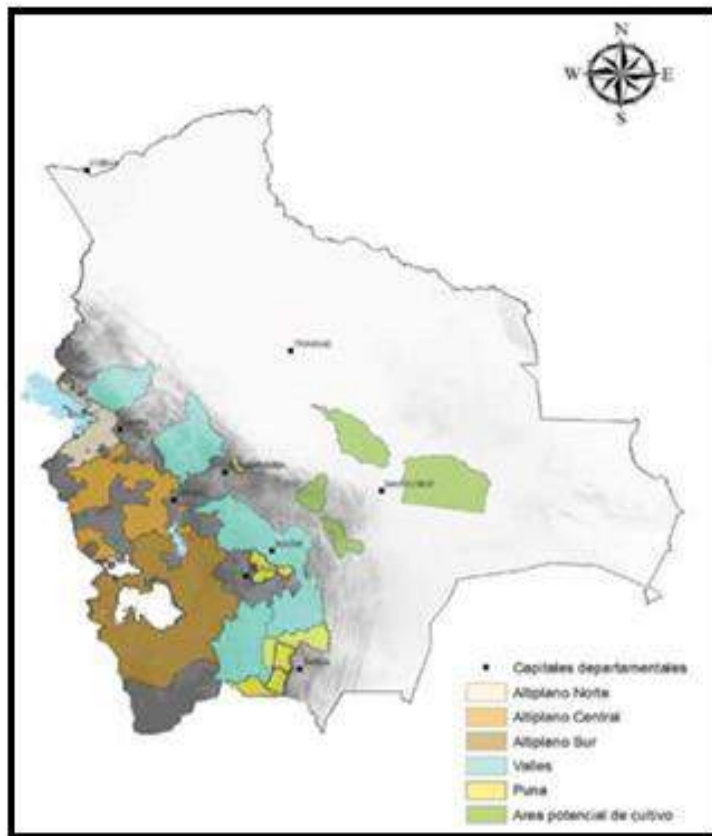


Figura 1. Zonas de producción de quinua en Bolivia (Rojas *et al.*, 2015).

3.1.4. Taxonomía

Rojas (2013), nos menciona la clasificación taxonómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) que se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Taxonomía de la quinua

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Sub clase:	Angiospermas
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Género:	Chenopodium
Especie:	<i>Chenopodium quinoa</i> Willd

3.1.5. Descripción botánica del cultivo

Tapia *et al.* (1979), describe al cultivo como una planta anual, dicotiledónea, herbácea de 0.2 a 3.0 m de altura y un periodo vegetativo de 5 a 6 meses.

a) Raíz: Es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa en tiempos de sequía y alcanza hasta 180 cm de profundidad, la raíz pivotante permite aprovechar agua de las profundidades del suelo y las raíces fasciculadas el agua superficial, estas características le da supervivencia a condiciones adversas (Fonturbel, 2005).

b) Tallo: Es cilíndrico en la parte del cuello de la planta y después es anguloso desde el comienzo de la ramificación, nacen primero las hojas y de las axilas las ramas. Según el desarrollo de la ramificación se puede encontrar plantas con un solo tallo principal y ramas laterales, la altura varía desde 0.50 m hasta 2 m de acuerdo a la variedad, el color del tallo puede ser verde, verde con axilas coloreadas, púrpura o finalmente de color rojo en toda su extensión (Tapia *et al.*, 1979).

c) Hojas: Las hojas presentan variación en forma en la misma planta, las inferiores romboidales y las superiores lanceoladas, las inferiores presentan mayor tamaño que las superiores (15 cm de largo x 1,2 cm de ancho), son alternas, simples, de bordes dentados con 3 a 20 dientes. El color de hoja puede ser verde, rojo o púrpura. También

se pueden consumir las hojas como hortaliza por su alto valor nutritivo, estos se toman antes de la floración (Tagle y Planella 2002).

d) Inflorescencia: Es una panoja con una longitud de 15 – 70 cm. Generalmente se encuentra en el ápice de la planta y en el ápice de las ramas. Tiene un eje principal, ejes secundarios y eje terciarios. Considerando la forma y posición de los glomérulos (grupos de flores) se clasifican en amarantiformes, glomerulata e intermedias.

En el grupo amarantiforme los glomérulos están directamente insertados en el eje secundario y los glomérulos tienen una forma casi rectangular, muy semejantes a dedos. En el tipo glomerulata los glomérulos están ubicados en el eje terciario que se origina del eje secundario. La longitud de los ejes secundarios y terciarios determina si la inflorescencia puede ser laxa, intermedia o compacta; esta última característica está asociada al tamaño de los granos, siendo los más pequeños, los formados en panojas compactas (Gómez y Aguilar 2016).

e) Flores: Las flores en la quinua son muy pequeñas y densas, pueden alcanzar hasta 3 mm y pueden presentar hasta tres tipos de flores; hermafroditas (pistilo y estambres) se ubican en la parte superior del glomérulo, las pistiladas (femeninas) ubicadas en la parte inferior del glomérulo y las ultimas androesteriles (pistilo y estambres estériles). Las flores permanecen abiertas por un período que varía de 5 a 7 días, y como no se abren simultáneamente, se determinó que el tiempo de duración de la floración está entre 12 a 15 días. La quinua se considera autógama con un porcentaje de cruzamiento de 17%, aproximadamente (Gómez y Aguilar 2016).

f) Fruto: Tapia y Fries (2007), indica que el fruto o semilla es un aquenio cubierto por el perigonio, debajo de este se encuentra el pericarpio, y en esta capa se localiza la saponina. Luego del pericarpio existe otra capa llamada epispermo, la cual cubre al embrión y al perisperma. La forma del grano puede ser cónica, cilíndrica y elipsoide entre los colores que presentan se pueden mencionar los granos blancos, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, negro, gris, guindo claro, etc.

3.1.6. Características fenológicas

Según Mújica *et al.* (2004), la quinua presenta 12 fases fenológicas, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta, estas son:

- **Emergencia:** Es cuando la plántula sale del suelo y extiende las hojas cotiledonales entre los 7 a 10 días después de la siembra, este periodo es muy susceptible al ataque de aves, puesto que las dos hojas cotiledonales emergen protegidas por el episperma y pareciera mostrar la semilla encima del talluelo lo cual induce al consumo por las aves.
- **Dos hojas verdaderas:** Es cuando aparecen dos hojas verdaderas extendidas de forma lanceolada, fuera de las hojas cotiledonales lo cual ocurre entre los 15 a 20 días después de la siembra.
- **Cuatro hojas verdaderas:** Se observan dos pares de hojas verdaderas completamente extendidas y aún se nota las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en el botón foliar; ocurre de los 25 - 30 días después de la siembra.
- **Seis hojas verdaderas:** Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tornándose de color amarillento las hojas cotiledonales y algo flácidas, se notan ya las hojas axilares, esta fase ocurre de los 35 - 45 días después de la siembra.
- **Ramificación:** Es cuando se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días después de la siembra.
- **Inicio de panojamiento:** Es cuando la inflorescencia va emergiendo del ápice de la planta, con aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes, ocurre de 55 a 60 días después de la siembra. En esta fase se presenta el ataque de qhona qhona (*Eurysacca melanocampta*), formando nidos y enrollando las hojas.
- **Panojamiento:** La inflorescencia sobresale con mucha nitidez por encima del ápice de la planta, notándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados. Esta etapa ocurre de los 65 a 70 días después de la siembra.

- **Inicio de floración:** Es cuando la flor se abre mostrando los estambres separados, ello ocurre de los 75 a 80 días después de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas.
- **Floración o antesis:** Es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia principal se encuentran abiertas; esto ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra.
- **Grano lechoso:** Fase cuando los frutos al ser presionados entre las uñas de los dedos pulgares, explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de los 100 a 130 días después de la siembra. En esta fase la planta es sensible al déficit de agua.
- **Grano pastoso:** Es cuando el fruto al ser presionados presenta una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días después de la siembra.
- **Madurez fisiológica:** Es la fase en la que la planta completa su madurez, y se reconoce cuando los granos al ser presionados por las uñas presentan resistencia, ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, en esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%.

En la figura 2, se observa la fase fenológica del cultivo de quinua.

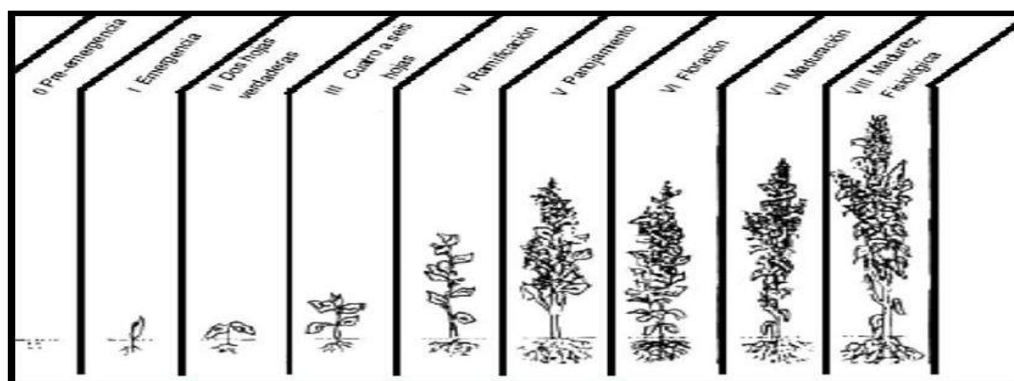


Figura 2. Fases fenológicas de la quinua (SEPHU 2010).

3.1.7. Requerimiento edafoclimaticos

Suelo: La quinua puede crecer en diferentes tipos de suelos, suelos francos, franco-arenoso, franco-arcilloso, con pendientes moderadas y con contenidos altos de materia orgánica. Se debe evitar suelos con problemas de inundación porque dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego a lo largo de su ciclo propician la podredumbre radicular (Gómez y Aguilar 2016).

pH: La quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo, se puede encontrar variedades de quinua cultivadas en suelos ácidos con pH desde 4.5 (en los valles interandinos del Norte del Perú) y también se ha observado que da producciones buenas en suelos alcalinos de hasta 9 de pH en los salares de Bolivia y de Perú (Mujica *et al.*, 2004).

Precipitación: La precipitación anual total varía del siguiente modo: de 600 a 800 mm en los Andes Ecuatorianos, de 400 a 500 mm en los Andes Peruanos, de 500 a 800 mm en el altiplano alrededor del lago Titicaca, de 200 a 300 mm en el Altiplano sur de Bolivia y de 800 a 1000 mm en la zona central de Chile. La quinua se cultiva dentro de un rango de precipitación de 300 mm a 1000 mm. La cantidad requerida de precipitación óptima es de 500 a 800 mm (Gómez y Aguilar 2016).

Temperatura: En la fase de ramificación es más tolerante a las bajas temperaturas, soportando hasta -5 °C. También indica que temperaturas mayores a 15 °C causan pérdidas por respiración, traen el riesgo de ataques de insectos si las condiciones son secas u hongos si las condiciones son húmedas (Mujica *et al.*, 2004).

Altitud: El rango óptimo de desarrollo de la quinua está entre los 2.500 y 4.000 metros sobre el nivel del mar (Fortubel, 2005).

Clima: La quinua se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, por ello es necesario conocer los genotipos que son adecuados para cada una de las condiciones climáticas (Mujica *et al.*, 2004).

Radiación: La quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas, estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo. Los sectores de más alta iluminación solar son los más favorables para el cultivo, ya que ello contribuye a una mayor actividad fotosintética (León, 2003).

Fotoperiodo: Con respecto al fotoperiodo de la quinua, León (2003), nos indica que el fotoperiodismo de la quinua es variable, depende de su origen:

- Variedades que vienen de cerca de la línea ecuatorial son cultivos de día corto. Necesitan por lo menos 15 días cortos (< que 10 horas de luz).

- Este cultivo prospera adecuadamente con 12 horas diarias, en el hemisferio sur, sobre todo en el altiplano Perú-Boliviano.

3.1.8. Requerimiento de NPK

Mamani (2006), señala que los campesinos no fertilizan la quinua ya que dependen de los nutrientes aplicados del cultivo anterior que es generalmente la papa, como es el caso del altiplano norte. Sin embargo la quinua responde en forma significativa a niveles de fertilización de 80 a 120 kg/ha de nitrógeno, 60 a 80 kg/ha de fósforo y hasta 80 kg/ha de potasio en suelos deficientes, que muy rara vez en los suelos de los Andes.

La dosis recomendada para la región altiplánica es de 80-40-00. Se considera los suelos como bajos en nitrógeno y fósforo pero ricos en potasio. Los suelos del altiplano contienen elevada cantidad de potasio. Para las condiciones de la sierra sur del Perú, la quinua responde económicamente al nivel de fertilización química de 80 kg/ha de nitrógeno, 60 kg/ha de P₂O₅ y 40 kg/ha de K₂O (Estrada, 2012).

3.1.9. Prácticas de campo

3.1.9.1. Preparación de terreno

La preparación del terreno consiste en voltear la tierra para lograr la descomposición de los residuos de cosecha convirtiéndolos posteriormente en materia orgánica. En el altiplano sur el sistema mecanizado de preparación del suelo (95%) prácticamente está reemplazando al sistema tradicional (5%). En los altiplanos centro y norte el cultivo sigue en rotación a la papa y se aprovecha la preparación del suelo del año anterior sea mecanizado o tradicional, aunque por el precio de la quinua se están habilitando y preparando suelos bajo el sistema mecanizado (FAO, 2011).

3.1.9.2. Siembra

La siembra de la quinua se puede realizar en diferentes épocas, dependiendo del lugar, humedad del suelo y características de la variedad. En el altiplano sur la época de siembra del cultivo de la quinua se realiza desde fines de agosto y comienzos de septiembre, sin embargo la variabilidad del clima y los cambios en el régimen de lluvias han hecho que las fechas de siembra se vayan moviendo a finales de septiembre y

octubre, pudiendo llegar en algunos casos a noviembre, por lo que se requiere variedades precoces, con rendimientos atractivos, que garanticen la producción dentro del ciclo productivo hasta mediados de diciembre (Rojas *et al.*, 2015).

3.1.9.3. Densidad de siembra

Para las condiciones del Ecuador, INIAP (1992), nos dice que la densidad de siembra está referida a la cantidad de semilla necesaria para sembrar una hectárea y se recomienda utilizar 8 a 12 kg/ha cuando la siembra es con sembradora manual o tirada por tractor y de 12 a 15 kg/ha cuando la siembra es manual. Si la germinación es buena la población de plantas que se obtiene es adecuada para un cultivo comercial. Para el altiplano de Perú y Bolivia se 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 (Mujica *et al.*, 2004).

3.1.9.4. Profundidad de siembra

La profundidad de siembra garantiza la emergencia y está relacionada con la humedad que existe en el suelo. Se recomienda de 2 a 5 cm de profundidad. Esta puede variar de acuerdo a la humedad del suelo, es decir a mayor humedad la siembra es más superficial y a menor humedad se debe sembrar a mayor profundidad con la finalidad de evitar el quemado de las semillas por los rayos solares (León, 2003).

3.1.9.5. Plagas del cultivo de quinua

Durante el ciclo vegetativo de la quinua se presentan plagas que ocasionan daño en forma directa, habiéndose identificado hasta el momento alrededor de 17 especies de insectos que concurren al cultivo de la quinua. Entre las plagas de mayor importancia económica se encuentran la polilla de la quinua y el complejo ticonas (Saravia y Quispe 2005), las pérdidas ocasionadas por estas plagas pueden oscilar entre un 5 a 67%, con un promedio de 33,37 % en el altiplano sur y entre 6 a 45% en el altiplano centro, con un promedio de 21,31% en el altiplano norte.

En el cuadro 2, se muestra las plagas más importantes de la quinua.

Cuadro 2. Plagas de la quinua.

PLAGA	NOMBRE CIENTIFICO	TIPO	DAÑO
<p>Polilla de la quinua</p> 	<i>Eurysacca melanocampta</i>	Insecto (Insecto de panoja)	Desde las primeras etapas de desarrollo de la planta, las larvas se comportan como minadoras y pegadoras. En la etapa de panojamiento, las larvas se localizan en el interior de las panojas, alimentándose de los granos.
<p>Gusano cortador</p> 	<i>Agrotis ipsilon</i>	Insecto (Gusano de tierra)	Las larvas son de actividad nocturna. En sus primeros estadios se alimentan de las hojas inferiores de la planta; larvas más desarrolladas cortan las plantas por la base. Durante el día permanecen refugiadas en el suelo.
<p>Escarabajo negro</p> 	<i>Epicauta spp.</i>	Insecto (Masticador de follaje)	Los adultos suelen encontrarse en grupo numerosos atacando intensamente a las hojas y flores pero prefieren hojas jóvenes y suculentas. Los escarabajos muestran una ligera preferencia por variedades dulces y blancas de quinua.
<p>Pulguilla saltona</p> 	<i>Epitrix spp.</i>	Insecto (Masticador de follaje)	En las hojas de la quinua, se observan numerosos pequeños agujeros. Estos agujeros son realizados por los adultos. No se tienen evidencias sobre los daños ocasionados por las larvas en el sistema radicular de este cultivo.
<p>Pulgon</p> 	<i>Myzus persicae Sulzer</i>	Insecto (Masticador de follaje)	La forma de alimentarse de los afidios debilita la planta, paralizando su desarrollo producen secreciones azucaradas que favorecen el desarrollo de un hongo negro sobre las hojas y las panojas que afectan directamente a la calidad de grano.
<p>Gusano medidor</p> 	<i>Perizoma sordescens Dognin</i>	Insecto (Masticador de follaje)	La larvas destruyen hojas verdes, granos pastosos y granos secos en caso de ataque severo se observa inflorescencia vacía y panojas laxas
<p>Cigarrita</p> 	<i>Anacuerna centrolinea Melichar</i>	Insecto (Masticador de follaje)	Generalmente están presentes en las hojas donde se alimentan de la sabia de las plantas, introduciendo su estilete, en el proceso inyectan toxinas causando encrespamiento de las hojas y muerte de la planta.

Fuente: Saravia et al., (2014)


3.1.9.6. Enfermedades del cultivo de quinua



Varias enfermedades de origen fungoso y bacteriano atacan a la quinua, sin embargo, la más importante y más estudiada es el mildiu. El mildiu causa grandes pérdidas que varía entre 20 a 25% en rendimiento de grano de quinua especialmente cuando las lluvias se concentran en período corto de tiempo (Bonifacio *et al.*, 2013).

Para Gandarillas *et al.* (2014), la enfermedad más importante es el mildiu de la quinua que es causado por el hongo *Peronospora variabilis* Gaum, antiguamente conocido como *Peronospora farinosa* que al madurar la planta, las oosporas se impregnan en la superficie del grano, que puede ser llevado a otros países, ocasionando reducción de área foliar, atrofia de planta y por ende reducción de tamaño de panoja.

En el cuadro 3, se muestra las enfermedades de la quinua.

Cuadro 3. Enfermedades de la quinua.

ENFERMEDADES	NOMBRE CIENTIFICO	SINTOMAS
Mildiu de la quinua 	<i>Peronospora variabilis</i>	Los síntomas iniciales son manchas pequeñas en las hojas de forma irregular cuya coloración puede ser amarilla, rosada, dependiendo del color de la planta. A medida que progresa la enfermedad estas manchas se unen. La planta puede quedar enferma en casi la totalidad de sus hojas, defoliarse completamente y detener su crecimiento.
Marchites de emergencia 	<i>Fusarium spp.</i>	Los síntomas característicos de la enfermedad se presentan en la fase cotiledonal (emergencia) con un estrangulamiento en el tallo de las plántulas a nivel del suelo. El estrangulamiento avanza y al no haber circulación de nutrientes y agua en el tallo se produce la caída masiva de las plántulas.
Moho verde 	<i>Cladosporium sp.</i>	Los síntomas iniciales aparecen en las hojas basales como pequeñas manchas de color verde, a manera de una esporulación felposa sobre el haz. A medida que progresa la enfermedad, estas manchas se unen cubriendo la totalidad de la hoja sobre la cual se observa una abundante esporulación. Posteriormente la hoja se amarilla y cae.
Mancha ojival del tallo 	<i>Phoma sp.</i>	El hongo afecta principalmente los tallos y pecíolos, en menor grado hojas, ramas y pedúnculos florales, causando estrangulamiento y muerte. Los tallos presentan lesiones ojivales de color gris claro en el centro y bordes marrones, rodeados de un halo de apariencia vítrea. En el interior de las lesiones se pueden notar puntitos negros.

<p>Mancha foliar</p> 	<p><i>Ascochyta hyalospora</i></p>	<p>Los síntomas iniciales son las manchas necróticas de forma más o menos circular a irregular, con centros de color crema y bordes ligeramente marrones. En el interior de estas lesiones se presenta picnidios (puntos negros). El tamaño de las lesiones varía desde 5 a 10 mm de diámetro.</p>
<p>Ojo de gallo</p> 	<p><i>Passalora dubia</i></p>	<p>Los síntomas iniciales se presentan en las hojas inferiores a manera de pequeñas lesiones de color marrón claro, aumentando de tamaño a medida que crece la infección. Las porciones externas de la lesión son de color marrón o rojizo, según el color de planta.</p>

Fuente: Plata et al. (2014)

3.1.9.7. Cosecha y post cosecha

Para Aroni (2005), la época óptima para el corte de las plantas depende de varios factores como: la variedad, tipo de suelo, humedad y temperatura. El momento oportuno de la cosecha se realiza cuando los granos están semi duros y por lo general, las hojas de la planta de quinua se tornan de una coloración amarillenta o rojiza dependiendo de la variedad, y en la panoja es posible ver los granos por la apertura que realiza el perigonio, característico en esta fase de madurez fisiológica.

3.1.9.8. Secado

Con la finalidad de que los granos en las panojas y las plantas sequen, estas deben ser apiladas con las panojas hacia arriba, formando parvas hasta que los granos tengan la humedad adecuada para la trilla. El secado se puede realizar sobre mantas o lonas con la cual se garantiza que los granos se mantengan limpias (Gómez y Aguilar 2016).

3.1.9.9. Trillado

Antes de iniciar el trillado, es importante tener en cuenta la humedad del grano, que no debe ser ni muy seco ni muy húmedo (12–15%). Se puede realizar de diversas maneras como ser manualmente, empleando palos, pisando con las ruedas de un tractor, etc. Actualmente se está mecanizando, empleándose trilladoras, las que funcionan con la toma de fuerza de un tractor o con motor. En este caso es importante la regulación del cilindro de la máquina. Mediante este proceso, se desprenden los perigonios de las semillas y la paja, obteniéndose una mezcla de broza y semillas (Meyhuay s.f.).

3.1.9.10. Cernido y venteado

El cernido y venteado de la quinua, Quiroga *et al.* (2014), nos menciona que es para separar el grano de la broza y el jipi puede ser de forma tradicional utilizando zarandas con orificios de 3,5 a 4 mm, el viento puede favorecer o ser perjudicial según su intensidad, tradicionalmente se utiliza recipientes dejando caer en chorros dependiendo la dirección del viento, por otra parte la venteadora mecánica es accionada manualmente o mediante motor, las venteadoras generan corrientes regulares de aire mediante aspas giratorias y poseen una tolva de alimentación de donde cae el grano.

3.1.9.11. Almacenado

Para el almacenado el grano debe estar seco y limpio debe ser introducido en recipientes cerrados o costales de tejido estrecho, en ambientes limpios, protegidas del ataque de roedores e insectos, con circulación de aire y con un contenido inferior al 13 % de humedad en el grano (Peralta *et al.*, 2012).

El almacén debe estar fresco, de tal modo que la temperatura de los granos debe ser menor a la del ambiente exterior. Cuanto más frío es el almacén se conservarán por más tiempo los granos. Si la temperatura de los granos sube se debe proceder a airear. Se debe hacer una revisión periódica del estado sanitario del grano para detectar infecciones de mohos o insectos (Gómez y Aguilar 2016).

3.1.10. Rendimiento de grano

El rendimiento de la quinua varía en función a la variedad que se utiliza, fertilidad del suelo, tipo de suelo, drenaje, manejo del cultivo en el proceso productivo, factores climáticos, nivel tecnológico, control de plagas y enfermedades, obteniéndose entre 800 kg/ha a 1400 kg/ha en años buenos. Sin embargo según el material genético se puede obtener rendimientos de 3000 kg/ha (León, 2003).

La lluvia es uno de los factores más influyentes en los rendimientos del cultivo de la quinua, ya que se presentan rendimientos inferiores a 500 kg/ha y rendimientos por encima de 800 kg/ha, por las variaciones en las precipitaciones pluviales (CONACOPROQ, 2009).

3.1.10.1. Índice de cosecha

El índice de cosecha refleja la partición de fotoasimilados hacia los granos. Se define usualmente como la proporción del peso seco total que acumula en los órganos cosechados. El índice de cosecha varía con genotipo, el ambiente y la interacción genotipo por ambiente, pero estas variaciones son de mayor magnitud, que las experimentadas por la partición de biomasa. Cuando mayor sea el valor del índice de cosecha mejor será la productividad (Carcova *et al.*, 2004).

3.1.11. Calidad de grano

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

Bonifacio *et al.* (2006) destacan que el tamaño de grano de la quinua o granulometría puede ser determinado mediante filtros, haciendo pasar por mallas de distintos diámetros son tamices que separan el grano extra grande, grande, mediano y pequeño. Sin embargo, para la medición más exacta se utiliza un granulómetro láser, cuyo rayo difracta las partículas para poder determinar su tamaño.

3.1.12. Germinación

Según Bonifacio y Dizes (1992), las semillas de quinua son capaces de germinar muy rápidamente en presencia de humedad, esta semilla está recubierta de una cutícula y por el hilio que esta absorbe la mayor parte del agua necesaria para la germinación, el embrión va a encontrar en el perisperma la energía necesaria para el desarrollo muy rápido de la raicilla luego de los cotiledones, el perisperma está compuesto de células más o menos llenas de montones de granos de almidón.

3.1.13. Propiedades nutricionales de la quinua

Según la FAO (2011) la quinua posee un alto valor nutricional su contenido de proteínas la convierte en excelente sustituto de la carne, lácteos y huevos e ideal para la alimentación. Su composición del valor nutritivo de la quinua se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos (%)

Componentes%	Quinua	Carne	Huevo	Queso	Leche vacuna	Leche humana
Proteína	13.00	30.00	14.00	18.00	3.50	1.80
Grasas	6.10	50.00	3.20		3.50	3.50
Hidratos de carbono	71.00					
Azúcar					4.70	7.50
Hierro	5.20	2.20	3.20		2.50	
Calorías 100 g	350	431	200	24	60	80

Fuente: Informe agroalimentario (CONACOPROQ 2009).

Proteínas: El contenido de proteína de la quinua varía entre 13.81 a 21. 9% dependiendo de la variedad. Éstas a diferencia de los cereales, son de alto valor biológico, pues contienen balances adecuados de todos los aminoácidos, que son los elementos que forman las proteínas. Se ha encontrado también que las hojas de quinua tienen alto contenido de proteínas.

La importancia de las proteínas de la quinua radica en su calidad, ya que las proteínas de quinua son principalmente del tipo albúmina y globulina, proteínas que tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales (Risi *et al.*, 2015).

Grasas: Wood *et al.*, mencionado por Risi *et al.* (2015), determinaron que el 11% de los ácidos grasos totales de la quinua eran saturados, predominando el ácido palmítico. Los ácidos linoleico (también denominado Omega 6) presentes en la quinua es de 52.3 %, oleico (Omega 9) se encuentra en segundo lugar con 23.0 % y alfa-linolénico (Omega 3) con 8.1% del total de ácidos grasos.

Carbohidratos: Los carbohidratos de las semillas de quinua contienen 66 % de almidón y es una fuente importante de carbohidratos para la alimentación humana. Los

carbohidratos son la fuente de energía más abundante, sin embargo, puede existir la imposibilidad de absorber un carbohidrato de forma adecuada y en el lugar preciso, debido a una deficiencia enzimática o de un transportador (deficiencia primaria) o a una deficiencia producida por desnutrición (deficiencia secundaria) (Risi *et al.*, 2015).

Minerales: Llorente, citado por Risi *et al.* (2015), realizó una comparación entre el trigo, maíz, arroz, cebada, avena, centeno, triticale y la quinua, y determinó que la quinua resalta por su alto contenido de calcio, magnesio y zinc.

- El calcio es fácilmente absorbible por el organismo (contiene más del cuádruple que el maíz, casi el triple que el arroz y mucho más que el trigo), por lo que ayuda a evitar la descalcificación y la osteoporosis.
- La cantidad de zinc que se encuentra en la quinua casi dobla la cantidad contenida en el trigo y cuadruplica la del maíz, no conteniendo el arroz este mineral.
- Solo el trigo supera a la quinua en contenido de manganeso, mientras el arroz posee la mitad y el maíz la cuarta parte.

Vitaminas: En el cuadro 5, se presenta el contenido de vitaminas que están presentes en el grano de quinua. La vitamina A, que es importante para la visión, el desarrollo embrionario, el gusto, la audición, el apetito y el desarrollo, está presente en la quinua en rango de 0,12 a 0,53 mg/100 g de materia seca (Olso, citado por la FAO 2011).

Cuadro 5. Contenido de vitaminas en el grano de quinua (mg/100g de materia seca)

Vitaminas	Rango
Vitamina A (carotenos)	0.12 – 0.53
Vitamina E	4.60 – 5.90
Tiamina	0.05 – 0.60
Riboflavina	0.20 – 0.46
Niacina	0.16 – 1.60
Ácido ascórbico	0.00 – 8.50

Fuente: Ruales *et al.*, 1992, citado por FAO 2011.

Risi *et al.* (2015), nos menciona que la vitamina E tiene propiedades antioxidantes e impide la peroxidación de los lípidos. Los alimentos ricos en tiamina o vitamina B1 son los cereales, verduras, leguminosas, tubérculos, leche, pescados y huevos.

3.2. Características de los abonos orgánicos

Los abonos orgánicos como el estiércol y compost son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal. Con la descomposición de los abonos se va enriqueciendo con carbono orgánico al suelo y mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. La aplicación de abonos en los suelos del altiplano es importante constituye en una fuente de nutrientes disponibles para la planta a costos relativamente bajos. Las actividades de promoción para la incorporación de estiércol posibilitaron en los productores una toma de conciencia sobre la necesidad e importancia del abonamiento de las parcelas quinueras con materia orgánica (Flores *et al.*, 2010).

Según Miranda *et al.*, citado por IICA (2017), el estiércol de ganado es mezcla de las heces con orines lo cual lo utilizan como abono en el Altiplano boliviano, es una de las fuentes de abono orgánico más accesible para los productores. Los agricultores de esta región incorporan estiércol entre 2 a 4 toneladas por hectárea en el momento de la siembra o durante el roturado en los meses de febrero y marzo antes de la siembra, la calidad del estiércol utilizado varía de acuerdo a la zona y la alimentación de camélidos.

3.2.1. Importancia del estiércol

Donahue *et al.* (1981), indica que la materia orgánica y el estiércol es una porción activa importante del suelo, este se encuentra en pequeña cantidad (1 a 5%), que puede modificar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aumenta la porosidad y mejora las relaciones agua-aire, reduciendo la erosión ocasionada por el agua y el viento, mejora la estructura del suelo. También señala que la materia orgánica es fuente de nitrógeno en el suelo, de 5-60% de fósforo y 80% de azufre.

Sobre la importancia del estiércol Infoagro (2009), menciona que el estiércol y los desechos vegetales son utilizados como fertilizantes ricos en humus (materia orgánica en descomposición), el estiércol liberan muchos nutrientes importantes en el suelo, el estiércol contribuye también a aflojar el suelo y retener el agua.

3.2.2. Características del estiércol

La FAO, mencionado por Condori (2008), muestra las cantidades promedios del contenido de nutrientes de distintos estiércoles de especies animales en comparación al estiércol de llama (cuadro 6).

Cuadro 6. Cantidades promedio de contenido de nutrientes de distintas especies.

COMPONENTE	BOVINO	GALLINAZA	OVINO	CAPRINO	CAMELIDO (llama)	CERDO
Ph	8.3	7.6	8	8	7.9	7.3
N. T. % Nitrógeno Total	1.13	2.7	1.68	2.2	1.5	1.75
P2O5 Totales % Fósforo asimilable	1.65	2.72	1.28	1.53	0.85	2.28
K2O Totales % Potasio intercambiable	1.52	1.52	1.39	1.06	1.16	2.11
Ca T. % Calcio Totales	1.41	8.6	1.01	1.42	0.94	0.8
RELACION C/N Carbono/Nitrógeno	21.2	15.9	23.8	15.8	29.8	19.9

Fuente: FAO (1990)

Flores (2002), indica que la mayoría de los abonos de origen animal, contienen varios elementos nutritivos (particularmente Nitrógeno, Fósforo y Potasio así como pequeñas cantidades de elementos menores), cuya concentración, es más baja que la de los fertilizantes minerales. A pesar de ello, el estiércol no debe valorarse únicamente por su contenido en nutrientes, sino también por su benéfico en el suelo.

Para Tisdale y Nelson (1991), el estiércol contienen varios elementos nutritivos debe considerarse primeramente como un abono nitrogenado y en un nivel menor como un abono potásico. La pérdida de nutrientes en el estiércol es seria, por ejemplo, si el estiércol se deja secar en la superficie del suelo después de ser esparcido y antes de ser labrado, un 25% de nitrógeno puede perderse por volatilización en un día y un 50% en 4 días.

En el cuadro 7. Reporta el contenido de los diferentes elementos en el estiércol de llama y oveja procedente de la Comunidad Huaraco, Provincia Aroma, altiplano central de Bolivia (Chilon, 1997).

Cuadro 7. Análisis químico del estiércol de llama y ovino.

Estiércol	% Humedad	% Nitrógeno	% Carbono	% M.O.	% Fósforo
Estiércol de oveja	5.8	1.012	30.42	52.39	1.04
Estiércol de llama	9.1	1.303	24.52	42.23	1.02

Fuente: Chilon (1991) citado por Chilon (1997)

3.3. Compost

Chilon (2011), nos menciona que el compost surge como una alternativa para alimentar a nuestros suelos podres y así sean más fértiles para la producción, el compostaje no es una técnica nueva de elaboración de abonos orgánicos, porque se práctica en muchos lugares del mundo realizando compostaje con diferentes activadores, pero en el caso de la zona altoandina de Bolivia, se está investigando aquellas cuestiones que no fueron definitivamente resueltas que tienen que ver con el excesivo tiempo de obtención del compost y con su calidad. En la zona altoandina a unos 4.000 metros sobre el nivel del mar realizan el compostaje con materiales locales como ser rastrojos de cosecha, paja de cereales, estiércol de bovinos, ovinos y de camélidos.

Según Estrada (2010), la palabra compost significa compuesto, este abono es el resultado del proceso de descomposición y fermentación de diferentes clases de materiales orgánicos (restos de cosechas, excrementos de animales y otros residuos), realizados por microorganismos y macroorganismos en presencia de aire (oxígeno y otros gases), lo cual permite obtener como producto el compost, que es un abono excelente para ser utilizado en la agricultura mejora la estructura del suelo y proporciona nutrientes. Este tipo de abono requiere de mucha mano de obra para su elaboración, sobre todo porque hay que voltear múltiples veces durante todo el proceso, que dura en clima frío aproximadamente de 3.5 a 4 meses. Por lo que es necesario valorar con cuanto de mano de obra se cuenta, para realizar este abono, cuyo proceso de descomposición de materia orgánica es en presencia de oxígeno (aeróbico).

3.3.1. Factores que intervienen en el proceso de compostaje

Estrada (2010), indica que los factores que intervienen en el proceso de compostaje es la siguiente:

Temperatura: Si la actividad microbiológica y la mezcla de materiales son buena, a las 14 horas después de preparada debe subir la temperatura. Una temperatura de 50 °C es un buen indicador, si sube hasta 70 °C, se debe enfriar, volteando la mezcla y agregando agua. Cuando la temperatura es muy alta los microorganismos entre los que sobre salen ascomicetes, lactobacillus y levaduras, mueren y otros no actúan.

Palmero (2010), indica que cada población microbiana que forma parte activa del proceso de compostaje, se desarrolla mejor en ambiente con temperaturas específicas. Durante este proceso fermentativo y de descomposición de la materia orgánica se van sucediendo diversas colonias de microorganismos.

- Criofilos: 0 - 20 °C
- Mesofilos: 20 - 30 °C
- Termofilos: 35 - 70 °C

Humedad: La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos y la humedad óptima para el proceso de abono es del 50 a 60% en relación con el peso de la mezcla. Al estar muy seco, la descomposición es lenta y disminuye la actividad de los microorganismos, al estar muy húmedo hace falta oxígeno y puede haber putrefacción, ya que el agua ocupara todos los espacios. Como resultado una mezcla de mal olor y textura muy suave por exceso de agua.

Aireación: El proceso de compostaje es aeróbico y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera, se debe tener cuidado de no compactar los materiales; si no hay buen aire en el montón, los microorganismos aeróbicos no pueden trabajar y sale un producto de mala calidad.

Relación Carbono / Nitrógeno: Estos son dos componentes básicos de la materia orgánica y para obtener buena calidad, debe existir una relación equilibrada entre ambos elementos. Esta relación depende del tipo de materiales y sus proporciones; los

de tejido leñoso, son fibrosos y secos se descomponen lentamente y son ricos en carbono. Los verdes, frescos y que se descomponen con rapidez, incluidas las leguminosas. Los estiércoles contienen ambos elementos, la relación debe ser entre 25 a 35 partes de carbono por una parte de Nitrógeno.

El pH: En el proceso del compostaje el pH depende de los materiales que se utilizaron y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro (Román *et al.*, 2013).

Tamaño de las partículas: Entre más grande sea el tamaño de los trozos de los materiales usados, más tiempo tardan en descomponerse. Es preferible picar los materiales y organizarlos en capas intercaladas, requiere más trabajo pero permite mejor calidad y mayor velocidad en el proceso de descomposición.

Población microbiana: El compostaje es un proceso aeróbico (con presencia de aire) de descomposición de los materiales orgánicos, llevada a cabo por una amplia de poblaciones de bacterias y hongos.

3.3.2. Fases del compostaje

Román *et al.* (2013), dicen que las fases del compostaje son las siguientes:

1. Fase mesófila. El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días, la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y por tanto, el pH puede bajar (hasta 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre 2 y 8 días).

2. Fase termófila o de higienización. Dependiendo del material de partida y de las condiciones ambientales, el proceso puede durar entre una semana, en sistemas acelerados, y uno o dos meses en sistemas de fermentación lenta. Como consecuencia de la intensa actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura alcanzado en la

pila de residuos, provoca la aparición de organismos termófilos (bacterias y hongos). Estos organismos actúan a temperaturas mayores (entre 60 y 70° C), produciendo una rápida degradación de la materia.

La temperatura alcanzada durante esta fase del proceso garantiza la higienización y eliminación de gérmenes patógenos, larvas y semillas. Pasado este tiempo disminuye la actividad biológica y se estabiliza el medio.

3. Fase de enfriamiento o mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino.

Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

4. Fase de maduración. Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

3.3.3. Ventajas de abono tipo compost

Según Estrada (2010), las propiedades del compost son:

- **Mejora las propiedades físicas del suelo:** El compost, al ser materia orgánica descompuesta, favorece la estructura de los agregados del suelo, mejora la porosidad y permeabilidad, al constituirse en compuesto coloidal con mayor número de poros permite suelos más esponjosos por tanto retienen una mayor cantidad de agua.
- **Mejora las propiedades químicas:** Aumenta el contenido de micro nutrientes y macro nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio. Aumenta la capacidad de intercambio catiónico, que es la capacidad de retener nutrientes para hacerlos disponibles a los cultivos.

- **Mejora la actividad biológica del suelo:** El compost actúa como soporte y alimento del micro organismo, los cuales contribuyen a la mineralización. El compost al aumentar la temperatura del suelo incrementa la cantidad de microorganismos, que producirán mayor cantidad de nutrientes.

3.4. Activadores biológicos

Chilon (2011), indica que la técnica de elaboración de abono orgánico, en los ambientes altoandinos cercanos a los 4.000 m.s.n.m. con la utilización de materiales locales altoandinos, rastrojos de cosecha, estiércol de bovinos, ovinos y de camélidos, ceniza, activadores biológicos locales de quinua, tarwi, yogurt, levadura y agua, con el manejo de la aireación y la humedad, con la obtención del producto final de 1.5 a 2 meses.

El comportamiento térmico del compostaje altoandino en condiciones controladas, verificándose que el proceso de compostación se desarrolla en el rango de 15 a 50° centígrados, identificándose cuatro etapas o momentos de diferente duración, una etapa inicial de corta duración, una fase de alta temperatura, luego una fase de maduración de mayor tiempo y la fase final de culminación del compostaje.

Se comprobó que un buen manejo y cuidados durante la compostación, con una aireación adecuada, volteos oportunos y la dotación de agua en cantidades necesarias, así como la aplicación de un activador biológico adecuado disminuyen el tiempo de compostación, y garantizan la obtención de un abono orgánico de buena calidad.

Activadores biológicos locales (ABL): Sustancias orgánicas obtenidas de la fermentación o chicha de quinua, tarwi y otros cultivos andinos con un contenido proteico significativo, que aportan microorganismos para el proceso de compostación, activando a los microorganismos presentes en el material inicial, que responsables del proceso de descomposición.

Activadores biológicos convencionales (ABC): Sustancias resultantes del procesamiento de la leche caso yogurt, suero de leche, y también del aislamiento de microorganismos de levadura, que coadyuvan al proceso de compostación.

3.4.1. Tipos de activadores biológicos

Levadura: Las colonias pastosas corresponden a un grupo de hongos conocido como levaduras. Éstos son organismos unicelulares en algún momento de su ciclo de vida y se multiplican por brotación o fisión (Déak y Beuchat, citado por Carrillo *et al.*, 2007).

Yogurt: Los microorganismos encargados de convertir la leche en yogur (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*) son bacterias gran positivas, producen ácido láctico. Estos microorganismos crecen en forma óptima en un intervalo de temperaturas entre los 40 y 45°C; su metabolismo se detiene a temperaturas por debajo de los 10°C. *Lactobacillus bulgaricus* es capaz de fermentar glucosa, fructosa, lactosa y sacarosa (Hernández, citado por Toro 2014).

Suero de leche: El suero de leche es una fuente de proteína de alta calidad, proveniente de la leche y es el subproducto del proceso de elaboración de queso. El suero de leche es un término colectivo que describe las proteínas solubles en la leche en un ambiente de bajo pH, como existe durante la elaboración del queso, este proceso permite la liberación de las proteínas de suero de leche (Foots, citado por Toro 2014).

3.5. Costos de producción

Perrin *et al.* (1988), nos menciona que los estudios económicos se basa en la evaluación del beneficio/costo de la producción en base a los ingresos brutos, ingresos netos, y los costos de producción evaluados en las unidades experimentales transformándolas en unidad de superficie (hectáreas). Al respecto hay investigación de sobre la rentabilidad del cultivo de quinua donde se dice que por cada Bs. 1 invertido en la quinua existe cierta ganancia o pérdida.

El análisis económico para el agricultor está relacionado, con la fuerza de trabajo, sobre todo con mano de obra, la cual puede ser familiar o contratada. En el análisis económico en la producción de quinua, existen dos componentes importantes: La economía expresada en unidad monetaria y el recurso tierra. La mayoría de los productores se dedica al cuidado de los animales pero en las épocas de preparación de terreno, siembra, cosecha y post cosecha se dedican a la actividad agrícola donde en ese momento necesitan mano de obra o maquinaria agrícola.

4. LOCALIZACIÓN

El presente estudio de investigación se realizó en el centro de investigación Kiphakiphani dependiente de la Fundación PROINPA ubicado en el Municipio de Viacha, Provincia Ingavi del departamento de La Paz (figura 3) en Altiplano Central.

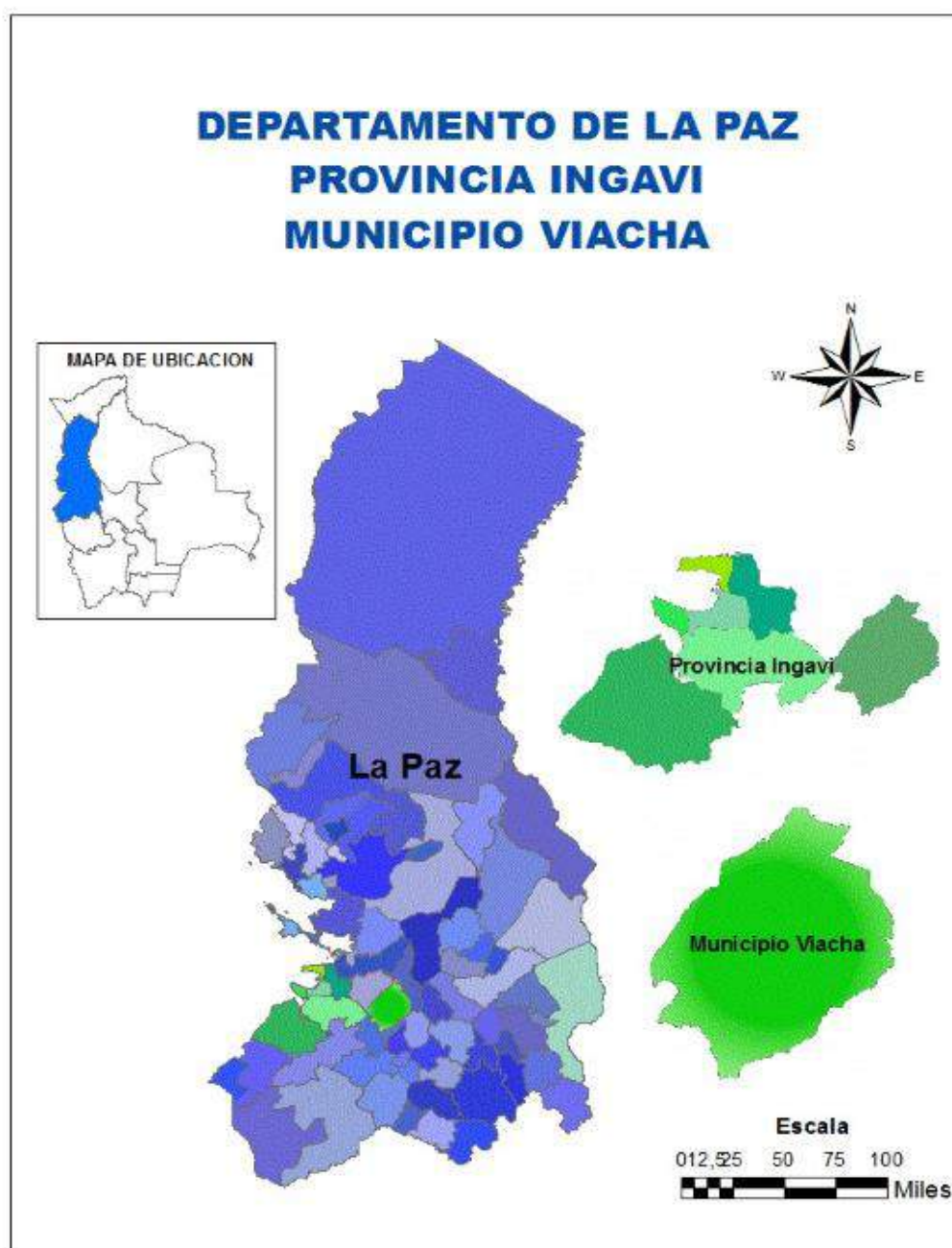


Figura 3. Mapa de ubicación geográfica.

4.1. Ubicación geográfica

Los predios de la Fundación PROINPA está ubicada a 16°40'30" S (latitud Sur) y 68°17'58" W (longitud Oeste), altitud 3.880 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente a 41 Km de La Paz y 4 Km de Viacha.



Figura 4. Ubicación de la parcela experimental.

4.2. Descripción de la zona

4.2.1. Clima

En el municipio de Viacha la temperatura promedio anual tiende a variar de 9.8 °C a 10.3 °C en verano y con un promedio mínimo anual de 5.1 °C en invierno. Las heladas se presentan con mayor frecuencia en invierno, y muy raras veces en el verano. Presenta una humedad: máxima de 86.6 % y un 27.6 % como humedad mínima. La precipitación pluvial alcanza a 559 mm (SENAMHI, 2014).

4.2.2. Fisiografía

Según Callisaya (1994), la zona presenta una topografía ligeramente plana a ondulada, con laderas de colinas poco extensas y de mayor declive. También menciona que esta región es susceptible a tener desastres naturales como inundaciones, sequías periódicas, granizadas y heladas.

4.2.3. Suelo

Callisaya (1994), describe que el suelo es de formación aluvial con deposiciones finas, con una profundidad efectiva de 25 a 32 cm, de textura arcillo-limoso y franco arcillo-limoso. Tiene suelo de consistencia adherida en mojado, friable en húmedo y ligeramente duro en seco. El subsuelo presenta consistencia ligeramente adherente en mojado.

4.2.4. Vegetación

Callisaya (1994) menciona que la pradera presenta características de una estepa sub húmeda montano (herbazal gramíneo baja arbustiva montano semiárida).

La vegetación que se observó en la región donde se estableció el trabajo de investigación estuvo constituida por cultivos y una vegetación nativa, entre las cultivadas se menciona a la papa (*Solanum tuberosum* L.), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), cebada (*Hordium vulgare* L.), avena (*Avena sativa* L.), kañawa (*Chenopodium pallidicaule*), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y tarwi (*Lupinus mutabilis*).

El agroecosistema local, está conformado por especies nativas tales como: chillihua (*Festuca dolichophylla*), bolsa de pastor (*Capsella bursa pastoris*), cebadilla (*Bromus unioloides*), t'ula (*Lephydophyllum quadrangulare*), reloj reloj (*Erodium cicutarium*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), cola de ratón (*Hordeum muticum*), paja brava (*Festuca orthophylla*), diente de león (*Taraxacum officinalis*), muni muni (*Bidens andicola*), mostaza (*Brassica campestris*), trébol silvestre (*Trifolium amabile* Kunth) y otras.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material biológico

- Semilla de quinua de la línea promisorio NINO -1
- Estiércol de llama

5.1.2. Material de campo

- Sembradora manual
- Pala
- Picota
- Chuntilla
- Rastrillo
- Estacas de madera
- Pintura blanca
- Azadón
- Martillo
- Zarandas
- Cinta métrica
- Bolsas polietileno
- Regla metálica

5.1.3. Material de laboratorio

- Balanza analítica
- Termómetro
- Vernier
- Tamices
- Caja Petri
- Papel secante
- Piseta

5.1.4. Material de gabinete

- Computadora portátil (laptop)
- Cuaderno de datos
- Cámara fotográfica digital

5.2. Metodología

5.2.1. Procedimiento experimental

5.2.1.1. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completos al azar considerando la heterogeneidad del terreno (ligera pendiente) y el factor de estudio consistente en niveles de abonamiento. Se tuvo cuatro bloques y cinco tratamientos, utilizando cinco niveles de abonamiento, haciendo un total de 20 unidades experimentales.

5.2.1.2. Modelo estadístico

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

Y_{ij} = Una observación.

μ = Media general del experimento.

β_j = Efecto aleatorio del j - esimo bloque.

T_i = Efecto fijo de la i -esimo de niveles de estiércol semi-descompuesto.

ϵ_{ij} = Efecto aleatorio de residuales ($0, \sigma\epsilon^2$).

5.2.1.3. Tratamientos

En el cuadro 8, se presenta los tratamientos aplicados en el trabajo de investigación:

Cuadro 8. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Nivel de estiércol semi-descompuesto
T1	0 t/ha
T2	2 t/ha
T3	4 t/ha
T4	6 t/ha
T5	8 t/ha

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1.4. Croquis experimental

Las características de la parcela experimental así como la distribución de los tratamientos y bloques se presentan en la figura 5.

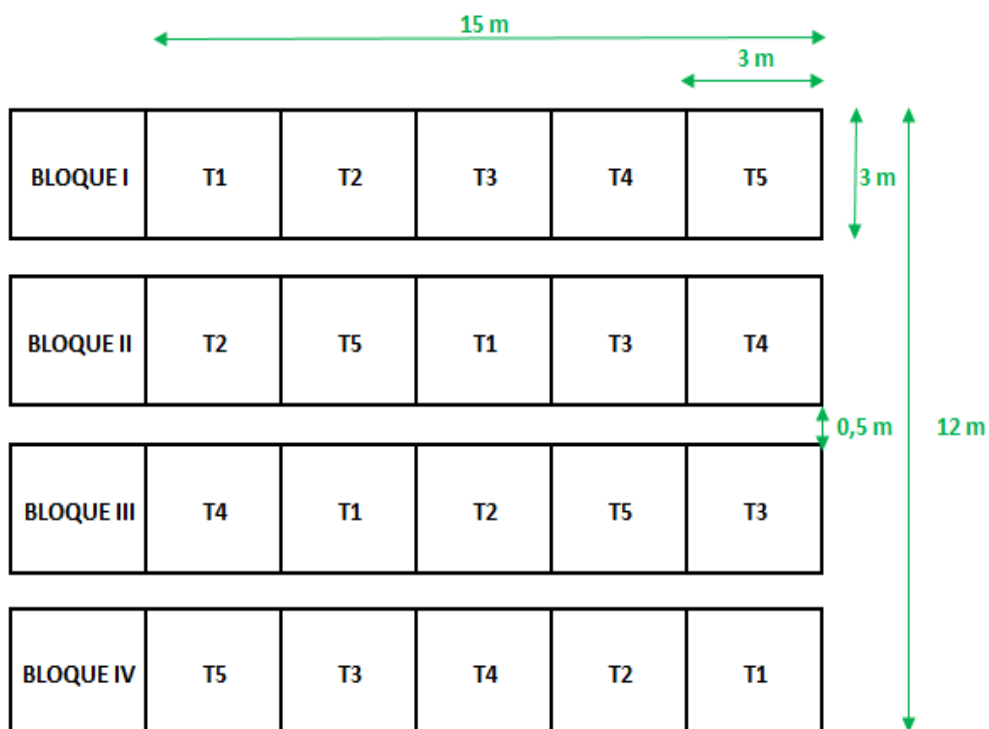


Figura 5. Croquis experimental.

Las características de la parcela experimental son las siguientes:

- Área total de la parcela = 180 m²
- Área de unidad experimental = 9 m²
- Largo total del tratamiento = 15 m
- Largo total de los bloques = 12 m
- Distancia entre surcos = 0.5 m
- Pasillo entre tratamientos = 0.5 m
- Número de bloque = 4 unid
- Número de tratamientos = 5 unid
- Unidades experimentales = 20 unid
- Número de surcos por Unidad Exp = 6 unid
- Número total de surcos = 120 unid

5.2.2. Procedimiento en campo

5.2.2.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió con el roturado del suelo empleando tractor agrícola, seguidamente se realizó el rastrado y nivelado posteriormente.

La delimitación del área de estudio fue realizada de forma posterior a la preparación del terreno, con ayuda de una cinta métrica se midió la parcela con las dimensiones establecidas en el croquis experimental, demarcando cada unidad experimental con ayuda de estacas de madera y cordeles, dividiendo en veinte unidades experimentales dejando 0.5 m. (pasillo) entre bloques.

5.2.2.2. Muestreo de suelo

Antes de la siembra se realizó el muestreo del suelo obteniendo 1 kg de muestra respectivamente de un total de 10 sub muestras de toda la parcela, por el método de zigzag. Para obtener las muestras se realizó excavaciones en el suelo donde se obtuvieron muestras que posteriormente se realizó una mezcla homogénea. La muestra de suelo fue identificada con etiqueta, cerrada herméticamente y llevada a laboratorio del instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEM) para su respectivo análisis de nitrógeno, potasio, fósforo y pH. El muestreo de suelo se realizó al inicio de la siembra y después de la cosecha, en este último caso se obtuvo muestras de cada tratamiento.

También se muestreo el suelo para realizar la textura de suelo en laboratorio con el método hidrómetro de Bouyoucos. El método de Bouyoucos implica dispersar las partículas del suelo con una sustancia de hexametáfosfato de sodio.

Se seleccionó una muestra de suelo seco menor de 2 mm (previamente tamizada) en una balanza analítica se pesó 50 g de suelo seco y 5 g de hexametáfosfato de sodio, se introdujo en un vaso metálico el suelo con una cierta cantidad de agua destilada luego se puso al agitador por 5 minutos seguidamente se puso en el cilindro de 1000 ml con agua destilada y se utilizó el agitador para la homogenización de la muestra. Después de agitar a los 40 segundos se hizo la primera lectura con el hidrómetro se tomó la densidad y también se tomó la temperatura con el termómetro, luego se dejó reposar por 2 horas sin mover el cilindro y se hizo la segunda lectura de la suspensión.

5.2.2.2.1. Textura del suelo de la parcela experimental

Los resultados del análisis textural por el método de hidrómetro de Bouyoucos se muestran en el (cuadro 9).

Cuadro 9. Lecturas del proceso de análisis textural por el método hidrómetro de Bouyoucos.

Lectura	Tiempo	Densidad (g/l)	Temperatura (°C)	Densidad corregida (g/l)
1ra	40 segundos	15	17	13.8
2da	2 horas	10	17	8.8

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del laboratorio.

Los cálculos del porcentaje de arena, limo y arcilla para determinar la textura de suelo de la parcela experimental se muestra en el (cuadro 10).

Cuadro 10. Cálculos de porcentaje de arena, limo y arcilla.

% ARENA	% LIMO	% ARCILLA
$\% A = D_0 - D_1$	$\% L = D_1 - D_2$	$\%A + \%L + \%Y = 100\%$
$\% A = 50 \text{ gr/l} - 13.8 \text{ gr/l}$	$\% L = 13.8 \text{ gr/l} - 8.8 \text{ gr/l}$	$\%Y = 100\% - 72.4\% (A) - 10\% (L)$
$\% A = 36.2 \text{ gr/l (A)}$	$\% L = 5 \text{ gr/l (L)}$	$\%Y = 17.6\% (Y)$
$\% A = \frac{36.2 \text{ gr/l (A)}}{50 \text{ gr/l (A,L,Y)}} \times 100\%$	$\% L = \frac{5 \text{ gr/l (L)}}{50 \text{ gr/l (A,L,Y)}} \times 100\%$	
$\% A = 72.4 \% (A)$	$\% L = 10 \% (L)$	

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del laboratorio.

El resultado de la textura de suelo de la parcela experimental se determinó que tiene el 72.4 % de arena, 10 % de limo y 17.6 % de arcilla. Con el triangulo textural (figura 6) se determinó que se tiene un suelo franco arenoso.

La quínua es una planta que es una especie que se adapta bien a diferentes tipos de suelos, pero prefiere los franco-arenosos a franco-arcillosos, con buen drenaje, llanos o con pendientes moderadas, con profundidad media y con una riqueza media de nutrientes (SEPHU, 2010).

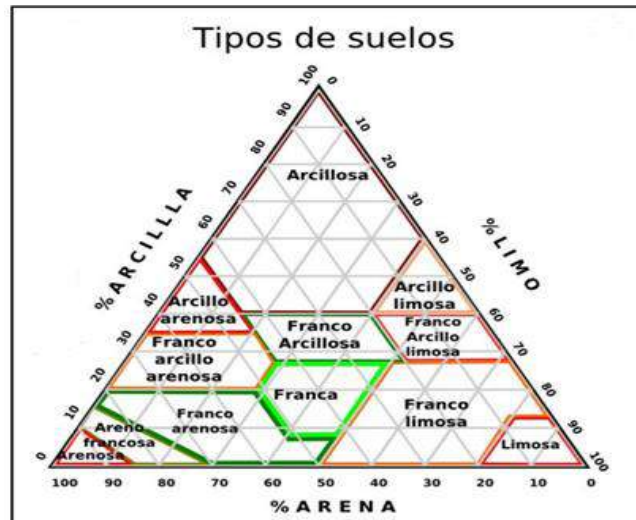


Figura 6. Triángulo textural (Agrobanco, 2012).

5.2.2.2.2. Contenido de nutrientes NPK en el suelo del sitio experimental antes de la siembra y después de la cosecha

El resultado del análisis de suelo de la parcela experimental antes de la siembra que reporta el contenido de N, P, K y pH se presenta en el (cuadro 11).

Cuadro 11. Contenido de nutrientes primarios (NPK) y pH antes de la siembra.

Parámetro	Resultado	Unidades	Método
Nitrógeno total	0.11	%	Kjeldahl
Fósforo asimilable	41.61	Ppm	Espectrofotometría UV-Visible
Potasio intercambiable	1.22	meq/100g	Emisión atómica
PH	7.72	-	Potenciometría

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del laboratorio del IBTEN.

El cuadro 11, se observa que la capa arable de la parcela experimental presentó un pH de 7.72 el cual nos indica que es un suelo neutro, valor que se encuentra dentro del rango requerido para el crecimiento del cultivo de quinua.

SEPHU (2010), describe que la quinua tiene un amplio rango donde puede desarrollarse con buen crecimiento y producción, pero los mejores suelos pueden estar comprendidos entre pH 6.0 (moderadamente ácido) a 8.5 (fuertemente alcalino).

Mujica *et al.* (2004), nos indica que el rango de pH apropiado para la quinua debe ser suelo neutro o ligeramente alcalino, aunque algunas variedades de quinua procedentes

de los salares en Bolivia, pueden soportar hasta pH 9, asimismo se ha encontrado quinua de suelos ácidos (pH 4.5).

En el cuadro 11, se puede observar que hay un contenido de nitrógeno total que es de 0.11 %, y cuyo valor se encuentra en el nivel medio ya que se encuentra en el rango de 0.1 – 0.21 % (Chilon, 1997).

Así mismo se muestra (cuadro 11) el valor de fósforo asimilable que es 41.61 ppm, que se considera como un valor alto ya que se encuentra a un nivel > a 14 ppm (Chilon, 1997).

En el mismo cuadro 11 podemos observar el valor de potasio intercambiable que es de 1.22 meq/100 g que es igual a 237.9 ppm, que según Chilon (1997) considera que es un valor medio ya que se encuentra en el rango de 124 – 248 ppm.

En el cuadro 12, se muestra el contenido de nutrientes primarios (NPK) y pH en el suelo después de la cosecha y según tratamientos.

Cuadro 12. Contenido de nutrientes primarios (NPK) en el suelo por tratamiento, después de la cosecha.

Tratamientos	Nitrógeno total (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (meq/100g)	pH
T1 = Testigo	0.61	27.14	1.35	6.96
T2 = 2 t/ha	0.84	25.26	1.49	7.07
T3 = 4 t/ha	1.09	26.73	1.49	7.24
T4 = 6 t/ha	1.35	27.74	1.66	7.23
T5 = 8 t/ha	1.60	35.57	1.86	7.35

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del laboratorio del IBTEN.

Los resultados del análisis químico del suelo que se realizó después de la cosecha (cuadro 12), se describe a continuación el contenido de nitrógeno en el suelo en el testigo es 0.61 %, en el tratamiento T2 es de 0.84 %, tratamiento T3 es de 1.09 %, tratamiento T4 es de 1.35 % y el tratamiento T5 es de 1.60 %. La cantidad de nitrógeno total antes de la siembra fue 0.11% lo cual se observa que se incrementó el nitrógeno en cada tratamiento atribuyéndose el efecto residual.

El fósforo asimilable por tratamiento se muestra en el (cuadro 12), la mayor cantidad de fósforo tiene el tratamiento T5 que es de 35.57 ppm y en menor cantidad de fósforo es el tratamiento T1 que es el testigo con 27.14 ppm. Pero el contenido de fósforo antes de la siembra fue de 41.61 ppm, donde se observa una disminución de este nutriente.

La menor cantidad de potasio en el suelo que es de 1.35 meq/100 g (cuadro 12) corresponde al testigo T1 y la mayor cantidad de potasio que hay en el suelo se encuentra en el tratamiento T5 que es 1.86 meq/100 g. En cambio el tratamiento T2 y T3 tiene 1.49 meq/100 g de potasio intercambiable. Antes de la siembra la cantidad de potasio en el suelo fue de 1.22 meq/100 g nos indica que el contenido de potasio aumentó en cada uno de los tratamientos.

El pH en los cinco tratamientos va desde 6.96 hasta 7.35 lo cual nos indica que está en el rango aceptable porque el pH óptimo para el cultivo de la quinua es de 6.5 a 8.0.

La quinua presenta un rango amplio de desarrollo y producción a diferentes pH del suelo. Se ha observado que es un cultivo viable y con buenos rendimientos en suelos ligeramente alcalinos de pH 9 en salares de Bolivia o Perú (Mujica *et al.*, 2004).

En el cuadro 12, se observa que al aplicar los niveles de abonamiento de 2, 4, 6 y 8 t/ha de estiércol semi-descompuesto, se va incorporando al suelo las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio. De estos elementos solo una fracción es disponible para las plantas, ya que el proceso de mineralización, en estas condiciones en las que se encuentran los nutrientes es muy lento debido a las condiciones climáticas.

5.2.2.3. Siembra

En el terreno ya preparado se demarcó bien las parcelas experimentales y dentro de ella se estableció las distancias entre hileras con estacas en los extremos de las parcelas. La siembra se realizó el 22 de octubre de 2016, se sembró por tratamientos según el diseño experimental empleando el método de siembra fue en hileras con una sembradora manual con dos salidas, la distancia de siembra entre hileras fue de 0.50 m y el largo de las hileras fue a 3 m. La profundidad de siembra fue de 3 a 5 cm y la cantidad de semilla utilizada fue en la relación de 8 kg/ha.

5.2.2.4. Marbeteado de plantas

Para realizar el marbeteado de plantas, se identificaron al azar seis plantas para cada unidad experimental, tomando en cuenta solo de la parcela útil excluyendo plantas de los surcos de bordura y las cabeceras de surco. Las plantas seleccionadas fueron señaladas con marbetes para sus respectivas evaluaciones.

5.2.2.5. Elaboración del estiércol semi-descompuesto

La elaboración del estiércol semi-descompuesto se realizó después de la siembra el 17 de noviembre de 2016.

a. Preparación del terreno para elaborar el estiércol semi-descompuesto

Para el tratamiento del estiércol primeramente se preparó una fosa superficial en el suelo con dimensiones de 2 m de largo 1 m de ancho.

b. Activadores: Se preparó los activadores de la siguiente manera:

Antes de iniciar el proceso, se pesó 2 kg de quinua y se puso en un bañador donde se añadió agua tibia hasta cubrir toda la quinua para que germine luego se licuó en la licuadora con 3 litros de agua y esta preparación se mezcló con 10 litros de agua donde se obtuvo 13 litros de solución. En segundo lugar la levadura seca de 0.5 kg se diluyó en 4 litros de agua. Por último el yogurt de 2 litros se diluyó en 8 litros de agua donde se obtuvo 10 litros de solución y en total de todos los activadores preparados se obtuvo 27 litros de solución.

c. Acopio de estiércol

El estiércol empleado en el estudio proviene de crías de llama del centro Kiphakiphani, se recolectó el estiércol del corral de la llama reuniéndolo en un solo lugar el material para luego transportar al sitio de compostaje.

d. Armado de pila

Para el armado de pila se pesó 180 kg de estiércol de llama. Posteriormente se procedió a la formación de la pila colocando una capa de 20 cm de estiércol, luego se añadió la solución de yogurt, levadura y la quinua germinada. Los pasos se repitieron

varias veces hasta formar una pila de 0.9 m. El proceso del compostaje fue interrumpido cuando la temperatura descendió del pico alto alcanzado.

e. Cubierta

Para el proceso de semi compostaje se necesita de temperaturas adecuadas, para lo cual se utilizó nylon corriente de color amarillo, como aislantes, para la protección contra cambios de temperatura y humedad en el ambiente pero por sobre todo de las lluvias y de la acción directa de los rayos del sol, puesto que se quiere minimizar al máximo la pérdida de humedad y calor.

f. Volteó y riego

El primer volteó se realizó luego de 4 días, cada volteó se desarrolló de la siguiente manera: la parte superior se introdujo en la parte de abajo así sucesivamente hasta voltearlo completamente el armado de pila, cada 4 días durante el proceso de semi compostaje se volteó el estiércol con pala para que los microorganismos ataquen mejor y aceleren su descomposición en total se volteó 4 veces en un periodo de 20 días. El riego se realizó en cada volteó con 10 litros de agua, la distribución se efectuó en 4 capas en el proceso de volteo.

g. Aplicación del estiércol semi-descompuesto

El en estiércol semi-descompuesto se ha determinado su contenido de materia seca para luego incorporar las dosis previstas. El material semi-descompuesto fue aplicado en forma localizada (surco), luego fue cubierto ligeramente con tierra mediante el surcado tipo aporque.

5.2.2.6. Muestreo del estiércol semi-descompuesto

En el muestreo del estiércol semi-descompuesto de camélido se tomó de la parte superior, medio e inferior de la pila y se realizó una mezcla homogénea donde de la cual se pesó 1 kg de estiércol semi-descompuesto. La muestra del estiércol fue cerrada herméticamente, etiquetada y llevada al laboratorio del Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEM) para su respectivo análisis. El muestreo del estiércol semi-descompuesto se realizó antes de incorporar a la parcela experimental.

5.2.2.6.1. Nutrientes NPK en el estiércol semi-descompuesto

Los resultados del análisis de abonos se muestra en el (cuadro 13), donde podemos observar el contenido de N, P, K, pH y materia orgánica.

Cuadro 13. Contenido de nutrientes primarios (NPK), materia orgánica y pH en el estiércol semi-descompuesto.

Parámetro	Resultado	Unidades	Método
Nitrógeno total	1.48	%	Kjeldahl
Fósforo	0.39	%	Espectrofotometria UV-Visible
Potasio	1.18	%	Emisión atómica
Materia orgánica	21.61	%	Walkley Black
pH en agua 1:5	9.42	-	Potenciometria

Fuente: Elaboración propia en base a resultados del laboratorio del IBTEN.

El cuadro 13, se observa el análisis químico realizado al estiércol semi-descompuesto de camélido tomando en cuenta a los macronutrientes más importante para la planta que son NPK, la cantidad de nitrógeno en el estiércol semi-descompuesto es de 1.48 %, el fósforo 0.39 %, potasio 1.18 % y materia orgánica de 21.61 %. También se tiene el valor de pH que tiene un valor de 9.42 que es muy fuertemente alcalino.

5.2.2.7. Labores culturales

a) Control de malezas: Se realizó el deshierbe de forma manual 40, 55 y 80 días después de la siembra con ayuda de chuntilla y azadón. El primer deshierbe se realizó en la fase de ramificación, el segundo deshierbe se hizo en la fase de inicio de panojamiento y el tercer deshierbe se realizó en la fase de floración.

b) Raleo y aporque: El raleo fue para uniformizar la densidad de las plantas dejando un espacio de 10 a 15 cm entre planta para evitar la competencia por agua, luz y nutrientes. También se eliminó a las plantas débiles y pequeñas en cada hilera. El aporque se realizó juntamente con la aplicación del estiércol semi – descompuesto que fue el 7 de diciembre de 2016 con la ayuda de una chuntilla, subiendo la tierra a los lomos de las hileras donde estaban las plantas.

c) Purificación: La purificación se realizó 50 DDS (fase de panojamiento). Consistió en eliminar plantas diferentes en cuanto a la morfología de la planta (color de la panoja, forma de la panoja, color del tallo y color de la planta).

d) Control de enfermedades: Se realizó dos controles químicos contra el mildiu (*Peronospora variabilis*), a los 98 y 108 días después de la siembra. Para tal efecto, se empleó el fungicida comercial "Ridomil", la dosis de preparación fue 40 g de Ridomil en 10 litros de agua a dicha preparación se añadió 10 ml de Gomax como adherente.

e) Control de plagas: Las plagas que se presentaron fueron polillas y pájaros. Para el control de las polillas (*Eurysacca melanocampta*) se realizó un control químico 76 días después de la siembra en la fase de floración, la dosis que se aplicó al cultivo fue 30 ml del insecticida Karate para 20 litros de agua donde se añadió 7 ml de adherente Gomax. Para el control de palomas y pájaros, se utilizó espanta pájaros que fue construidas con palos y bolsas plásticas las cuales se puso en cada extremo de la parcela.

5.2.2.8. Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual (hoz) cuando la planta llegó a la madurez fisiológica, cuando las hojas cambian de color y empiezan a caerse, dando una coloración amarilla y el grano al ser presionado con la uña son resistentes. Cada tratamiento tenía 6 surcos que eran de 3 m de largo y el área de cada tratamiento fue de 9 m², primero se cosechó la parcela útil de cada tratamiento tomando en cuenta 4 surcos centrales dejando 1 surco a cada uno de los laterales y 0.5 m de cabecera de ambos extremos, por lo que quedó 2 m de largo de cada surco el área de la parcela útil de 4 m². A todas las plantas se procedió a apilar a un solo sentido para llevarlas a un ambiente bajo techo y cerrado para su posterior secado. Las plantas marbeteadas se los puso en sobres de papel manilla para su secado.

5.2.2.9. Secado

Para su secado se acomodó en lonas por bloques y tratamientos para que así no se puedan mesclar se extendieron a todas las plantas, día por medio se los volteaba para que no retengan humedad y así puedan secarse más rápido las plantas.

5.2.2.10. Trilla

La trilla se realizó en forma manual, para lo cual se extendieron piezas de lona en el piso y ahí se comenzó a pisotear para desprender el grano de la inflorescencia, luego se retiraron los tallos con una zaranda para que solamente quede el grano.

5.2.2.11. Venteado y limpieza de grano

Después de la trilla, primeramente se realizó la limpieza de la broza empleando una zaranda separando el grano y jipi de restos de material trillado, para el pre venteado se recogió la mezcla del grano con jipi en un recipiente y se venteó acampo abierto. Seguidamente se procedió a pisotear los granos sobre lonas para remover los perigonios y finalmente se venteó nuevamente hasta que solo quedaron los granos. La labor del venteado se hizo por tratamiento.

5.2.2.12. Almacenamiento

Una vez que se tuvo el grano limpio, se procedió al etiquetado, embolsado y pesaje de los granos en laboratorio para así saber el rendimiento de cada parcela útil. El almacenamiento se realizó embolsado en sacos de yutes, en un ambiente fresco, seco y con ventilación, para evitar la presencia plagas y roedores.

5.3. Variables agronómicas

5.3.1. Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de quinua frente a diferentes dosis de estiércol semi-descompuesto

5.3.1.1. Altura de planta (cm)

La altura de planta fue medida a intervalos de tiempo durante su ciclo vegetativo a las seis plantas marbeteadas de cada unidad experimental. La altura se midió con la ayuda de una regla desde la base del suelo hasta el ápice de la planta cuando ya tuvo una altura mayor a 50 cm se midió con un flexómetro. Esta variable fue medida cada 15 días hasta el día de la cosecha, obteniendo en total 11 evaluaciones las medidas se realizó a partir del 05 de noviembre, 19 de noviembre, 03 de diciembre, 17 de diciembre y 31 de diciembre del 2016 luego las otras medidas se tomaron el año 2017 el 13 de enero, 27 de enero, 10 de febrero, 24 de febrero, 10 de marzo y finalmente el 17 de marzo.

5.3.1.2. Diámetro de panoja (cm)

El diámetro de panoja se midió en la fase de panojamiento hasta la fase de madurez esta medición se la realizó en el tercio medio inferior de la panoja, se midió con la ayuda de un vernier en cm a las seis plantas marbeteadas de cada unidad experimental esta variable se evaluó cada 15 días el primer dato se obtuvo el 23 de diciembre 2016 luego se tomaron el año 2017 el 06 de enero, 20 de enero, 03 de febrero, 17 de febrero, 03 de marzo y por último el 16 de marzo en total se obtuvo 7 datos.

5.3.1.3. Longitud de panoja (cm)

La longitud de panoja se midió con una regla en cm, desde la base hasta el ápice de la panoja, tomando en cuenta las seis plantas marbeteadas de cada unidad experimental en la fase de panojamiento hasta la fase de madurez fisiológica. Se tomaron 7 evaluaciones para la longitud de panoja la primera fue el 23 de diciembre del 2016 y las otras evaluaciones se tomaron el año 2017 el 06 de enero, 20 de enero, 03 de febrero, 17 de febrero, 03 de marzo, y finalmente el 16 de marzo.

5.3.1.4. Profundidad y amplitud de raíz (cm)

La profundidad y amplitud de la raíz fue evaluada después de la cosecha el 20 de marzo del 2017, para tal propósito se excavo el suelo en el lugar donde estaban las plantas marbeteadas para extraer la raíz. Después de extraer la raíz se midió con una regla la profundidad de raíz en cm desde el cuello de la raíz hasta la parte final de la raíz. La amplitud de la raíz se procedió a medir en cm con ayuda de una regla metálica.

5.3.2. Evaluación de la severidad del mildiu

5.3.2.1. Severidad del mildiu (%)

La severidad del mildiu (*Peronospora variabilis*) fue evaluada una vez que apareció la enfermedad en el cultivo, presentándose en la fase de grano lechoso a los 84 días después de la siembra. En las hojas aparecieron manchas pequeñas de color amarillento típico de la infección. La evaluación del mildiu fue con la escala porcentual. Se evaluó la severidad del mildiu el año 2017 desde 13 de enero, 20 de enero y por último el 27 de enero y en total se obtuvo 3 evaluaciones para esta variable.

Para la incidencia, se utilizó una escala de evaluación propuesta por Danielsen y Ames (2002), tal como lo demuestra la figura 6 y que determina el área foliar afectada del total de la superficie de la hoja, utilizándose la siguiente relación:

$$\% \text{Severidad} = \frac{\text{Área foliar enferma}}{\text{Área total de la hoja}} \times 100 \%$$

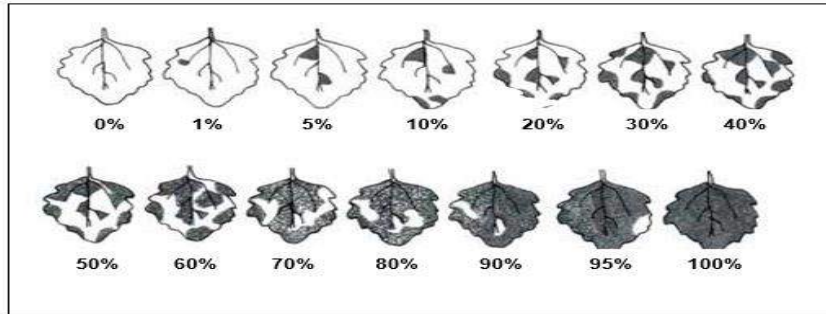


Figura 7. Escala de evaluación para la severidad del mildiu de la quinua (Danielsen y Ames, 2002).

5.3.3. Evaluación del rendimiento de grano del cultivo de quinua

5.3.3.1. Índice de cosecha (kg/kg)

Para el índice de cosecha se tomó en cuenta el peso seco de las plantas de la parcela útil y el peso de los granos de la parcela útil de cada tratamiento. Para realizar el cálculo del índice de cosecha mediante la siguiente fórmula.

$$\text{Índice de cosecha} = \frac{\text{Peso de grano limpio}}{\text{Peso de planta seca}}$$

5.3.3.2. Rendimiento de grano (kg/ha)

El rendimiento en grano se obtuvo por peso de grano obtenido de la parcela útil que fue de los cuatro surcos centrales de cada unidad experimental en primera instancia se expresó en gramos/parcela, posteriormente transformada a kilogramos/hectárea.

5.3.4. Determinación de las características del cultivo de quinua la calidad de grano según calibre y la viabilidad de semilla clasificada según calibre

5.3.4.1. Categorización de grano por tamaño (%)

Las categorías de grano se determinaron pesando en una balanza analítica una muestra de 100 g de grano limpio de cada tratamiento, luego la muestra fue introducida

a un calibrador de grano integrado por un juego de tamices graduados en el que se separó los granos grandes, medianos y pequeños. Luego cada categoría de grano fue pesada nuevamente y se guardó en bolsas plásticas cada uno con su marbete indicando su peso. El valor registrado fue llevado a porcentaje de peso de grano.

5.3.4.2. Viabilidad de semilla (%)

La viabilidad de semilla se evaluó en diferentes categorías de grano, mediante la prueba de germinación se realizó en laboratorio donde se prepararon las cajas Petri con papel secante, se introdujo 50 semillas por tratamiento con 4 repeticiones que fueron distribuidas en las cajas Petri, luego se procedió a humedecer uniformemente las semillas con una piseta. Los datos de germinación se tomaron a las 8, 16 y 24 horas después de la hidratación.

La siguiente relación permitió calcular el porcentaje de germinación:

$$\% \text{Germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas ensayadas}} \times 2 \times 100 \%$$

5.3.5. Evaluación del costo preliminar del cultivo de quinua

En el presente trabajo de investigación se consideró la rentabilidad del producto de la quinua. Esta evaluación se realizó siguiendo el método de costos marginales para la estimación de estos costos comparativos, metodología utilizada en la evaluación económica en los campos de agricultura (Perrin *et al.* 1988), por lo que se tiene el siguiente desglose económico:

5.3.5.1. Ingreso Bruto (Bs)

El ingreso bruto es el resultado del rendimiento del cultivo de quinua por el precio del mismo en el mercado, por unidad de superficie.

$$IB = R \times P \text{ (Bs)}$$

Dónde:

IB = Ingreso Bruto

R = Rendimiento

P = Precio en el mercado

5.3.5.2. Ingreso Neto (Bs)

El ingreso neto es el resultado del ingreso bruto menos los costos de producción:

$$IN = IB - CP \text{ (Bs)}$$

Dónde:

IN = Ingreso Neto

CP = Costo de Producción

5.3.5.3. Beneficio / Costo (Bs/Bs)

El Beneficio/costo es una relación del ingreso bruto sobre los costos de producción, indicando la rentabilidad de una actividad.

$$B/C = \frac{IB}{CP} \text{ (Bs/Bs)}$$

Dónde:

B/C = Relación beneficio – costo

IB = Ingreso Bruto

CP =Costo de Producción

La relación beneficio/costo (B/C) se determina de la siguiente manera:

La relación B/C > 1: los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción por lo tanto el cultivo con cierto sistema de producción es rentable, el agricultor tiene ingreso.

La relación B/C = 1: los ingresos económicos son iguales a los costos de producción, el cultivo con cierto sistema de producción no es rentable, solo cubre los gastos de producción, el agricultor no gana ni pierde.

La relación B/C < 1: No existe beneficio económico, por lo tanto el cultivo con cierto sistema de producción no es rentable, el agricultor no gana nada solo pierde.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de la quinua frente a diferentes dosis de estiércol semi-descompuesto.

6.1.1. Altura de planta



Figura 8. Curva de crecimiento durante el desarrollo de la planta.

En la figura 8, se observa la curva del incremento de la altura de planta para los cinco tratamientos en base a lectura quincenales, observándose una curva signoide típica del crecimiento vegetal. Hasta los 43 días después de la siembra no hubo diferencia visible entre los tratamientos, sin embargo después de los 57 días que coincide con la fase de panojamiento ya se evidenció las diferencias de altura entre los tratamientos ya que para ese entonces ya se aplicó el estiércol semi-descompuesto.

Por otra parte, se ve que todos los tratamientos en que se aplicaron estiércol, presentaron un crecimiento similar. Esta similitud en altura de la planta a pesar de haber recibido diferentes dosis de estiércol semi-descompuesto, se atribuye al efecto favorable del tratamiento. En cambio el T1 que no recibió ninguna aplicación siempre alcanzó la menor altura en todo el periodo.

El estiércol semi-descompuesto es importante en el desarrollo de la planta, ya que aporta nutrientes a la planta, así también mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, esto hace que las plantas tengan una altura superior. Mientras tanto las plantas sin estiércol semi-descompuesto (testigo) muestran un menor desarrollo por lo cual tardan en su crecimiento, esto puede ser a causa de las características físicas y químicas del suelo desventajosas frente a aquellos donde no se aplicó el estiércol.

A partir de los 112 días después de la siembra cuando las plantas se encontraban en fase de grano lechos ya entrando a la fase de grano pastoso, la altura se ha mantenido constante en todos los tratamientos hasta el final de la madurez fisiológica (hasta los 146 días después de la siembra).

El cuadro 14, presenta el análisis de varianza para altura de planta que se registró de los datos que se obtuvieron sobre la altura de planta.

Cuadro 14. Análisis de varianza para altura de planta a la madurez.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	59.66	3	19.89	1.12	0.3780 NS
TRATAMIENTO	536.73	4	134.18	7.59	0.0027 *
ERROR	212.25	12	17.69		
TOTAL	808.64	19			
CV = 4.17 %					

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

El análisis de varianza para la variable altura de planta a la madurez (cuadro 14), muestra que el efecto entre bloques es no significativo. Sin embargo, las diferencias observadas para los tratamientos, muestran diferencias estadísticas significativas (0.05), lo que quiere decir que los tratamientos, han tenido efecto significativo sobre la altura de planta. El coeficiente de variación es 4,17 % lo cual quiere decir que hubo un buen manejo de unidad experimental.

En la figura 9, se presenta los resultados de la prueba de Tukey para altura de planta con la aplicación del estiércol semi-descompuesto.



Figura 9. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta a la madurez.

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (figura 9), nos muestra dos grupos de medias similares. En el primer grupo están los tratamientos T4, T3, T2 y T5 cuyas alturas de planta se encuentran entre 105.67 y 101.34 cm. El otro grupo está integrado únicamente por el T1 que es el testigo donde la altura de planta alcanzada fue de 91.02 cm siendo significativamente menor al de los demás tratamientos.

Lo anterior nos muestra que cuando se incorpora el estiércol semi-descompuesto al suelo tienen mayor altura ya que las distintas dosis de abono mejoraron las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo un incremento de altura de la planta.

6.1.2. Diámetro de panoja

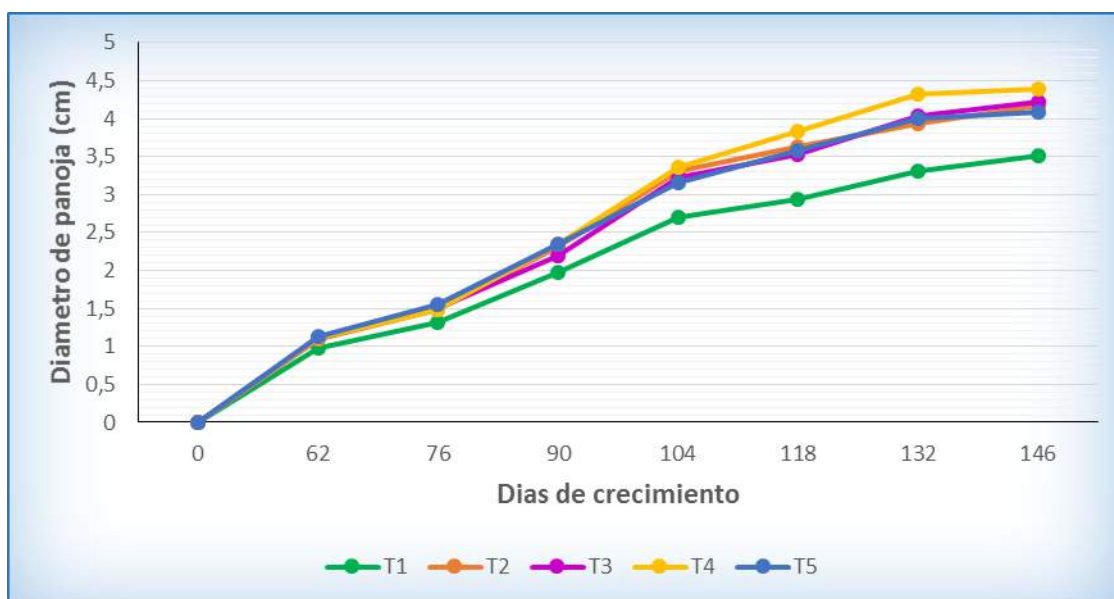


Figura 10. Diámetro de panoja en función del tiempo para los cinco tratamientos.

En la figura 10, se muestra el incremento en el diámetro de panoja desde la fase de inicio de panojamiento. Entre los días 62 al 90 después de la siembra el crecimiento similar en todos los tratamientos, pero a partir del día 90 para adelante se ve claramente que existe un incremento del diámetro de panoja a medida que transcurre el ciclo fenológico mostrando diferencias para los diferentes niveles de estiércol semi-descompuesto a excepción del tratamiento 1 (testigo) que presenta un menor crecimiento desde el inicio de panojamiento hasta la etapa final o madurez fisiológica.

Por otra parte, podemos observar que en las cuatro últimas lecturas el T4 con un nivel de abonamiento de 6 t/ha presenta el mayor diámetro de panoja y por el contrario el T1 (testigo) presenta el menor diámetro. Además los mayores diámetros de panoja se expresaron en los tratamientos que se registraron mayor altura de planta. Esto muestra el efecto favorable de la incorporación del estiércol semi-descompuesto sobre la altura de planta y el diámetro de panoja.

La altura de planta y el diámetro de panoja son caracteres correlacionados con la producción de grano, indican que cuanto mayor sea el diámetro de panoja, la posibilidad de tener mayor producción de grano aumenta (Espíndola, 1981).

El cuadro 15, presenta el análisis de varianza para el diámetro de panoja.

Cuadro 15. Análisis de varianza de diámetro de panoja a la madurez.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	0.08	3	0.03	2.01	0.1657 NS
TRATAMIENTO	1.77	4	0.44	33.68	0.0001 **
ERROR	0.16	12	0.01		
TOTAL	2.00	19			
CV = 2.81 %					

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

El análisis estadístico para el diámetro de panoja (cuadro 15), determina que no hay diferencia entre bloques lo cual nos indica que el suelo es homogéneo, por otra parte se observa que entre tratamientos las diferencias observadas son altamente significativas. El coeficiente de variación es de 2.81 %, lo cual refleja el grado de precisión del manejo del experimento.

En la figura 11, se presenta los resultados de la prueba de Tukey para diámetro de panoja con la aplicación del estiércol semi-descompuesto.



Figura 11. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja.

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad estadística se muestran en la (figura 11), donde en el primer grupo está el tratamiento T4 (6 t/ha de estiércol semi-descompuesto) sobresale con el valor más alto en el diámetro de panoja (4.39 cm) que además comparte medias similares con los tratamientos T3 y T2 (4 t/ha y 2 t/ha de estiércol) y tienen valores de 4.22 y 4.17 cm. En el segundo grupo de medias similares se encuentran los tratamientos T3, T2 y T5. Finalmente tenemos al T1 que representa al testigo que es el tratamiento con menor diámetro de panoja con 3.52 cm.

De lo anterior se deduce que a mayor cantidad de estiércol semi-descompuesto que se incorpora al cultivo mayor será el diámetro de panoja como podemos ver para los niveles 6 t/ha, 4 t/ha y 2 t/ha de estiércol semi-descompuesto. El tratamiento 5 con el mayor nivel de estiércol no alcanzó mayor diámetro de panoja, lo que puede atribuirse que a mayor cantidad de abono incorporado en el suelo tardó más tiempo en descomponerse.

Los nutrientes aplicados al suelo sufren muchas transformaciones. La cantidad de estiércol semi-descompuesto que aprovecha el cultivo, depende de factores edáficos, climáticos y del mismo cultivo.

6.1.3. Longitud de panoja

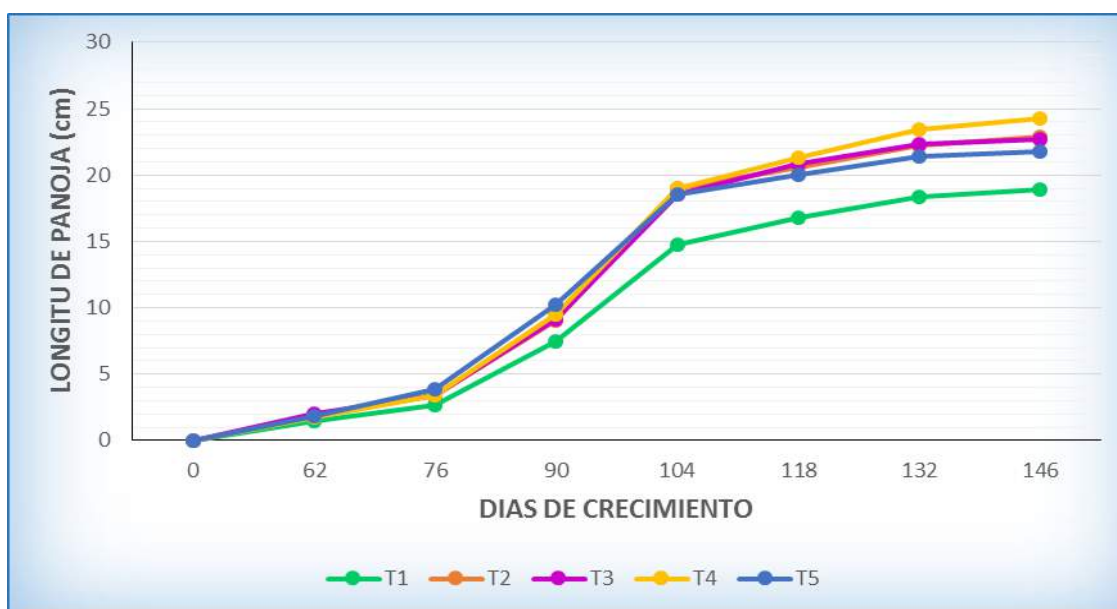


Figura 12. Longitud de panoja en función del tiempo para los cinco tratamientos.

El crecimiento de la longitud de la panoja se muestra en la figura 12, donde nos muestra que hasta el día 90 se produce un crecimiento de longitud de panoja casi similar en todos los tratamientos, a partir de los 90 días para adelante se va notando la diferencia en longitud de panoja mostrando diferencias para los diferentes niveles de estiércol semi-descompuesto. El T1 (testigo) presenta menor crecimiento.

En la figura 12, se observa el incremento de la longitud de panoja al aplicar el estiércol semi-descompuesto al cultivo de la quinua ya que aporta nutrientes y favorece a la actividad biológica en el suelo. Con la aplicación de 6 t/ha de estiércol semi-descompuesto se logra alcanzar una longitud de panoja de 24.31 cm que son casi iguales que con la aplicación de 8 t/ha. Según este resultado, no sería necesario aplicar mayor a 6 t/ha de estiércol semi-descompuesto en aplicación localizada ya que afecta en los costos de producción del cultivo.

Cuando se realiza un abonamiento de 88 - 23 - 71 de N - P₂O₅ - K₂O al cultivo de la quinua, se tiene mayor longitud de panoja. Con dosis mayores la eficiencia de uso de los nutrientes disminuye, debido a la capacidad metabólica del cultivo.

La longitud de panoja es considerada como un componente muy importante en el rendimiento de grano, que se encuentra relacionado con el incremento o decremento del rendimiento de grano (Espíndola, 1981).

En el cuadro 16, veremos el análisis de varianza para longitud de panoja.

Cuadro 16. Análisis de varianza para longitud de panoja.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	2.20	3	0.73	0.71	0.5620 NS
TRATAMIENTO	63.82	4	15.96	15.53	0.0001 **
ERROR	12.33	12	1.03		
TOTAL	78.35	19			
CV = 4.58 %					

CV=Coefficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

El análisis de varianza (cuadro 16) señala que no existen diferencias significativas entre bloques, pero que si existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos sobre la longitud de panoja. El coeficiente de variación es de 4.58 % el cual nos indica que hubo un buen manejo de unidades experimentales.

En la figura 13, se presenta los resultados de la prueba de Tukey para longitud de panoja con la aplicación del estiércol semi-descompuesto.



Figura 13. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja.

La prueba de Tukey al 5 % de probabilidad estadística para la variable longitud de panoja se muestra en la figura 13, donde se observa el T4, T2 y T3 conforman un grupo de medias similares con longitudes de panoja con 24.31, 22.88 y 22.73 cm respectivamente, aunque los tratamientos T2 y T3 comparten medias similares con el T5 que alcanzó una longitud de panoja de 21.82 cm. El T1 (testigo) tuvo menor longitud de panoja alcanzando 18.94 cm.

El tratamiento T5 donde se incorporó 8 t/ha de estiércol semi-descompuesto de llama tuvo un valor de 21.82 cm de longitud de panoja. Este tratamiento obtuvo el menor valor de los tratamientos donde se aplicó el estiércol semi-descompuesto, lo que podría interpretarse que a mayor dosis que se incorporó generó la competencia por capturar agua, oxígeno y CO₂ lo que podría traducirse en menor crecimiento de la panoja.

Ramos (2000), nos menciona que el rendimiento, altura de planta, longitud de panoja y diámetro de panoja, se comportan de manera similar, debido a la plasticidad de crecimiento fenotípica de la especie.

6.1.4. Profundidad de raíz

El cuadro 17, presenta el análisis de varianza para la profundidad de raíz, que fue registrada después de la cosecha.

Cuadro 17. Análisis de varianza para profundidad de raíz.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	0.02	3	0.01	0.13	0.9398 NS
TRATAMIENTO	79.89	4	19.97	321.40	<0.0001 **
ERROR	0.75	12	0.06		
TOTAL	80.66	19			
CV = 0.95 %					

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

El análisis de varianza (cuadro 17) muestra que las diferencias observadas entre bloques no son estadísticamente significativas, en cambio en los tratamientos es altamente significativa para la profundidad de raíz.

El coeficiente de variación es de 0.95 % este valor nos dice que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

En la figura 14, se presenta los resultados de la prueba de Tukey para la profundidad de raíz con la aplicación del estiércol semi-descompuesto.



Figura 14. Prueba de Tukey al 5% para profundidad de raíz.

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (figura 14), nos muestra que en primer lugar está el tratamiento T4 que obtuvo la mayor profundidad de raíz con 27.98 cm, en segundo lugar está el T3 con un valor de 27.36 cm, luego está el T2 con un valor de 27.07 cm, en penúltimo lugar está el T5 con 26.75 cm y por último se encuentra en testigo que es el T1 con 22.40 cm de profundidad de raíz.

La figura 14, presenta la profundidad de raíz donde se puede ver que en los tratamientos T4, T3, T2 y T5 que se aplicaron el estiércol semi-descompuesto alcanzaron una profundidad entre 27.98 y 26.75 cm, en cambio donde no se añadió el estiércol semi-descompuesto (testigo) la profundidad de raíz fue menor.

Las cantidades de materia orgánica pueden favorecer o desfavorecer en el crecimiento de la raíz (en dosis de 2, 4, 6 y 8 t/ha), alcanzan una mayor profundidad de exploración de nutrientes y humedad, por tanto la aplicación de materia orgánica puede favorecer el crecimiento y desarrollo de las raíces, cuando no se aplica materia orgánica la exploración de la raíz de la quinua es menor.

6.1.5. Amplitud de raíz

El cuadro 18, presenta el análisis de varianza para la amplitud de raíz, que fue registrada después de la cosecha.

Cuadro 18. Análisis de varianza para la amplitud de raíz.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	0.57	3	0.19	1.09	0.3909 NS
TRATAMIENTO	168.88	4	42.22	242.98	0.0001 **
ERROR	2.09	12	0.17		
TOTAL	171.53	19			
CV= 1.49 %					

CV=Coficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

El análisis de varianza para la variable amplitud de raíz (cuadro 18), nos muestra que el efecto entre bloques es no significativo. Entre los tratamientos los resultados estadísticos señalan que hay diferencias altamente significativas para la amplitud de raíz, lo que quiere decir que los tratamientos, han tenido efecto significativo sobre la amplitud de raíz. El coeficiente de variación es 1.49 % lo cual quiere decir que hubo un buen manejo de unidad experimental.

En la figura 15, se presenta los resultados de medias la prueba de Tukey para la amplitud de la raíz.



Figura 15. Prueba de Tukey al 5% para amplitud de raíz.

Los resultados de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad que se muestra en la figura 15, permite observar que los tratamientos con mayor amplitud de raíz son los tratamientos donde se aplicó el estiércol semi-descompuesto que fueron los tratamientos T2, T3, T4 y T5 con una dosis de 2, 4, 6 y 8 t/ha, pudiendo deducirse que los microorganismos del estiércol ayudaron al crecimiento y desarrollo de las raíces hasta alcanzar valores entre 28.98 y 29.94 cm de amplitud de raíz. En cambio el tratamiento T1 donde no se aplicó el estiércol semi-descompuesto tuvo el menor valor de amplitud de raíz, siendo 22.27 cm.

La longitud de las raíces es variable, de 0.8 a 1.5 m su desarrollo y crecimiento está determinado por el genotipo, tipo de suelos, nutrición y humedad entre otros factores (Gómez y Aguilar 2016).

6.2. Evaluación de la severidad del mildiu

6.2.1. Severidad del mildiu

En el cuadro 19, se presenta el análisis de varianza para severidad de mildiu que es considerada como un factor muy importante ya que es perjudicial para el cultivo de quinua.

Cuadro 19. Análisis de varianza para severidad de mildiu.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	0.70	3	0.23	0.95	0.4478 NS
TRATAMIENTO	5.42	4	1.35	5.49	0.0095 **
ERROR	2.96	12	0.25		
TOTAL	9.08	19			
CV = 1.52 %					

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

Según los resultados de análisis de varianza (cuadro 19), se observa que entre bloques las diferencias observadas no son significativas. En cambio entre tratamientos las

diferencias observadas son altamente significativas, lo que significa que al menos un tratamiento es diferente al resto de los tratamientos evaluados. El coeficiente de variación es de 1.52 % el cual nos refleja la confiabilidad de los datos registrados que se obtuvieron.

En la figura 16, se presenta los resultados de la prueba de Tukey para severidad de mildiu con la aplicación del estiércol semi-descompuesto.



Figura 16. Prueba de Tukey al 5% para severidad de mildiu.

En los resultados de la prueba de medias Tukey al 5 % de la probabilidad estadística (figura 16), podemos observar que en el primer grupo esta es tratamiento T1 (testigo) con un valor de 33.47 % de severidad siendo el valor más alto. Lo que se podría interpretar que las plantas son más susceptible ya que no se aplicó estiércol semi-descompuesto, aunque el T2 presenta media similar al testigo. En el segundo grupo tenemos a los tratamientos T3, T4 y T5 con valores de 32.29 %, 32.29 % y 32.16 % aunque el T2 con 33.08 % de severidad comparte medias con este grupo. De lo anterior se consta que los tratamientos con estiércol fueron los menos afectados por la enfermedad del mildiu (*Peronospora variabilis*), deduciéndose que el estiércol semi-descompuesto ha contribuido al vigor de la planta haciéndolos más resistentes a la enfermedad o que ha reaccionado con una recuperación rápida. Esto explica que cuando el estiércol semi-descompuesto se incorpora al suelo menor será los daños del mildiu hacia el cultivo.

El mildiu se inicia con las oosporas que es el resultado de la reproducción sexual del hongo. La espora tiene la capacidad de latencia en la época fría y seca de Los Andes. La reacción de la planta ante el ataque de *Peronospora variabilis*, es influenciada por el genotipo de la planta, por el genotipo del patógeno y por las condiciones del medio ambiente (Danielsen y Ames 2002). Durante la infección inicial, el hongo se reproduce asexualmente mientras crece la planta pudiendo producir varios ciclos de infección.

6.3. Evaluación del rendimiento de grano del cultivo de la quinua

6.3.1. Índice de cosecha

El análisis de varianza para índice de cosecha se presenta en el cuadro 20, donde se puede constatar la ausencia de significación estadística de las diferencias para bloques y presencia de alta significación estadística para las fuentes de variación correspondiente a los niveles de estiércol. Según el coeficiente de variación hubo un buen manejo ya que es de 6.49 %.

Cuadro 20. Análisis de varianza de índice de cosecha.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	0.01	3	1.8E-03	1.75	0.2110 NS
TRATAMIENTO	0.03	4	0.01	6.13	0.0063 *
ERROR	0.01	12	1.0E-03		
TOTAL	0.04	19			
CV = 6.49 %					

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

En la figura 17, se presenta los resultados de medias la prueba de Tukey para el índice de cosecha de los tratamientos.



Figura 17. Prueba de Tukey al 5 % para índice de cosecha.

Los resultados de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (figura 17), nos muestra claramente que en los tratamientos con estiércol semi-descompuesto tienen mayor valor de índice de cosecha. El mayor valor de índice de cosecha obtuvieron los tratamientos T4 y T3 con valores de 0.54 y 0.52 que se aplicó el estiércol semi-descompuesto de 6 t/ha y 4 t/ha. Luego están los tratamientos T2 y T5 con 0.51 y 0.47 de índice de cosecha y también comparten medias similares con T4 y T3. El tratamiento T1 que es testigo tiene un valor menor de índice de cosecha de 0.44.

Espíndola (1981), indica que los factores como las heladas, sequías y mildiu afectan el índice de cosecha cuyo efecto es la baja producción, cuanto mayor el valor del índice de cosecha mayor la eficiencia de la planta al reportar mayor cantidad de producto por planta.

6.3.2. Rendimiento de grano

El análisis de varianza para rendimiento de grano se presenta en el cuadro 21, donde se puede constatar la ausencia o presencia de significación estadística.

Cuadro 21. Análisis de varianza para rendimiento de grano de la parcela útil.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	365872.88	3	121957.63	2.85	0.0817 NS
TRATAMIENTO	7601067.39	4	1900266.85	44.47	<0.0001 **
ERROR	512722.64	12	42726.89		
TOTAL	8479662.92	19			
CV = 4.9 %					

CV=Coefficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

El análisis estadístico (cuadro 21), muestra que es altamente significativo las diferencias en el rendimiento observadas entre tratamientos, pero entre bloques no hay significancia lo cual nos indica que la pendiente que tuvo el terreno no afectó al cultivo de la quinua. El coeficiente de variación es de 4.9% hubo un buen manejo de unidades experimentales.

En la figura 18, se presenta los resultados de la prueba de Tukey para el rendimiento de grano con la aplicación del estiércol semi-descompuesto.



Figura 18. Prueba de Tukey al 5 % para rendimiento de grano de la parcela útil.

Los resultados de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad en la figura 18, se observa que hay tres grupos de medias similares reflejando la influencia del nivel de

abonamiento aplicada en el cultivo. En el primer grupo con mayor rendimiento es el T4 con 3744.15 kg/ha donde se aplicó 6 t/ha de estiércol semi-descompuesto. En el segundo grupo están los tratamientos T3, T2 y T5 con 2946.78, 2870.33 y 2578.3 kg/ha que tuvieron una dosis de 4, 2 y 8 t/ha que son similares entre los tres tratamientos. En el tercer grupo se encuentra en T1 (testigo) con 1833.9 kg/ha que obtuvo el menor rendimiento de grano.

Catari (2002), expresa que el estiércol de camélido por su dureza no debe ser usado, sino después de tenerlo en preparación durante un período de 3 a 4 meses. En el presente estudio se ha aplicado estiércol semi-descompuesto, puesto que el tiempo largo de procedimiento no es apreciado por los agricultores.

6.4. Efecto de los niveles de estiércol semi-descompuesto frente a la calidad de grano según calibre y la viabilidad de semilla clasificada

6.4.1. Categorización de grano por tamaño

6.4.1.1. Tamaño de grano grande

En el cuadro 22, se presenta los resultados del análisis de varianza para el grano de tamaño grande que es importante para verificar la calidad del grano.

Cuadro 22. Análisis de varianza para tamaño de grano grande.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	2.45	3	0.82	1.27	0.3292 NS
TRATAMIENTO	460.37	4	115.09	178.83	<0.0001 **
ERROR	7.72	12	0.64		
TOTAL	470.55	19			
CV = 3.73 %					

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

El cuadro 22, muestra el análisis de varianza para tamaño de grano grande que se encuentra entre 2.0 a 1.70 mm, el cual indica que entre bloques no hay diferencias

significativas, en cambio en los tratamientos es altamente significativo. El coeficiente de variación es de 3.73 % lo cual nos dice que los datos son confiables que hubo un buen manejo de las unidades experimentales ya que el valor es menor a 30 %.

En la figura 19, se presenta los resultados de la prueba de Tukey para el tamaño de grano grande que se encuentra de 2.0 a 1.70 mm de diámetro.



Figura 19. Prueba de Tukey al 5% para tamaño de grano grande.

En la figura 19, nos muestra la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5% de probabilidad para categoría de grano según calibre del tamaño de grano grande. Podemos observar que hay tres grupos. En el primer grupo se encuentran los tratamientos T4, T3, y T2 con 25.73, 24.80 y 24.43 % de grano grande expresado en peso, entre estos tratamientos las medias son similares. En el segundo grupo está el T5 con 19.78 % de grano grande. En el tercer grupo se encuentra el T1 que es el testigo que tiene el menor porcentaje de grano grande siendo 12.85 %. En resumen, la aplicación de estiércol favorece a la formación de mayor porcentaje de grano grande en la misma variedad.

El grano grande es apreciado en el mercado para su comercialización. De los resultados obtenidos podemos decir que resaltan solo tres tratamientos alcanzando un valor mayor a 24 %. La calidad del grano de la quinua, se juzga por la apariencia en el tamaño, color, uniformidad y ausencia de materiales extraños.

El Instituto de Normalización de la Calidad señala las calificaciones según el tamaño del grano, siendo que los granos que tienen el diámetro mayor a 2 mm son de categoría

extra grande, los de 1,7 a 2 mm de diámetro corresponde a la categoría de grano grande, los granos de diámetro entre 1,4 a 1,7 mm son los de clase mediano y los pequeños menor a 1,4 mm (IBNORCA, 2007).

6.4.1.2. Tamaño de grano mediano

En el cuadro 23, se presenta los resultados del análisis de varianza para la categoría de grano de tamaño mediano.

Cuadro 23. Análisis de varianza de tamaño de grano mediano.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	7.19	3	2.40	2.88	0.0800 NS
TRATAMIENTO	356.80	4	89.20	107.26	< 0.0001 **
ERROR	9.98	12	0.83		
TOTAL	373.96	19			
CV = 1.24 %					

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

El cuadro 23, presenta el análisis de varianza para tamaño de grano mediano donde se observa que entre bloques no hay diferencia significativa, en cambio entre tratamientos es altamente significativa. El coeficiente de variación es de 1.24% nos indica que los datos son confiables que hubo un buen manejo de las unidades experimentales.

En la figura 20, se presenta los resultados de la prueba de Tukey para el tamaño de grano mediano que se encuentra de 1.70 a 1.40 mm de diámetro.



Figura 20. Prueba de Tukey al 5% para tamaño de grano mediano.

La comparación de medias Tukey al 5% de probabilidad estadística nos muestra en la figura 20, que hay tres grupos. Primeramente se encuentra el T1 (testigo) con 81 % de grano mediano es el mayor valor de todos los tratamientos. Seguidamente se encuentra el T5 con 75.78 % de grano mediano. Finalmente tenemos a los tratamientos T3, T2 y T4 con 70.63, 70.55 y 70.20 % siendo los tres tratamientos de medias similares y tienen menor cantidad de grano mediano.

A partir del momento en que las plantas empiezan a competir, por agua y nutrientes existe una reducción del tamaño de las estructuras reproductivas, número de granos y calidad de la semilla (Satorre *et al.*, 2004).

Chilón (1997), menciona que un aumento en el suministro de nitrógeno hace crecer más la parte aérea, el nitrógeno fomenta el crecimiento vegetativo y aumenta la producción de hojas, además manifiesta que el potasio (K), aumenta el vigor de la planta, endurece el tallo e incrementa el tamaño del grano.

6.4.2. Viabilidad de la semilla

6.4.2.1. Viabilidad de semilla de grano tamaño grande

Para evaluar la calidad de semilla según la categoría de grano se determinó el porcentaje de germinación que se realizó en laboratorio (cajas Petri), se observa en el cuadro 24.

Cuadro 24. Análisis de varianza para viabilidad de semilla de tamaño grande a las 16 horas de prueba.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	26.20	3	8.73	1.91	0.1814 NS
TRATAMIENTO	302.00	4	75.50	16.53	0.0001 **
ERROR	54.80	12	4.57		
TOTAL	383.00	19			
CV = 3.78 %					

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

El análisis de varianza para la germinación de grano grande para evaluar la calidad de grano (cuadro 24), nos muestra que entre bloques no hay diferencia significativa pero entre tratamientos podemos observar que es altamente significativa para la germinación de grano grande y se tiene un coeficiente de variación de 3.78 %.

En la figura 21, se presenta los resultados de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para la viabilidad de semilla de grano grande con la aplicación del estiércol.



Figura 21. Prueba de Tukey al 5% para viabilidad de semilla de tamaño grande a las 16 horas de prueba.

La prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad estadística para el porcentaje de germinación de grano grande de la línea evaluada (figura 21), nos

permite observar donde se incorporó el estiércol semi-descompuesto en los tratamientos T2, T3, T4 y T5 las medias en porcentaje de germinación son similares siendo mayor el porcentaje de germinación. En cambio en el T1 (testigo) obtuvo el menor porcentaje de germinación.

El comportamiento del porcentaje de germinación de las semillas de grano grande, de diferentes tratamientos se muestra en la figura 21, en el cual los tratamientos T3, T4 y T5 tuvieron el mayor porcentaje de germinación en 16 horas que es de 59.0 a 59.5 %, luego estuvo el tratamiento T2 con 55 % y el T1 (testigo) germinó un 49.5 %. De los resultados encontrados, podemos deducir que las semillas provenientes de plantas que recibieron dosis de estiércol, permiten obtener semillas con mayor energía germinativa. Cabe hacer notar que a las 24 horas todos los tratamientos germinaron en un 100% lo que muestra la alta viabilidad de la semilla de quinua.

La clasificación en tamaño de grano tiene influencia en el % de germinación, cuanto más rápido sea la germinación hay mayor probabilidades de establecerse la plántula.

6.4.2.2. Viabilidad de semilla de grano tamaño mediano

En el cuadro 25, muestra la significación estadística de las diferencias en germinación de la semilla de grano mediano donde se realizó los análisis de varianza

Cuadro 25. Análisis de varianza para viabilidad de semilla de tamaño mediano a las 16 horas de prueba.

F.V.	SC	GL	CM	F	P Significación
BLOQUES	40.60	3	13.53	2.60	0.1002 NS
TRATAMIENTO	76.80	4	19.20	3.69	0.0350 *
ERROR	62.40	12	5.20		
TOTAL	179.80	19			
CV = 4.01 %					

CV=Coeficiente de Variación; **=Altamente significativo; *=Significativo; NS=no significativo

En análisis de varianza para el porcentaje de germinación de grano mediano a las 16 horas (cuadro 25) se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos y en los bloques no hay diferencias significativas. El coeficiente de variación es de 4.01 %.

En la figura 22, se presenta los resultados de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad para la viabilidad de semilla de grano mediano con la aplicación del estiércol semi-descompuesto.



Figura 22. Prueba de Tukey al 5% para viabilidad de semilla de tamaño mediano a las 16 horas de prueba.

En la figura 22, nos muestra la comparación de medias a través de la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, muestra que los tratamientos T2, T3, T4 y T5 son similares entre ellas en la prueba de porcentaje de germinación de grano mediano, sin embargo el tratamiento T1 tuvo el menor porcentaje de germinación a las 16 horas.

El comportamiento del porcentaje de germinación de las semillas de grano mediano, de diferentes tratamientos se muestra en la figura 22, el mayor porcentaje relativo de germinación tuvo el tratamiento T4 de 59.5 %, luego estaban los tratamientos T2, T3 y T5 que obtuvieron de 56.5 a 57.5 % de germinación y el tratamiento T1 tuvo el menor porcentaje de germinación de 53.5 %. A las 24 horas todos los tratamientos germinaron en un 100%.

Siendo la viabilidad una característica que expresa la capacidad potencial de

germinación de las semillas, que se reduce con el tiempo aunque haya sido almacenado en condiciones óptimas (Jaramillo y Baena, 2000).

6.5. Evaluación de los costos preliminares de la producción de quinua

Según Perrin (1988), es recomendable reducir los rendimientos del cultivo de la quinua de un 5% a un 30%, para que se aproximen a lo que un agricultor podría lograr con la tecnología en una parcela grande. Para el presente trabajo de investigación se tomó el 10% de pérdidas.

Generalmente los trabajos de investigación están dirigidos a dar alternativas al agricultor en la producción de diferentes cultivos, donde pueda obtener mayores rendimientos y por lo tanto mayores ingresos económicos.

6.5.1. Ingreso Bruto

El ingreso bruto (IB), son los ingresos que se generan directamente de la venta del producto de quinua a precio de mercado.

Cuadro 26. Ingreso Bruto para 1 hectárea del cultivo de quinua

Indicadores económicos	T1 (0 tn/ha)	T2 (2 tn/ha)	T3 (4 tn/ha)	T4 (6 tn/ha)	T5 (8 tn/ha)
Rendimiento kg/ha	1.833,90	2.870,33	2.946,78	3.744,15	2.578,30
Rendimiento ajustado kg/ha	1.650,51	2.583,30	2.652,10	3.369,74	2.320,47
Rendimiento @/ha	145,56	227,82	233,89	297,18	204,65
Precio por arroba (@)	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
Costos que varían	3.543,00	4.115,00	4.687,00	5.259,00	5.831,00
Ingreso Bruto (Bs/ha)	10.917,03	17.086,80	17.541,90	22.288,57	15.348,38

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 26 muestra el análisis realizado para todos los tratamientos en función a los rendimientos obtenidos de la producción de quinua y su precio en el mercado para cada uno; se tiene mayor beneficio bruto en el tratamiento T4 que es de 22.288,57 Bs/ha que es el ingreso que se generó directamente de la venta de quinua.

Para los tratamientos T2, T3 y T5 el beneficio bruto está entre 15.384,38 a 17.541,90 Bs/ha y el menor ingreso bruto obtuvo el tratamiento T1 que es 10.917,03 Bs/ha que está influenciando el precio del mercado y así también los rendimientos obtenidos.

6.5.2. Ingreso neto

El ingreso neto (IN), se refiere a los gastos que se hizo en todo el proceso productivo del cultivo desde la preparación de terreno, siembra, labores culturales, aplicación de estiércol semi-descompuesto, control fitosanitario, cosecha, trilla venteado y embolsado de grano comercial, estos gastos son realizados para la producción de una hectárea de quinua (cuadro 27).

Cuadro 27. Ingreso neto para 1 hectárea del cultivo de quinua.

Indicadores económicos	T1 (0 tn/ha)	T2 (2 tn/ha)	T3 (4 tn/ha)	T4 (6 tn/ha)	T5 (8 tn/ha)
Rendimiento kg/ha	1.833,90	2.870,33	2.946,78	3.744,15	2.578,30
Rendimiento ajustado kg/ha	1.650,51	2.583,30	2.652,10	3.369,74	2.320,47
Rendimiento @/ha	145,56	227,82	233,89	297,18	204,65
Precio por arroba (@)	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
Costos que varían	3.543,00	4.115,00	4.687,00	5.259,00	5.831,00
Ingreso Bruto (Bs/ha)	10.917,03	17.086,80	17.541,90	22.288,57	15.348,38
Ingreso Neto (Bs/ha)	7.374,03	12.971,80	12.854,90	17.029,57	9.517,38

Fuente: Elaboración propia

La estimación del ingreso neto se ven en él cuadro 27, en el cual se observa que el tratamiento T4 obtuvo un mayor ingreso neto de 17.029,57 Bs/ha donde se le aplicó el estiércol semi-descompuesto de 6 tn/ha lo cual incremento en los costos de producción.

Los tratamientos T2, T3 y T5 obtuvieron un ingreso neto de 12.971,80 Bs/ha, 12.854,90 y 9.517,38 Bs/ha. El tratamiento T1 obtuvo un menor ingreso neto de 7.345,03 Bs/ha ya que es debido a que no se le aplicó el estiércol semi-descompuesto.

6.5.3. Relación Beneficio/Costo

La relación benéfico-costo (B/C), es uno de los indicadores económicos para saber la rentabilidad de la inversión para un cultivo, donde está determinada por la totalidad de ingresos obtenidos por la venta del producto, conocido como ingreso bruto (IB), dividido sobre la cantidad invertida en el proceso productivo para una hectárea (cuadro 28).

Cuadro 28. Relación Beneficio/Costo para 1 hectárea del cultivo de quinua.

Indicadores económicos	T1 (0 tn/ha)	T2 (2 tn/ha)	T3 (4 tn/ha)	T4 (6 tn/ha)	T5 (8 tn/ha)
Rendimiento kg/ha	1.833,90	2.870,33	2.946,78	3.744,15	2.578,30
Rendimiento ajustado kg/ha	1.650,51	2.583,30	2.652,10	3.369,74	2.320,47
Rendimiento @/ha	145,56	227,82	233,89	297,18	204,65
Precio por arroba (@)	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
Costos que varían	3.543	4.115	4.687	5.259	5.831
Ingreso Bruto (Bs/ha)	10.917,03	17.086,80	17.541,90	22.288,57	15.348,38
Ingreso Neto (Bs/ha)	7.374,03	12.971,80	12.854,90	17.029,57	9.517,38
Beneficio/Costo	3,08	4,15	3,74	4,24	2,63

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro 28, el tratamiento T4 es el más rentable de los otros tratamientos económicamente con un valor de 4.24 Bs lo que indica que por 1 Bs invertido se obtiene una ganancia de 3.24 Bs con aplicación de estiércol semi-descompuesto de 6 t/ha seguidamente está el tratamiento T2 con un valor de 4.15 Bs al cual también se le aplicó el estiércol semi-descompuesto. A la vez podemos observar que los tratamientos T3 y T5 son rentables económicamente con un valor de 3.74 Bs y 2.63 Bs.

El menor beneficio costo se dio en el tratamiento T1 de 3.08 Bs, el cual de todas formas presenta una ganancia de 2.08 Bs esto principalmente porque a este tratamiento no se le aplicó el estiércol semi-descompuesto.

7. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del estudio de investigación evaluación del comportamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con aplicación localizada con diferentes niveles de estiércol semi-descompuesto, se llegó a las siguientes conclusiones.

- La aplicación de estiércol semi-descompuesto tuvieron un efecto favorable sobre la altura de planta, el diámetro de panoja y longitud de panoja, el T4 (6 t/ha de estiércol semi-descompuesto) obtuvo la mayor altura de planta con 105.67 cm, diámetro de panoja 4.39 cm y longitud de panoja 24.31 cm.
- El nivel de abonamiento aplicado en los tratamientos influye en la profundidad y amplitud de la raíz en los tratamientos con estiércol semi-descompuesto obtuvieron de 26.75 a 27.96 cm de profundidad de su raíz y su amplitud de raíz está en el rango de 28.98 a 29.94 cm mientras tanto en el T1 (testigo) tuvo un valor de 22.40 cm de profundidad de raíz y 22.27 cm de amplitud de raíz.
- Para la severidad del mildiu, muestra una reducción de severidad cuanto más estiércol semi- descompuesto se aplique al cultivo menor será el daño a las plantas.
- En el rendimiento de grano el mayor valor tuvo el T4 de 3744.15 kg/ha con 6 t/ha de estiércol semi descompuesto y el menor valor obtuvo el T1 (testigo) que fue de 1833.90 kg/ha.
- La aplicación del estiércol semi-descompuesto tiene influencia sobre el tamaño de grano encontrándose 19.78 a 25.73 % de grano grande para los tratamientos que se aplicaron el estiércol semi-descompuesto y de 12.85 % en el T1 que fue el testigo. En la categoría de grano mediano el mayor valor que obtuvo es el T1 (testigo) con 81 % de grano mediano y en los demás tratamientos donde se incorporó el estiércol están en el rango de 70.20 a 75.78 % de grano mediano.
- La incorporación de estiércol semi-descompuesto influyó en el porcentaje de germinación de grano grande a las 16 horas obteniendo un valor de 55.00 % a 59.50 % para los tratamientos que se incorporó el estiércol y 49.50 % en el T1 (testigo). En el porcentaje de germinación de grano mediano el menor valor obtuvo el T1 (testigo) que fue de 53.50 % y los otros tratamientos donde se aplicó el estiércol se encuentra en el rango de 56.50 % a 59.50 % a las 16 horas.

- En un periodo de 24 horas de prueba, todos los tratamientos germinaron en un 100 % tanto en grano grande como en grano mediano.
- Para el beneficio/costo en tratamiento T4 fue el mayor valor de 4.24 Bs, lo cual significa que por cada un boliviano invertido se gana 3.24 Bs, esto se debe al buen rendimiento que obtuvo, el nivel de abonamiento influye en los costos de producción, a mayor cantidad de estiércol semi-descompuesto incorporado al suelo, el costo de producción es más, pero si no se aplica materia orgánica al suelo el costo de producción es baja pero se corre el riesgo de que el suelo no tenga buena fertilidad.

8. RECOMENDACIONES

- Aplicar estiércol semi-descompuesto para incrementar la mayor proporción de grano grande dentro de la misma variedad e incrementar la resistencia al mildiu mediante el mayor vigor de la planta.
- Probar con aplicaciones de estiércol semi-descompuesto en otras fases fenológicas del cultivo de la quinua para así tener mayor precisión en qué fase se recomienda aplicar el estiércol.
- Realizar otros estudios sobre el comportamiento del cultivo de quinua utilizando diferentes dosis de estiércol semi-descompuesto.
- Se recomienda elaborar el estiércol semi-descompuesto ya que no se necesita mucho tiempo ni mucha mano de obra y al aplicar el estiércol semi-descompuesto al suelo mejora sus propiedades físicas, químicas y biológicas.
- Para la elaboración del estiércol semi-descompuesto se recomienda utilizar otros tipos de activadores y así saber su efectividad en el estiércol semi-descompuesto.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AGROBANCO. 2012. Guía técnica de “Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de quinua orgánica”. Lima, Perú. 30 p.
- ARONI, J. 2005. Módulo 2. Manejo agronómico de la Quinua Orgánica. Fascículo 5. Cosecha y poscosecha. Fundación PROINPA, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. pp. 87-102.
- BONIFACIO, A; DIZES, J. 1992. Estudio en microscopia electrónica de la morfología de los órganos de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* A.) en relación con la resistencia a la sequía. *In*: Morales, D. y Vacher, J. (eds.). Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia. pp. 69 - 74.
- BONIFACIO, A; SARAVIA, R; MUJICA, A. 2006. Agroindustria de la quinua en países andinos. Puno, Perú.
- BONIFACIO, A. 2006. Granos en el área alto andina de Bolivia, Ecuador y Perú. ONUDI. s.l. 33 p.
- BONIFACIO, A; ARONI, G; VILLCA, M. 2012. Catalogo etnobotánica de la quinua real. Cochabamba, Bolivia. 123 p.
- BONIFACIO, A; ALCON, M; VARGAS, A. 2013. Evaluación de la severidad del mildiu y daño del granizo en líneas de quinua. *In*: Vargas, M. (eds.). Congreso Científico de la Quinua (Memoria), IICA. La Paz, Bolivia. pp. 227-236.
- CALLIZAYA, I. 1994. Caracterización de las tierras de la Estación Experimental Choquenaira, según su capacidad de uso aptitud para riego. Tesis de Maestría, Universidad Mayor de San Andrés. La paz, Bolivia. 168 p.
- CARCOVA, J; ALBEDO, L; LOPEZ, M. 2004. Análisis de la generación del crecimiento, partición y componentes. *In*: Satolrre E. *et al.* (eds.). Producción de granos, bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, Argentina. pp. 75 – 93.

- CARRILLO, M; CASTAÑEDA, L; RIOBO, I; GONZALES, J. 2007. Inoculante de microorganismos endógenos para acelerar el proceso compostaje de residuos sólidos urbanos. Universidad Nacional de Entre Ríos. Argentina. pp. 26 – 37.
- CATARI, B. 2002. Evaluación del rendimiento de cinco variedades de avena forrajera (*Avena sativa* L.) con abonamiento de estiércol de ovino en el altiplano central. Tesis de Grado, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz - Bolivia. 70 p.
- CONACOPROQ (Consejo Nacional de Comercializadores y Productores de Quinua). 2009. Política Nacional de la Quinua. La paz, Bolivia. 45 p.
- CONDORI, O. 2008. Evaluación participativa del riego deficitario y de fertilización orgánica sobre el desarrollo y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) En el altiplano Sur. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 151 p.
- CHILON, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Prácticas de campo, invernadero y laboratorio. Edición, CIDAT. La Paz, Bolivia. 185 p.
- CHILON, E. 2011. Compostaje altoandino, seguridad alimentaria y cambio climático. Facultad de Agronomía –UMSA, UCB-UAC Tiahuanaco, CIDES-UMSA, La Paz, Bolivia. 8 p.
- DANIELSEN, S; AMES, T. (2002). 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. Lima, Perú. 32 p.
- DONAHUE, R; MILLER, R; SHICKLUNA, J. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Bogotá, Colombia. 624 p.
- ESPÍNDOLA, G. 1981. V curso de producción de quinua. Centro Experimental para la Industrialización de la Quinua. Proyecto PNUD, FAO, MACA, IBTA. La Paz, Bolivia. 35 p.
- ESTRADA, E. 2010. Manual Elaboración de Abonos Orgánicos Sólidos, Tipo Compost. Quetzaltenango, Guatemala. 16 p.

- ESTRADA, R. 2012. Importancia del cultivo de quinua hacia el año internacional 2013. Cusco, Perú. 35 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 1990. I Seminario Nacional sobre Fertilidad de Suelos y uso de Fertilizantes en Bolivia. Santa Cruz, Bolivia. 38 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2011. La quinua cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Bolivia. 58 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Chile). 2014. Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinua. Santiago, Chile. 39 p.
- FLORES, M. 2002. Suelos y Aptitud para el Cultivo de Quinua. Prospección de demandas de la cadena productiva de la Quinua. La Paz, Bolivia. 25 p.
- FLORES, L. 2009. Evaluación agronómica en la producción de seis variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con participación de agricultores, en la Comunidad Igachi del Municipio de Batallas. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 120 p.
- FLORES, J; ALANYA, Y; CHINGUILLO, M; CHAVEZ, V; PUJAICO, G; SARMIENTO, R; RISCO, A. 2010. Módulo 1. Tecnología productiva de la quinua. Lima, Perú. 74 p.
- FONTURBEL, F. 2005. Problemática de la producción y comercialización de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), debida a la presencia de las saponinas. s.l.
- GANDARILLAS, A; SARAVIA, R; PLATA, G; ORTIZ, R. 2014. Principales plagas y enfermedades de la quinua. Cap. 2.6. In: Bazile D. et al. (eds.). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). pp. 227-252.
- GOMEZ, L; AGUILAR, E. 2016. Guía de cultivo de la quinua. 2 ed. Lima, Perú. 121 p.

- HUANCA, E. 2015. Comportamiento agronómico del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a diferentes niveles de abonos orgánicos en la comunidad de Saitoco del Municipio de Salinas de Garci. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 117 p.
- IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad). 2007. Granos andinos-Quinua en grano-clasificación y requisitos. La paz, Bolivia. 5 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Bolivia). 2017. Tecnologías de manejo de suelos agrícolas en la región del intersalar del altiplano boliviano. Bolivia. 50 p.
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 1992. Dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina. Boletín Divulgativo, Nro. 228. Ecuador. 22 p.
- INFOAGRO (2009). "The Composting", Consultado en línea el 21 de febrero de 2017, disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>
- JARAMILLO, S; BAENA, M. 2000. Material de apoyo a la capacitación en Conservación Ex situ de recursos filogénicos. Instituto internacional de Recursos Filogénicos (IPGRI) grupo Américas. s.l. 128 p.
- LEÓN, J. 2003. Cultivo de la Quinua en Puno-Perú descripción, manejo y producción. Puno, Perú. 62 p.
- MAMANI, Y. 2006. Dinámica de crecimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con relación a su expansión foliar. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 107 p.
- MEYHUAY, M. (s.f.) Quinua operaciones de poscosecha. Instituto de Desarrollo Agroindustrial (INDDA). s.l. 35 p.
- MUJICA, A; JACOBSEN, S; IZQUIERDO, J; MARATHEE, J. 2004. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. CIP, UNALM, FAO. Santiago, Chile. 214 p.

- PALMERO, R. 2010. Elaboración de compost con restos vegetales por el sistema tradicional montones. Servicio técnico de agricultura y Desarrollo rural de cabildo insular de Tenerife. s.l. 16 p.
- PLATA, G; BONIFACIO, A; NAVIA, O; GANDARILLAS, A. 2014. Las enfermedades en el cultivo de la quinua. Cap. 4. *In: Saravia R. et al. (eds.). Plagas y enfermedades del cultivo de la quinua, fundación PROINPA Cochabamba, Bolivia. pp. 83-129.*
- PERALTA, E; MAZON, N; MURILLO, A; RIVERA, M; RODRIGUEZ, D; LOMAS, L; MONAR, C. 2012. Manual agrícola de granos andinos choclo, quinua, amaranto y ataco. Quito, Ecuador. 68 p.
- PERRIN, R. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de los datos agronómicos. Manual de metodología de evaluaciones agronómica. Centro Internacional de mejoramiento de maíz y trigo. CIMMYT. 3 ed. México. 90 p.
- QUIROGA, C; ESCALERA, R; ARONI, G; BONIFACIO, A; GONZÁLEZ, J; VILLCA, M; SARAVIA, R; RUIZ, A., 2014. Procesos tradicionales e innovaciones tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. Cap. 3.1. *In: Bazile D et al (eds.). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). pp. 258 - 293.*
- RAMOS, M., 2000. Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo riego deficitario por fases fenológicas en el Altiplano Central. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. La paz, Bolivia. pp. 52 - 53.
- RISI, J; PINTO, M; VARGAS, A. 2015. Propiedades nutricionales de la quinua. Cap. 5. *In: Risi et al. (eds.). Producción y Mercado de la quinua en Bolivia. La Paz, Bolivia. pp. 158 - 209.*
- ROJAS, F. 2013. Botánica Sistemática. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía UMSA. La Paz, Bolivia. 120 p.

- ROJAS, W; SOTO, J; PINTO, M; JÄGER, M; PADULOSI, S. 2010. Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos. *In: Rojas et al.* (eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia. 178 p.
- ROJAS, W; PINTO, M. 2013. La diversidad genética de quinua de Bolivia. *In: Vargas, M.* (eds.). Congreso Científico de la Quinua (Memoria), fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 77- 92.
- ROJAS, W; ARONI, G; RISI, J. 2015. Características de la producción de quinua. Cap. 3. *In: Risi et al.* (eds.). Producción y Mercado de la quinua en Bolivia. La Paz, Bolivia. pp. 73 - 98.
- ROJAS, W; RISI, J; BONIFACIO, A; GANDARILLAS, A. 2015. El cultivo de la quinua en Bolivia. Cap. 2. *In: Risi et al.* (eds.). Producción y Mercado de la quinua en Bolivia. La Paz, Bolivia. pp. 34 - 71.
- ROMAN, P; MARTÍNEZ, M; PANTOJA, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor experiencias en América Latina. Santiago, Chile. 108 p.
- SARAVIA, R; QUISPE, R. 2005. Fascículo 4 - Manejo integrado de las plagas insectiles del cultivo de la quinua. *In: Saravia et al.* (eds.). Serie de Módulos Publicados en Sistemas de Producción Sostenible en el Cultivo de la Quinua. Fundación PROINPA, Fundación AUTAPO, Embajada Real de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. pp. 53-86.
- SARAVIA, R; QUISPE, R; VILLCA, M; LINO, V; CRESPO, L. 2014. Insectos plagas del cultivo de la quinua. Cap. 3. *In: Saravia R. et al.* (eds.). Plagas y enfermedades del cultivo de la quinua, fundación PROINPA Cochabamba, Bolivia. pp. 23-76.
- SATORRE, E; BENECH, A; SLAFER, G; FUENTE, E; MIRRALLES, D; OTEGUI, M; SAVIN, R. 2004. Producción de granos bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, Argentina. 767 p.

- SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, Bolivia). 2014. Datos Agroclimáticos de Municipio de Viacha, Provincia Ingavi, La Paz, Bolivia.
- SEPHU (Sociedad Española de Productos Húmicos) 2010. Cultivo de la quinua orgánica (*Chenopodium quínoa* Willd.) El grano dorado tesoro de los Quechuas y Aymaras. Zaragoza. s.l. 19 p
- TAGLE, A; PLANELLA, M. 2002. La quinua en la zona central de Chile: Supervivencia de una tradición prehispánica. Santiago, Chile. 117 p.
- TAPIA, M; GANDARILLAS, H; ALADIA, S; CARDOZO, A; MUJICA, A; ORTIZ, R; OTAZU, V; REA, J; SALAS, B; ZANABRI, E. 1979. La Quinua y la Kañiwa cultivos andinos. Bogotá, Colombia. 217 p.
- TAPIA, M; FRIES, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO Y ANDE. Lima, Perú. 209 p.
- TAPIA, M; IGNACIO, S; CANAHUA, A. 2014. Razas de quinuas del Perú. ANPE y CONCYTC. Lima, Perú, 173 p.
- TISDALE, S. Y NELSON, W. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. España. 760 p.
- TORO, F. 2014. Efecto de cuatro tipos de activadores biológicos locales en la calidad del compost en la comunidad de corpa Municipio de Tiahuanaco Provincia Ingavi Departamento de La paz. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. 104 p.

ANEXOS

Anexo 1. Prueba de Tukey al 5% para altura de planta

TRATAMIENTO	Media (cm)	Significancia
T4	105.67	A
T3	104.31	A
T2	102.33	A
T5	101.34	A
T1	91.02	B

Anexo 2. Prueba de Tukey al 5% para diámetro de panoja.

TRATAMIENTO	Media (cm)	Significancia
T4	4.39	A
T3	4.22	A B
T2	4.17	A B
T5	4.08	B
T1	3.52	C

Anexo 3. Prueba de Tukey al 5% para longitud de panoja.

TRATAMIENTO	Media (cm)	Significancia
T4	24.31	A
T2	22.88	A B
T3	22.73	A B
T5	21.82	B
T1	18.94	C

Anexo 4. Prueba de Tukey al 5% para profundidad de raíz.

TRATAMIENTO	Media (cm)	Significancia
T4	27.98	A
T3	27.36	B
T2	27.07	B C
T5	26.75	C
T1	22.40	D

Anexo 5. Prueba de Tukey al 5% para amplitud de raíz.

TRATAMIENTO	Media (cm)	Significancia
T4	29.94	A
T5	29.54	A B
T3	29.52	A B
T2	28.98	B
T1	22.27	C

Anexo 6. Prueba de Tukey al 5% para severidad de mildiu.

TRATAMIENTO	Media (%)	Significancia
T1	33.47	A
T2	33.08	A B
T3	32.29	B
T4	32.29	B
T5	32.16	B

Anexo 7. Prueba de Tukey al 5% para índice de cosecha.

TRATAMIENTO	Media	Significancia
T4	0.54	A
T3	0.52	A
T2	0.51	A B
T5	0.47	A B
T1	0.44	B

Anexo 8. Prueba de Tukey al 5% para rendimiento de parcela útil.

TRATAMIENTO	Media (kg/ha)	Significancia
T4	3744.15	A
T3	2946.78	B
T2	2870.33	B
T5	2578.30	B
T1	1833.90	C

Anexo 9. Prueba de Tukey al 5% para tamaño de grano grande.

TRATAMIENTO	Media (%)	Significancia
T4	25.73	A
T3	24.80	A
T2	24.43	A
T5	19.78	B
T1	12.85	C

Anexo 10. Prueba de Tukey al 5% para tamaño de grano mediano.

TRATAMIENTO	Media (%)	Significancia
T1	81.00	A
T5	75.78	B
T3	70.63	C
T2	70.55	C
T4	70.20	C

Anexo 11. Prueba de Tukey al 5% para viabilidad de semilla de tamaño grande.

TRATAMIENTO	Media (%)	Significancia
T5	59.50	A
T4	59.50	A
T3	59.00	A
T2	55.00	A
T1	49.50	B

Anexo 12. Prueba de Tukey al 5% para viabilidad de semilla de tamaño mediano.

TRATAMIENTO	Media (%)	Significancia
T4	59.50	A
T3	57.50	A
T2	57.50	A
T5	56.50	A
T1	53.50	B

Anexo 13. Promedios de las variables que se obtuvo en la fase fenológica.

BLOQUE	TRATAMIENTO	Altura de planta (cm)	Longitud de panoja (cm)	Diámetro de panoja (cm)	Severidad de mildiu (%)
I	1	95,42	19,33	3,57	33,73
I	2	101,17	22,25	4,02	33,21
I	3	104,33	22,33	4,13	32,69
I	4	106,00	24,08	4,42	32,69
I	5	96,42	21,00	4,13	32,16
II	1	84,42	16,50	3,22	33,21
II	2	107,33	23,00	4,18	33,73
II	3	110,08	23,83	4,25	32,16
II	4	110,25	24,25	4,40	33,21
II	5	107,08	22,67	3,90	31,63
III	1	95,50	19,67	3,60	33,73
III	2	99,75	22,75	4,28	32,69
III	3	100,58	21,33	4,27	32,16
III	4	101,33	24,58	4,43	31,63
III	5	100,92	21,67	4,23	32,16
IV	1	88,75	20,25	3,68	33,21
IV	2	101,08	23,50	4,20	32,69
IV	3	102,25	23,42	4,23	32,16
IV	4	105,10	24,33	4,32	31,63
IV	5	100,92	21,92	4,07	32,69

Anexo 14. Promedios de las variables que se obtuvo después de la cosecha.

BLOQUE	TRATAMIENTO	Profundidad de la raíz (cm)	Amplitud de la raíz (cm)	Índice de cosecha	Rendimiento en (kg/ha)
I	1	22,58	22,08	0,468	1838.3
I	2	26,92	28,75	0,535	2938.0
I	3	27,17	29,67	0,569	3037.0
I	4	28,00	30,08	0,547	3614.0
I	5	27,17	29,42	0,442	2249.3
II	1	22,42	22,83	0,467	2141.3
II	2	27,42	29,50	0,514	2985.5
II	3	27,50	30,00	0,516	3005.5
II	4	27,92	29,67	0,544	3592.0
II	5	26,25	29,58	0,495	2996.3
III	1	22,33	21,42	0,363	1456.5
III	2	26,92	28,83	0,503	2664.0
III	3	27,50	28,92	0,509	2599.3
III	4	27,92	30,25	0,546	3896.3
III	5	26,75	29,83	0,432	2396.8
IV	1	22,25	22,75	0,462	1899.5
IV	2	27,00	28,83	0,481	2893.8
IV	3	27,25	29,50	0,494	3145.3
IV	4	28,08	29,75	0,505	3874.3
IV	5	26,83	29,33	0,502	2670.8

Anexo 15. Promedios de variables relacionadas con la calidad de grano.

BLOQUE	TRAT	% de Grano Grande	% de Grano Mediano	% de germinación de GG	% de germinación de GM
I	1	12,7	80,9	46,0	54,0
I	2	25,7	68,6	56,0	58,0
I	3	24,8	69,9	60,0	60,0
I	4	26,4	69,4	58,0	58,0
I	5	20,3	75,4	58,0	56,0
II	1	11,6	82,2	50,0	60,0
II	2	24,2	70,1	52,0	58,0
II	3	25,7	69,6	62,0	58,0
II	4	25,9	70,1	62,0	60,0
II	5	20,0	74,7	60,0	58,0
III	1	13,2	80,9	50,0	48,0
III	2	24,0	71,7	54,0	56,0
III	3	24,3	71,6	56,0	54,0
III	4	25,2	70,7	58,0	60,0
III	5	18,3	77,3	58,0	56,0
IV	1	13,9	80,0	52,0	52,0
IV	2	23,8	71,8	58,0	58,0
IV	3	24,4	71,4	58,0	58,0
IV	4	25,4	70,6	60,0	60,0
IV	5	20,5	75,7	62,0	56,0

Anexo 16. Análisis de costo de la elaboración del estiércol semi-descompuesto

Materiales para el estiércol semi-descompuesto	Cantidades	Unidad	Costo unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)
Estiércol de llama	180,00	Kg	0,22	40
Quinua germinada	2,00	kg	7,00	14,00
Levadura seca	0,50	kg	3,00	1,50
yogurt	2,00	lt	12,00	24,00
agua	64,00	lt	2,00	128,00
Costo total				207,10

Anexo 17. Costos preliminares de la producción de quinua

Actividades	Cantidades	Unidad	Costo unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)
Maquinaria agrícola				
Preparacion de suelos	5	horas de tractor	80,0	400
Herramientas agrícolas	5	unidades	9,0	45
Mano de obra directa				
Nivelacion	2	jornal	30,0	60
Siembra	3	jornal	30,0	90
Abonamiento y aporque	4	jornal	50,0	200
Deshirbe	5	jornal	50,0	250
Aplicación fitosanitarias	4	jornal	50,0	200
Cosecha	6	jornal	60,0	360
Trilla	6	jornal	60,0	360
Venteador	6	jornal	50,0	300
Embolsado	3	jornal	50,0	150
Insumos				
Semilla	8	kg	7,0	56
Estiercol semi-descompuesto (2 tn/ha)	400	kg	1,4	572
Estiercol semi-descompuesto (4 tn/ha)	800	kg	1,4	1.144
Estiercol semi-descompuesto (6 tn/ha)	1.200	kg	1,4	1.716
Estiercol semi-descompuesto (8 tn/ha)	1.600	kg	1,4	2.288
Insecticidas	1	lt	120,0	120
Fungicidas	2	lt	110,0	220
Envases	20	sacos	0,6	12
Otros Gastos				
Mochila Fumigadora	1	unidad	20,0	20
Transporte para la venta	2	camion	200,0	400
Sub total costos (0 tn/ha)				3.243
Sub total costos (2 tn/ha)				3.815
Sub total costos (4 tn/ha)				4.387
Sub total costos (6 tn/ha)				4.959
Sub total costos (8 tn/ha)				5.531
Imprevistos				300
Costo total (0 tn/ha)				3.543
Costo total (2 tn/ha)				4.115
Costo total (4 tn/ha)				4.687
Costo total (6 tn/ha)				5.259
Costo total (8 tn/ha)				5.831

Anexo 18. Registro fotográfico del trabajo de investigación.



Siembra del cultivo de quinua



Determinación de la textura del suelo



Lectura de la densidad y temperatura



Etapa de cuatro hojas verdaderas



Parcela de la unidad experimental



Recolección del estiércol de llama



Preparación de la quinua germinada para el estiércol



Incorporación de los activadores al estiércol



Armado de pila y medición de la temperatura



Volteó y riego del estiércol semi-descompuesto



Peso del estiércol semi- descompuesto



Incorporación del estiércol semi-descompuesto a la parcela



Fumigación contra la enfermedad de mildiu



Fase de maduración fisiológica



Toma de datos de las plantas individuales



Medida de la altura de planta



Cosecha de la parcela



Extracción de la raíz



Medicion de la amplitud y profundidad de raiz



Trilla de la parcela util y planta individual



Venteado de la quinua



Peso de grano de la parcela util



Categorización de grano



Prueba de germinación de grano grande y mediano

Anexo 19. Análisis físico – químico de suelo antes de la siembra.



MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : ANA CINTHIA MONICA MEDRANO POMA

NO SOLICITUD: 217 / 2016

PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*

FECHA DE RECEPCION : 16 / Diciembre / 2016

Provincia: INGAVI

FECHA DE ENTREGA : 18 / Enero / 2017

KIPHAKIPHANI

FUNDACION PROINPA

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUELO - 1 A

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
938-01 /2016	pH en agua 1:5	7,72	-	Potenciometría
938-02 /2016	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,195	dS/m	Conductancia
938-03 /2016	Potasio intercambiable	1,22	meq/100 g	Emisión atómica
938-04 /2016	Nitrógeno total	0,11	%	Kjeldahl
938-05 /2016	Fósforo asimilable	41,61	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- ** Potasio intercambiable, extraído con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.

Anexo 20. Análisis físico – químico de abonos antes de incorporar al cultivo.



MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE ABONOS

INTERESADO : ANA CINTHIA MONICA MEDRANO POMA

NO SOLICITUD: 218 / 2016

PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,

FECHA DE RECEPCION : 16 / Diciembre / 2016

Provincia: INGAVI

FECHA DE ENTREGA : 18 / Enero / 2017

KIPHAKIPHANI

FUNDACION PROINPA

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE ESTIERCOL - 2 A

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
939-01 /2016	pH en agua 1:5	9,42	-	Potenciometría
939-02 /2016	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	5.580	dS/m	Conductancia
939-03 /2016	Potasio	1,18	%	Emisión atómica
939-04 /2016	Nitrógeno total	1,48	%	Kjeldahl
939-05 /2016	Fósforo	0,39	%	Espectrofotometría UV-Visible
939-06 /2016	Materia orgánica	21,61	%	Walkley Black

OBSERVACIONES,- Resultados en base seca



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

Anexo 21. Análisis físico – químico de suelo después de la cosecha T1.



MINISTERIO DE ENERGÍAS

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : ANA CINTHIA MONICA MEDRANO POMA

NO SOLICITUD: 069A / 2017

PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,

FECHA DE RECEPCION : 24 / Abril / 2017

Provincia: INGAVI

FECHA DE ENTREGA : 19 / Mayo / 2017

Comunidad: KIPHAKIPHANI

FUNDACIÓN PROINPA

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUELO - Comunidad Kiphakiphani Cd T1

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
266-01 /2017	pH en agua 1:5	6,96	-	Potenciometría
266-02 /2017	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,103	dS/m	Conductancia
266-03 /2017	Potasio	1,35	meq/100 g	Emisión atómica
266-04 /2017	Nitrógeno total	0,61	%	Kjeldahl
266-05 /2017	Fósforo asimilable	27,14	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraidos con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

Anexo 22. Análisis físico – químico de suelo después de la cosecha T2.



MINISTERIO DE ENERGÍAS

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : ANA CINTHIA MONICA MEDRANO POMA
PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,
Provincia: INGAVI
Comunidad: KIPHAKIPHANI

NO SOLICITUD: 069B / 2017
FECHA DE RECEPCION : 24 / Abril / 2017
FECHA DE ENTREGA : 19 / Mayo / 2017

FUNDACIÓN PROINPA

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUELO - Comunidad Kiphakiphani Cd T2

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
267-01 /2017	pH en agua 1:5	7,07	-	Potenciometría
267-02 /2017	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,127	dS/m	Conductancia
267-03 /2017	Potasio	1,49	meq/100 g	Emisión atómica
267-04 /2017	Nitrógeno total	0,84	%	Kjeldahl
267-05 /2017	Fósforo asimilable	25,26	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraidos con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.

Anexo 23. Análisis físico – químico de suelo después de la cosecha T3.



MINISTERIO DE ENERGÍAS

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : ANA CINTHIA MONICA MEDRANO POMA
PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,
Provincia: INGAVI
Comunidad: KIPHAKIPHANI

NO SOLICITUD: 069C / 2017
FECHA DE RECEPCION : 24 / Abril / 2017
FECHA DE ENTREGA : 19 / Mayo / 2017

FUNDACIÓN PROINPA

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUELO - Comunidad Kiphakiphani Cd T3

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
268-01 /2017	pH en agua 1:5	7,24	-	Potenciometría
268-02 /2017	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,117	dS/m	Conductancia
268-03 /2017	Potasio	1,49	meq/100 g	Emisión atómica
268-04 /2017	Nitrógeno total	1,09	%	Kjeldahl
268-05 /2017	Fósforo asimilable	26,73	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraidos con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.

Anexo 24. Análisis físico – químico de suelo después de la cosecha T4.



MINISTERIO DE ENERGÍAS

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : ANA CINTHIA MONICA MEDRANO POMA

NO SOLICITUD: 069D / 2017

PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,

FECHA DE RECEPCION : 24 / Abril / 2017

Provincia: INGAVI

FECHA DE ENTREGA : 19 / Mayo / 2017

Comunidad: KIPHAKIPHANI

FUNDACIÓN PROINPA

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUELO - Comunidad Kiphakiphani Cd T4

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
269-01 /2017	pH en agua 1:5	7,23	-	Potenciometría
269-02 /2017	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,125	dS/m	Conductancia
269-03 /2017	Potasio	1,66	meq/100 g	Emisión atómica
269-04 /2017	Nitrógeno total	1,35	%	Kjeldahl
269-05 /2017	Fósforo asimilable	27,74	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraidos con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

Anexo 25. Análisis físico – químico de suelo después de la cosecha T5.



MINISTERIO DE ENERGÍAS

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : ANA CINTHIA MONICA MEDRANO POMA

NO SOLICITUD: 069E / 2017

PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,

FECHA DE RECEPCION : 24 / Abril / 2017

Provincia: INGAVI

FECHA DE ENTREGA : 19 / Mayo / 2017

Comunidad: KIPHAKIPHANI

FUNDACIÓN PROINPA

DESCRIPCIÓN : MUESTRA DE SUELO - Comunidad Kiphakiphani Cd T5

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
266-01 /2017	pH en agua 1:5	7,35	-	Potenciometría
266-02 /2017	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,138	dS/m	Conductancia
266-03 /2017	Potasio	1,86	meq/100 g	Emisión atómica
266-04 /2017	Nitrógeno total	1,60	%	Kjeldahl
266-05 /2017	Fósforo asimilable	35,57	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES,- ** Cationes de Cambio extraidos con Acetato de amonio 1 N.



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.