

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



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE DOS NIVELES DE HUMUS DE LOMBRIZ, ESTIÉRCOL TRATADO
Y ESTIÉRCOL FRESCO EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd.) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE
QUIPAQUIPANI, VIACHA**

ISAAC IVAN MAMANI YUJRA

La Paz – Bolivia

2014

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

EFFECTO DE DOS NIVELES DE HUMUS DE LOMBRIZ, ESTIÉRCOL TRATADO
Y ESTIÉRCOL FRESCO EN LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE QUINUA
(Chenopodium quinoa Willd) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE
QUIPAQUIPANI, VIACHA

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

ISAAC IVAN MAMANI YUJRA

Asesores:

Ing. Ph. D. Alejandro Bonifacio Flores

Ing. M.Sc. Raúl Saravia Zurita

Tribunales:

Ing. Ph. D. Abul Kalam Kurban

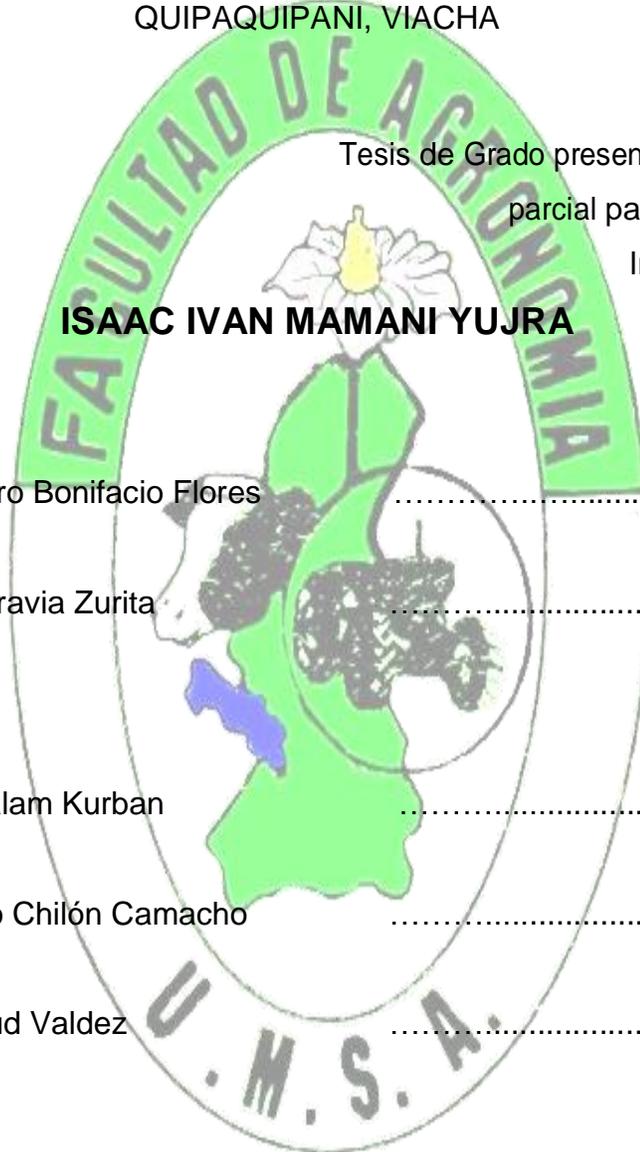
Ing. M.Sc. Eduardo Chilón Camacho

Ing. René Calatayud Valdez

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador:

2014



DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a todas las personas que son parte de mi vida cotidiana y laboral, en especial a mis Padres: Pascual Mamani y Angélica Yujra que me enseñaron a ser de uno mismo el mejor, a mis hermanos: Cesar y Luis, que son lo más bello que tengo en la vida, a todos mis familiares que siempre estarán para apoyarme.

No olvidemos que el conocimiento es la base de todo desarrollo y aquel que lo entienda es digno de respetar y recordar. (Isaac, 2014)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la divinidad del mundo que nos ofrece todo por existir y cumplir nuestro trabajo en el planeta tierra.

Expreso mis más gratos agradecimientos a mis asesores; Dr. Alejandro Bonifacio Flores por impulsarme durante la elaboración de mi tesis, confiar en mí, haberme brindado su apoyo logístico, moral y lo más importante su amistad y paciencia.

De igual manera agradezco a mis revisores; Dr. Abul Kalam Kurban, Ing. Eduardo Chilón Camacho e Ing. René Calatayud Valdez por los aportes y sugerencias en mi tesis.

A la fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) donde aprendí mi compromiso como ingeniero agrónomo con la sociedad.

A mis amigos: Francisco, Yenny, Felipa, Patricia, Miriam, Marcelo, Ronald, Don Carlos, Tomas, Liz, y todos aquellos con que compartí mis ideas y me escucharon.

Finalmente a la Facultad de Agronomía de la UMSA, por ser el lugar donde conocí buenos compañeros, forje amistades buenas, pase momentos buenos y malos; a todo el plantel docente y administrativo quienes me forjaron y así pudiera cumplir el sueño de ser PROFESIONAL.

RESUMEN

El trabajo de investigación empleando abonos orgánicos mejorados, en distintos niveles para la producción de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se llevó a cabo en los predios del centro experimental Quipaquipani, planteándose los siguientes objetivos: Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de la quinua en la producción de semilla, bajo el efecto del abonamiento del suelo con dos niveles de humus de lombriz, estiércol tratado y estiércol fresco de llama. Para cumplir con los objetivos se utilizó semilla precoz de quinua de la variedad Jach'a grano, evaluándose variables agronómicas; rendimiento, altura de planta, diámetro de panoja, diámetro de tallo, longitud de panoja, porcentaje de materia seca, índice de cosecha, peso de cien semillas, calidad de semilla, etc., y variables fisicoquímicas; densidad aparente, densidad real, porosidad, textura, porcentajes de nitrógeno, potasio, fósforo, pH, conductividad eléctrica, carbón, materia orgánica, sodio intercambiable, calcio, magnesio intercambiable.

Los resultados obtenidos muestran que la aplicación de abonos orgánicos como el estiércol de llama, estiércol tratado de llama y humus de lombriz, influyeron directamente en el rendimiento del cultivo, y en el vigor relativo de la semilla. Lo propio sucedió con las variables físicas, químicas del suelo, mejorando su densidad aparente y la fertilidad de los suelos.

Las variables evaluadas muestran que la aplicación de estiércol de llama, en estado natural (fresco), a un nivel de 5 y 10 toneladas por hectárea son superiores en rendimiento, altura, diámetro de panoja respecto a la semilla presentó menor porcentaje de grano grande. Lo propio demuestra el análisis químico atribuyéndole mejores proporciones de nitrógeno.

El estiércol tratado (mejorado) y el humus de lombriz, en aplicaciones de 5 y 10 toneladas por hectárea, mostraron similar comportamiento respecto al rendimiento, altura, porcentaje de germinación y mayor porcentaje de grano grande en comparación con los otros tratamientos. El análisis químico demuestra

que los niveles de nitrógeno son bajos, empero los niveles de potasio y fósforo son elevados.

Los rendimientos de todos los tratamientos evaluados reflejan que la unidad experimental con aplicación de estiércol fresco de llama (10 t/ha) alcanza un rendimiento de 3592,5 kg/ha y con la dosis de aplicación (5 t/ha), alcanza un rendimiento de 3447,5 kg/ha siendo estos dos los rendimientos más superiores a los otros tratamientos.

La técnica del tamizado para la calidad de semilla forma cuatro categorías, la primera de tamaño extra grande ($> 2,4$ mm), que se encontró en cantidades menores. La segunda categoría conformada por grano grande (2,4 y 2 mm), los tratamientos aplicados con abonos orgánicos, muestran un porcentaje relativamente mayor, la tercera categoría conformado por grano mediano (1.9 y 1.5 mm), mostró un porcentaje mayor en el tratamiento testigo y en menor porcentaje en los tratamientos con aplicación de abonos orgánicos, la cuarta categoría grano pequeño y con impurezas ($< a 1.4$ mm) en todos los tratamientos representó el 2 % del total tamizado.

Las semillas de grano grande (2,4 y 2 mm) en los tratamientos con abonos orgánicos alcanzaron promedios de germinación más altos hasta las 10 horas mostrando un vigor relativo superior al testigo, sin embargo, las semillas de grano mediano (1.9 y 1.5 mm) alcanzaron en 10 horas porcentajes de germinación bajos, demostrando de esta forma que el tamaño de la semilla de quinua tiene un rol importante y que este mismo es influenciado favorablemente por la aplicación de abonos orgánicos.

CONTENIDO

	DEDICATORIA.....	i
	AGRADECIMIENTO.....	ii
	RESUMEN.....	iii
	CONTENIDO.....	V
	INDICE DE CUADROS.....	X
	INDICE DE FIGURAS.....	Xiii
	ANEXOS.....	Xiv
1.	INTRODUCCION.....	1
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1.	Objetivo General.....	3
2.2.	Objetivos Específicos.....	3
2.3.	Hipótesis.....	3
3.	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	4
3.1.	Importancia de los abonos orgánicos en el suelo.....	4
3.2.	Utilización de abonos orgánicos.....	4
3.2.1	Aplicación de abono en el cultivo de la quinua.	5
3.3.	El rol de nutrientes esenciales en la producción de cultivos.....	5
3.4.	Materia orgánica.....	9
3.4.1.	Composición de la materia orgánica.....	10
3.4.2.	Transformación de la materia orgánica en el suelo	10
3.4.2.1	Humificación.....	11
3.4.2.2	Inmovilización.....	11
3.4.2.3	Mineralización.....	11
3.4.2.4	Nitrificación.....	12
3.4.3.	Beneficios y funciones de materia orgánica en el suelo.	12
3.5.	Características de los abonos orgánicos (humus, estiércol, compost).....	12
3.5.1	Abonos orgánicos.....	12

3.5.2	Estiércol.....	13
3.5.1.2	Estiércol de origen camélido.....	14
3.5.1.3	Descomposición y mineralización del estiércol.....	14
3.5.1.4	Composición del estiércol.....	14
3.5.2	Compost.....	15
3.5.2.1	Composición del compostaje (estiércol tratado).....	15
3.5.3.	Humus.....	16
3.5.3.1	Humus de lombriz.....	16
3.5.3.2	El humus de lombriz en el suelo.....	16
3.6.	Importancia del cultivo de la quinua.....	17
3.7.	Centro de origen de la quinua.....	17
3.8.	Distribución geográfica y variabilidad genética de la quinua.....	18
3.9.	Importancia de la semilla de quinua.....	19
3.9.1.	Variedad de quinua Jach´a grano.....	21
3.9.1.1	Progenitores de la variedad.....	21
3.9.1.2	Características de los progenitores.....	21
3.9.1.3	Características morfológicas de la variedad.....	21
3.9.1.4	Características agronómicas.....	22
3.9.1.5	Características del grano.....	23
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1.	Localización.....	24
4.2.	Características generales de la zona de estudio.....	24
4.2.1.	Clima.....	24
4.2.2.	Fisiografía.....	24
4.2.3.	Suelos.....	24
4.3.	Material experimental.....	25
4.3.1.	Material vegetal.....	25
4.3.2.	Material Orgánico.....	25
4.3.3.	Material de campo.....	26

4.3.4.	Material de Laboratorio.....	27
4.3.5.	Equipos.....	27
4.3.6.	Material de Gabinete.....	28
4.4.	Metodología.....	28
4.4.1.	Procedimiento experimental.....	28
4.4.2.	Tratamientos del estiércol de llama.....	28
4.5.	Manejo agronómico del cultivo.....	30
4.5.1.	Preparación del terreno.....	30
4.5.2.	Demarcación de las parcelas.....	30
4.5.3.	Siembra y aplicación de los distintos tipos de abono....	30
4.5.4.	Marcado de las plantas de (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).	31
4.5.5.	Labores culturales.....	31
4.6.	Diseño experimental.....	33
4.7.	Variables de respuesta.....	35
4.7.1.	Variable de respuesta de la variedad de quinua Jach'a grano.....	35
4.8.	Muestreo de suelos (posterior al corte).....	37
4.9.	Variables de respuesta en el suelo.....	37
4.9.1	Propiedades físicas del suelo.....	37
4.9.1.1	Densidad aparente.....	37
4.9.1.2	Densidad real.....	38
4.9.1.3	Porcentaje de porosidad.....	38
4.9.2.	Propiedades químicas del suelo.....	39
4.10.	Análisis estadístico.....	39
4.11.	Análisis económico.....	39
4.11.1	Costos variables (CV).....	39
4.11.2	Beneficio bruto (Bb).....	40
4.11.3	Beneficio neto (Bn).....	40
4.11.4	Beneficio/costo (B/C).....	40
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41

5.1.	Efecto de los abonos orgánicos sobre las propiedades físicas del suelo.....	41
5.1.1.	Análisis de varianza para la densidad aparente del suelo...	41
5.1.2.	Comparación de la densidad aparente mediante la prueba Duncan.....	42
5.1.3.	Análisis de varianza para la densidad real del suelo.....	43
5.1.4	Comparación de la densidad real mediante la prueba de Duncan.....	43
5.1.5	Análisis de varianza para el porcentaje de porosidad del suelo.....	44
5.1.6	Comparación del porcentaje de porosidad mediante la prueba de Duncan.....	45
5.2	Efecto de los abonos orgánicos sobre las propiedades químicas del suelo.	45
5.3	Variables agronómicas.....	50
5.3.1	Análisis de varianza para altura de planta de quinua.....	50
5.3.2	Comparación de altura de planta mediante la prueba de Duncan.....	50
5.3.3	Comparación de la curva de crecimiento de todos los tratamientos.....	52
5.3.4	Análisis de varianza para diámetro de panoja.....	53
5.3.5	Comparación de diámetro de panoja mediante la prueba de Duncan.....	53
5.3.6	Análisis de varianza para diámetro de tallo.....	54
5.3.7	Comparación de diámetros de tallo mediante la prueba de Duncan.....	55
5.3.8	Análisis de varianza longitud de panoja.....	56
5.3.9	Comparación de la longitud de panoja mediante la prueba de Duncan.....	56
5.3.10	Análisis de varianza porcentaje de materia seca.....	57

5.3.11	Comparación del porcentaje de materia seca mediante la prueba de Duncan.....	58
5.3.12	Análisis de varianza índice de cosecha.....	59
5.3.13	Comparación del índice de cosecha mediante la prueba de Duncan.....	60
5.3.14	Análisis de varianza peso de 100 semillas.....	61
5.3.15	Comparación del peso de 100 semillas mediante la prueba de Duncan.....	62
5.3.16	Análisis de varianza para rendimiento en grano.....	63
5.3.17	Comparación del rendimiento en grano mediante la prueba de Duncan.....	63
5.4	Análisis de la semilla de quinua.....	65
5.4.1	Categorización del grano por medio de tamices.....	65
5.5	Porcentaje de la categorización de la semilla de quinua para los distintos tratamientos.....	66
5.5.1	Porcentaje de categorización de grano el tratamiento testigo.....	66
5.5.2	Porcentaje de categoría de grano para el estiércol de llama (T1) 5 t/ha.....	67
5.5.3	Porcentaje de categoría de grano para el estiércol de llama (T2) 10 t/ha.....	68
5.5.4	Porcentaje de categoría de grano para el estiércol tratado (compost) (T3) 5 t/ha.....	69
5.5.5	Porcentaje de categoría de grano para el estiércol tratado (compost) (T4) 10 t/ha.....	70
5.5.6	Porcentaje de categoría de grano para el humus de lombriz (T5) 5 t/ha.....	71
5.5.7	Porcentaje de categoría de grano para el humus de lombriz (T6) 10 t/ha.....	72
5.6.	Relación gráfica de las categorías de grano para los	

	distintos tratamientos.....	73
5.7.	Porcentaje de germinación del grano grande (tamiz amarillo).....	74
5.8.	Porcentaje de germinación grano mediano (tamiz celeste)	75
5.9.	Análisis económico.....	76
6.	CONCLUSIONES.....	78
7.	RECOMENDACIONES.....	80
8.	BIBLIOGRAFIA.....	81
9.	ANEXOS.....	87

INDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1.	Elementos esenciales, formas de absorción y composición aproximada en las plantas.....	9
Cuadro 2.	Análisis químico de estiércol de camélido y ovino (Huaraco, prov. Aroma).....	14
Cuadro 3.	Análisis químico del COMPOST.....	15
Cuadro 4.	Características de la variedad Jach`a grano.....	23
Cuadro 5.	Análisis físico – químico del humus de lombriz.....	25
Cuadro 6.	Análisis físico – químico del estiércol tratado de llama (compost).....	26
Cuadro 7.	Análisis físico – químico del estiércol fresco de llama.....	26
Cuadro 8.	Análisis de varianza para la densidad aparente del suelo....	41
Cuadro 9.	Prueba de Duncan (5%), para la densidad aparente.....	42
Cuadro 10.	Análisis de varianza para la densidad real del suelo.....	43
Cuadro 11.	Prueba de Duncan (5%), para la densidad real del suelo.....	44
Cuadro 12.	Análisis de varianza para el porcentaje de porosidad del suelo.....	44

Cuadro 13.	Prueba de Duncan (5%), para el porcentaje de porosidad del suelo.....	45
Cuadro 14.	Análisis químico de los distintos tratamientos.....	49
Cuadro 15.	Análisis de varianza para el incremento en altura de planta por efecto de los niveles de abono en el suelo.....	50
Cuadro 16.	Prueba de Duncan (5%), para la altura de planta los diferentes niveles de abonamiento.....	51
Cuadro 17.	Análisis de varianza para el comportamiento del diámetro de panoja por efecto de los niveles de abono en el suelo.....	53
Cuadro 18.	Prueba de Duncan (5%), para el diámetro de panoja en los diferentes niveles de abonamiento.....	54
Cuadro 19.	Análisis de varianza para el comportamiento en el incremento del diámetro de tallo por efecto de los niveles de abono en el suelo.....	54
Cuadro 20.	Prueba de Duncan (5%), para el diámetro de tallo en los diferentes niveles de abonamiento.....	55
Cuadro 21.	Análisis de varianza para la longitud de panoja por efecto de los niveles de abono en el suelo.....	56
Cuadro 22.	Prueba de Duncan (5%), para la longitud de panoja de los diferentes tratamientos.....	57
Cuadro 23.	Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca por efecto de los niveles de abono en el suelo.....	58
Cuadro 24.	Prueba de Duncan (5%), para el porcentaje de materia seca los diferentes niveles de abonamiento.....	59
Cuadro 25.	Análisis de varianza para el comportamiento del índice de cosecha por efecto de los niveles de abono en el suelo...	60
Cuadro 26.	Prueba de Duncan (5%), para el índice de cosecha en los diferentes niveles de abonamiento.....	61
Cuadro 27.	Análisis de varianza para el peso de 100 semillas por efecto de los niveles de abono en el suelo.....	61

Cuadro 28.	Prueba de Duncan (5%), para el peso de 100 semillas por efecto los diferentes niveles de abonamiento.....	62
Cuadro 29.	Análisis de varianza para el rendimiento en grano por efecto de los niveles de abono en el suelo.....	63
Cuadro 30.	Prueba de Duncan (5%), para el rendimiento en grano por efecto de los diferentes niveles de abonamiento.....	64
Cuadro 31.	Parámetros de tamizado empleado en los distintos tratamientos.....	65
Cuadro 32.	Comparación del porcentaje de tamaño de grano en todos los tratamientos.....	73
Cuadro 33.	Comparación del porcentaje de tamaño de grano tratamientos con abonos orgánicos.....	73
Cuadro 34.	Costo de producción de semilla de quinua de la variedad Jach'a grano para una ha.....	76

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Croquis experimental.....	34
Figura 2. Comportamiento de crecimiento en función del tiempo.....	52
Figura 3. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento testigo.....	66
Figura 4. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con estiércol fresco 5 t/ha.....	67
Figura 5. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con estiércol fresco 10 t/ha.....	68
Figura 6. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con estiércol tratado de llama 5 t/ha.....	69
Figura 7 Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con estiércol tratado de llama 10 t/ha.....	70
Figura 8 Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con humus de lombriz 5 t/ha.....	71
Figura 9 Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con humus de lombriz 10 t/ha.....	72
Figura 10 Porcentaje de germinación acumulada a diferentes periodos de tiempo (grano grande).....	74
Figura 11 Porcentaje de germinación acumulada a diferentes periodos de tiempo (grano mediano).....	75

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ubicación del área experimental.....	88
Anexo 2. Días a la emergencia, parcela experimental.....	88
Anexo 3. Labores culturales.....	89
Anexo 4. Purificación de la variedad Jach`a grano.....	89
Anexo 5. Tamices para categorizar la semilla de quinua.....	90
Anexo 6. Técnica del tamizado para categorizar semilla de quinua.....	90
Anexo 7. Análisis de laboratorio de muestra de suelo.....	91
Anexo 8. Semilla de quinua categorizada.....	91
Anexo 9. Pruebas de germinación.....	92
Anexo 10. Semilla clasificada por categorías.....	93
Anexo 11. Realización de compostado.....	93
Anexo 12. Ubicación geográfica del área experimental.....	94

1. INTRODUCCIÓN

La naturaleza en su conjunto, nos invita a todos compartir toda su sabiduría y es por ello que el hombre investiga cuan sabia es.

En el reino vegetal ocurren una serie de fenómenos, que hacen que subsista con el pasar del tiempo. El hombre aprendió sobre el comportamiento de esos fenómenos que ocurren en la madre tierra, al observar, como una simple semilla preserva nuevas generaciones, esa curiosidad hoy en día nos alimenta, al ver inmensos campos de maíz, trigo, quinua, etc., que el hombre ha aprendido a domesticar a lo largo de estos tiempos. La herencia dejado por nuestros antepasados hoy nos ayuda a comprender que la producción de semilla de cualquier especie nos permite asegurar la soberanía alimentaria de nuevas generaciones.

La producción de quinua en Bolivia solo se enfoca a la explotación, desatendiendo alternativas para la obtención de semilla de calidad. Según datos proporcionados por el Viceministerio de Desarrollo Rural Y Tierras (VDRMT), los volúmenes de exportación de quinua en el año 2013, han superado las 35 toneladas, superando de esta forma la exportación en un 33% del volumen con relación al año 2012 (IBCE, 2013).

El altiplano abarca una superficie de 22.4 % de territorio nacional. Esto en la primera instancia, parece favorable para el país, pero esa misma superficie tiene problemas de tipo climático y de baja fertilidad de sus suelos. Por otro lado el agricultor asentado en estas tierras tiene la necesidad de hacerlos productivo, y la quinua es una especie que mejor se presta a esos fines. La baja fertilidad de los suelos del altiplano se debe a la escasa capa arable, bajo contenido de materia orgánica, suelo de textura muy suelta o muy pesada, escaso periodo de humedad en el suelo, etc. (FAO, 1999).

En los últimos años se han realizado diversos estudios sobre mejoramiento de la fertilidad de los suelos desde el punto de vista edafológico; mejorando sus

propiedades físicas, químicas y biológicas tratando de dar alguna manera solución a la álgida situación del agricultor en este aspecto.

Con el cultivo de la quinua, se ha realizado pruebas de incorporación de diversos estiércoles u otras fuentes de materia orgánica en variadas dosis, diversos estados de descomposición, profundidades, etc., y se sigue buscando alternativas en ese intento de aumentar la fertilidad de los suelos del altiplano (Orsag, 2010).

En la agricultura biológica, actualmente los países del exterior realizan pruebas de utilización de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*) para la obtención de humus y esto a su vez para la producción de frutales, hortalizas, y cultivos intensivos, los resultados demuestran que sus bondades son muy alentadoras. El desecho de su digestión es un subproducto muy fácilmente degradado por los microorganismos del suelo, por lo que en muy escaso tiempo, una determinada materia orgánica devorada por ella, es degradada. Esto es muy favorable desde el punto de vista de disponer materia orgánica asimilable por las plantas (NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE, 2001).

La pregunta es, si el subproducto logrado a través de esta lombriz, el estiércol tratado de llama y estiércol fresco de llama, se presta para mejorar la fertilidad de suelos en niveles económicamente sustentables en la producción de semilla de quinua, en qué tipo de suelos puede funcionar mejor, y en qué medida pueden incidir las drásticas condiciones de humedad propias del altiplano.

La principal intención es detectar nuevas alternativas de mejorar la fertilidad de los suelos e incrementar la producción de semilla de quinua, con posibilidades de uso por parte de los agricultores pequeños y coadyuvar la soberanía alimentaria.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de la quinua en la producción de semilla, bajo el efecto del abonamiento del suelo con dos niveles de humus de lombriz, estiércol tratado y estiércol fresco de llama.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto del humus de lombriz, estiércol tratado, estiércol fresco sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.
- Evaluar los componentes de rendimiento del cultivo de la quinua a diferentes niveles de abonamiento.
- Determinar la calidad de semilla (tamaño y germinación) por efecto de los diferentes abonos.
- Realizar el análisis económico de la producción de semilla de quinua con la aplicación de humus de lombriz, estiércol tratado, estiércol fresco.

2.3 Hipótesis

- El efecto del humus de lombriz, estiércol tratado y estiércol fresco no tiene influencia directa en los componentes de rendimiento y la calidad de semilla del cultivo de la quinua.
- No existen diferencias significativas entre la aplicación de dos niveles de humus de lombriz, estiércol tratado y estiércol fresco sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Importancia de los abonos orgánicos

Según FAUTAPO (2008), los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal de los que las plantas pueden obtener cantidades importantes de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriquecido con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

Los abonos orgánicos, por su propia característica en composición son formadores del humus y enriquecen al suelo con este componente, modificando algunas de las propiedades y características del suelo como su reacción al (pH), cargas variables, capacidad de intercambio iónico, quelatación de elementos, disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio, potasio, y desde luego la población microbiana, haciéndolo mas propio para el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos (Chilón, 1997).

La madre tierra nos enseña que el suelo es un recurso vital y en gran parte no renovable y está sometido a una presión cada vez mayor. A nivel mundial la baja fertilidad de los suelos es el principal problema que ocurre en la agricultura convencional, y por consiguiente es el más importante que hay que afrontar para que se mantenga la fertilidad de los suelos agrarios.

El estiércol de ganado camélido en el altiplano Boliviano, es una de la fuentes de abonos orgánicos más accesibles para los productores locales, por esta razón es uno de los insumos más importantes, pero poco trabajados en su mejora y aplicabilidad para mejorar la fertilidad del suelo (Huanca, 2008).

3.2 Utilización de abonos orgánicos

La utilización de abonos orgánicos se remonta a épocas ancestrales y su influencia sobre la fertilidad de los suelos se ha demostrado, el aporte de

nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo varía según su procedencia, tiempo, manejo y contenido de humedad.

Los agricultores de esta parte del Altiplano Boliviano utilizan el estiércol de llama con criterios obtenidos por la experiencia y en mayor cantidad abonos químicos, sin entender que existen alternativas de mejorar el estiércol local, con técnicas como el compostaje (Chilón, 1997).

3.2.1 Aplicación de abono en cultivo de quinua

La incorporación de estiércol en la época de siembra varía entre 4 a 10 t/ha, conforme se maneje el tipo de aplicación, en el sistema de hoyos, surcos y boleón. El uso de abono orgánico se puede calificar todavía moderado, sin embargo la tendencia es el aumento paulatino, tanto para la producción orgánica, como para la producción convencional en la producción de quinua.

La quinua es un cultivo rústico y que se produce en suelos pobres, aunque efectivamente se puede desarrollar en estos suelos, los rendimientos serán lógicamente bajos. En la práctica, los campesinos no fertilizan la quinua, dependen de los nutrientes aplicados al cultivo anterior que es generalmente es la papa. Cuando se siembra quinua después de un cereal o se repite quinua, se debe aplicar por los menos estiércol de corral (Tapia, 1990).

Actualmente nos encontramos en un déficit en la producción de guano de llama, puesto que se incrementa de manera creciente áreas de cultivo de quinua, y desplaza la crianza de camélidos, creando de esta forma un desequilibrio que podría afectar a futuro (FAO, 1990).

3.3. El rol de nutrientes esenciales en la producción de cultivos

Los nutrientes se clasifican de diversas formas, siendo la clasificación más difundida aquella que los divide en macro y micro nutrientes, esta clasificación

tiene en cuenta la concentración en la planta; entre los macro nutrientes se encuentran el N, el P, el K, el S, el Ca y el Mg, los micro nutrientes son el B, Cu, Cl, Fe, Mn, Mo, Ni y Zn; existe otro grupo de elementos que no son esenciales pero si beneficiosos para el desarrollo vegetal, en este grupo se encuentran el Na, Si y Co (Sánchez, 2003).

Nitrógeno.- El nitrógeno es un elemento muy móvil que es absorbido por las plantas en sus formas solubles de nitratos (NO_3), amonios (NH_4) y otros compuestos nitrogenados; este elemento cumple múltiples funciones, su rol principal es la intervención en la composición de los aminoácidos que son los precursores de las proteínas, es parte de los ácidos nucleicos (DNA y RNA) que almacenan la información genética, además las enzimas también están constituidas por proteínas (Murillo, 2006).

Fósforo .- El fósforo es absorbido por la planta como fosfato mono o diácido y en la planta compone muchas enzimas, fosfoproteínas y fosfolípidos, también es componente de los ácidos nucleicos participa de los procesos de transferencia genética, además de ser integrante del ADP y del ATP, participa en el almacenamiento y transferencia de energía en la planta; este elemento posee un alto grado de recirculación interna, por lo que los órganos en proceso de senescencia poseen un menor contenido relativo de este elemento, además hay que considerar que el contenido proteico como la digestibilidad no son alterados en gran medida por la fertilización fosforada (Sánchez, 2003).

Potasio .- El potasio es un elemento predominantemente iónico, interviene en procesos osmóticos, apertura y cierre de estomas, fotosíntesis y transporte de carbohidratos, respiración, fijación simbiótica de nitrógeno; este elemento activa más de 60 enzimas, por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas, mejora el régimen hídrico, de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad, las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades , además se menciona que es un elemento constituyente de

quinasa pirúvica, síntesis de glutatión, síntesis de succinil CoA, síntesis de glutamincisteína, síntesis de NAD⁺, hidrogenasa aldehído (Murillo, 2006).

Según Sánchez (2003), el azufre, calcio, magnesio, boro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, níquel, zinc son nutrientes que cumplen diferentes roles en las plantas, que se detallan a continuación.

Azufre.- Elemento que se caracteriza por presentar una dinámica muy similar a la del N en el suelo, es fuertemente dependiente de la cantidad y calidad de materia orgánica y es absorbido como sulfatos; este elemento es componente de algunos aminoácidos y parte de las proteínas, forma parte de los sulfolípidos y es parte estructural de co-enzimas, participa en procesos de oxidación-reducción, además se ha demostrado su rol en el crecimiento celular y en el funcionamiento de las paredes celulares, lo que finalmente afecta la capacidad de resistencia de la planta a sequía, enfermedades e insectos.

Calcio.- El calcio es un componente esencial de las paredes celulares y la estructura de la planta, está involucrado en la división y extensión celular, el funcionamiento de las membranas, la regulación del pH y en la constitución de los órganos reproductivos.

Magnesio.- Este elemento forma parte estructural de la clorofila, interviene en los procesos de absorción iónica, fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, balance electrolítico, estabilidad de los ribosomas, elemento constituyente de tioquinasa acética, quinasa pirúvica, hexoquinasa, enolasa, piruvato decarboxilasa; además participa en la formación de azúcares, lípidos y aceites vegetales.

Boro.- Este elemento participa en el transporte de carbohidratos y la síntesis de compuestos de las paredes celulares, es importante regulador de la actividad meristemática y también se ha comprobado su rol en la síntesis de proteínas, es responsable principal de la regulación osmótica de la planta.

Cobre.- El cobre es un elemento que interviene en procesos enzimáticos, se ha demostrado su rol en la transferencia de electrones, en la formación de la pared celular y en la lignificación de los tejidos.

Hierro.- El hierro participa en la síntesis de clorofila, es esencial en los procesos de transferencia de electrones de las reacciones de oxidación-reducción, como tal su rol en la respiración vegetal es clave, cabe mencionar también que forma parte del citocromo, la hemoglobina y de algunas proteínas.

Manganeso.- El manganeso participa en la fotosíntesis por ser formador de los cloroplastos, también interviene en varios procesos enzimáticos y de transferencia de electrones.

Molibdeno.- El molibdeno participa en el metabolismo del N de la planta, a través de su intervención en la enzima nitrato-reductasa, responsable de la reducción de nitratos, también está demostrada su participación en la relación simbiótica entre las bacterias fijadoras de N y las leguminosas, las plantas con deficiencia en este elemento suelen manifestar cambios en la morfología de sus hojas.

Níquel.- Es un elemento componente de varias enzimas, como la ureasa, existen también evidencias de su rol en la germinación y crecimiento de varios cultivos. A pesar de estar comprobada su esencialidad, son prácticamente nulos los reportes de plantas creciendo en suelos que manifiesten síntomas de deficiencia de este elemento.

Zinc.- Este elemento interviene en procesos enzimáticos ligados a la transferencia de electrones, interviene en la formación de las auxinas, las cuales son importantes reguladores del crecimiento.

Cuadro 1. Elementos esenciales, formas de absorción y composición aproximada en las plantas

Elemento	Forma de Absorción	% en la planta
Carbono (C)	CO ₂	40 – 50
Oxígeno (O)	O ₂ y H ₂ O	42 – 44
Nitrógeno (N)	NO ₃ ⁻ y NH ₄ ⁺	1 – 3
Fósforo (P)	H ₂ PO ₄ ⁻ y HPO ₄ ²⁻	0.05 – 1
Potasio (K)	K ⁺	0.3 – 3
Calcio (Ca)	Ca ²⁺	0.5 – 3.5
Magnesio (Mg)	Mg ²⁺	0.03 – 0.8
Azufre (S)	SO ₄ ²⁻	0.1 – 0.5
Hierro (Fe)	Fe ²⁺	100 – 1000 ppm
Manganeso (Mn)	Mn ²⁺	50 – 300 ppm
Cobre (Cu)	Cu ²⁺	10 - 40 ppm
Zinc (Zn)	Zn ²⁺	10 - 20 ppm
Boro (B)	H ₂ BO ₃ ⁻	50 - 300 ppm
Molibdeno (Mo)	MoO ₄ ²⁻	10 – 40 ppm

Fuente: Sánchez (2003)

3.4. Materia orgánica

La materia orgánica como componente natural del suelo, corresponde a la mezcla heterogénea de residuos de flora y fauna en vías de descomposición, y materiales húmicos polimerizados. Niveles adecuados de MO en el suelo promueven la formación de macroporos y consecuentemente mejoran la tasa de infiltración, además de facilitar la labranza y permitir una adecuada aireación del suelo (Labrador, 2001).

La materia orgánica en los suelos proviene, en parte, de la incorporación de los residuos de animales (cadáveres y deyecciones) y restos vegetales (raíces, órganos aéreos, excreciones a nivel rizósfera, sustancias solubles de los órganos

aéreos transferidas al suelo por el agua de lluvia o rocío, etc.), en distintos estados de descomposición y la biomasa microbiana (Alexander, 1976).

Se puede dividir conceptualmente de manera simple en dos compartimentos: el primero correspondería a lo que se denomina materia orgánica del suelo lábil, que se encuentra formada por restos de animales, plantas y microorganismos, transformados de manera incompleta, que son la primera fuente de humus y que no forman parte integral del suelo y un segundo grupo, se denomina materia orgánica del suelo estable, y que está formado de sustancias húmicas y productos de la descomposición que forman parte integral del suelo (Labrador, 2001).

3.4.1 Composición de la materia orgánica

El contenido de materia orgánica de los suelos varía entre 0.5 y 15 % de acuerdo con su génesis. Los contenidos se pueden clasificar en: < 1 % bajo; 1 – 2 % medio bajo; 2 - 4 % medio; 4 – 8 % alto; 8 -12 % muy alto y > 12% extremadamente alto (turberas). Los restos vegetales son cuantitativamente más importantes que los residuos animales. Sus componentes varían entre los siguientes valores: lignina 10 – 30 %, celulosa de 20 -50 %, hemicelulosa de 10 – 28 %, grasas, ceras, taninos de 1 – 8 %, compuestos nitrogenados 1 – 15 %, contenido de agua 50 – 95 %. Los elementos que integran estos compuestos son incorporados a la materia orgánica del suelo aportando C, N, O, S, H (Labrador, 2001).

3.4.2 Transformación de la materia orgánica en el suelo

Los microorganismos que descomponen la materia orgánica, toman su energía de la materia orgánica a la cual descomponen. Estos microorganismos tienen la necesidad de absorber nitrógeno para formar su propia proteína, y este nitrógeno pueden tomarlo del procedente de la descomposición de la propia materia orgánica.

En el proceso de descomposición del total de la materia orgánica incorporada al suelo, el 65% se pierde como CO₂, H₂O, energía, etc., solo el 35% pasa a formar sustancias humificadas, la cual es utilizada en la síntesis microbial culminando en el proceso de mineralización (Chilón, 1996).

3.4.2.1 Humificación

Conjunto de procesos rápidos, realizados por todo tipo de organismos (aeróbicos y anaeróbicos) y que conduce a la formación del humus, que se caracteriza por su baja densidad, relación C/N =10, alta CIC, alta capacidad retentiva de humedad, color oscuro, el humus es la base de la fertilidad del suelo (Chilón, 1996).

3.4.2.2 Inmovilización

Es la conversión de nitrógeno inorgánico (NH₄⁺ y NO₃) a nitrógeno orgánico. Cuanto más bajo sea el contenido de nitrógeno en la materia orgánica en descomposición con relación al contenido de carbono, mayor será la inmovilización del nitrógeno en suelo por parte de los microorganismos (Murillo, 2006).

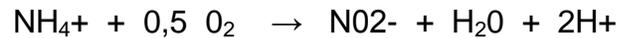
Los procesos de transformación de los minerales del suelo en sustancias orgánicas se dan bajo la relación carbono/nitrógeno (C/N). Si la relación C/N es menor a 17 en nitrógeno se mineraliza; si la relación C/N está entre 17 – 33, entonces habrá un equilibrio; si la relación C/N es mayor a 33, habrá inmovilización del nitrógeno (Chilón, 1996).

3.4.2.3 Mineralización

Es la conversión de nitrógeno orgánico a amonio (NH₄⁺) a través de la actividad de microorganismos no específicos, bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas. Este proceso se acelera con un incremento en la temperatura y aumenta con una adecuada humedad y una buena disponibilidad de oxígeno.

3.4.2.4 Nitrificación

Se refiere a la conversión de amonio (NH_4^+) a nitrato (NO_3^-). El nitrato es la forma más común como las plantas absorben el nitrógeno. Este proceso es la fuente acidificante más grande en los suelos agrícolas y se representa con la siguiente ecuación (Murillo, 2006).



3.4.3 Beneficios y funciones de materia orgánica en el suelo

Los beneficios que la materia orgánica proporciona al suelo son múltiples; en primer lugar actúa como fertilizante o abono orgánico, y por otro lado, como una excelente enmienda al mejorar las propiedades del suelo. Además, los abonos orgánicos no requieren ser importados ni subsidiados porque se obtienen a partir de los residuos orgánicos que la propia chacra genera: estiércoles y rastrojos de cosecha, fomentando de esta manera un proceso de reciclaje alimenticio trófico y energético (Schuldt, 2006).

3.5. Características de los abonos orgánicos (humus, estiércol, compost)

3.5.1 Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos y en especial los de origen animal son más valiosos por su materia orgánica que por sus elementos fertilizantes. El estiércol natural 60 % o más de humedad y es desagradable al manipularlo, el abono sin tratar contiene grandes cantidades de semilla de maleza con capacidad de germinación, y además es un fertilizante demasiado pobre en fósforo aprovechable. Casi siempre contiene todos los nutrientes secundarios y microorganismos, aunque las cantidades relativas dependen de la dieta animal. Proporciona alimento para las bacterias del suelo y mejora la labranza de la tierra (NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE, 2001).

Los fertilizantes orgánicos son aquellos productos que por misión fundamental generan humus. También aportan en mayor proporción, elementos nutritivos, pero este aspecto se considera secundario ya que es pobre en proporciones que necesita el requerimiento de una planta, según el grado de transformación diferencia tres clases de estiércol destacados a continuación:

- a) Estiércol fresco: Cuando se puede identificar el material empleado o acumulado para empezar la producción o transformación.
- b) Estiércol semihecho: Tiene un grado intermedio de descomposición.
- c) Estiércol maduro: Cuando ya no se puede identificar el material empleado dentro las camas.

3.5.2 Estiércol

El estiércol es una mezcla de las camas de los animales con sus deyecciones, que ha sufrido fermentaciones más o menos avanzadas primero en el establo y luego en el estercolero. Los estiércoles se han utilizado desde hace mucho tiempo para aumentar la fertilidad de los suelos y modificar sus características agroquímicas en beneficio del desarrollo de las plantas. Su efectividad ha quedado plenamente demostrada con rendimientos altos y de mejor calidad (Sánchez, 2003).

Se trata de un abono compuesto de naturaleza órgano - mineral, con un bajo contenido en elementos minerales. Su nitrógeno se encuentra casi exclusivamente en forma orgánica, el fósforo y el potasio al 50 % de forma mineral (Labrador, 2001), pero su composición varía entre límites muy amplios, dependiendo de la especie animal, la naturaleza de la cama, la alimentación recibida, la elaboración y manejo del montón.

La importancia del estiércol radica en su uso como principal fuente de abono orgánico para mantener y mejorar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo y obtener mayores rendimientos en los cultivos.

La mayoría de los abonos de origen animal, contienen varios elementos nutritivos

(particularmente N, P, K, así como pequeñas cantidades de elementos menores), cuya concentración es sin embargo, más baja que los fertilizantes minerales. A pesar de ello, el estiércol no debe valorarse únicamente por su contenido de nutrientes, sino también por su benéfico efecto en el suelo (Catari, 2002).

La importancia de los abonos influye directamente en el rendimiento de las plantas y mejora la producción de productos extraídos de ellas.

3.5.1.1 Estiércol de origen camélido

El estiércol de origen camélido, constituye un solo sistema con la producción de quinua, ya que ambos están dentro del mismo sistema de producción.

La variación en la composición del estiércol depende de la especie animal, de su alimentación, contenido de materia seca (estado fresco o seco) y de cómo se lo haya manejado (Chilón, 2001).

3.5.1.3. Descomposición y mineralización del estiércol

Según Paz (2008), desde el momento en que se entierra el estiércol, entra en descomposición por la acción de una multitud de microorganismos; hongos, levaduras, y sobre todo bacterias, sin olvidar los gusanos o animales del suelo. Estos microorganismos humificadores transforman la materia orgánica en productos cada vez más sencillos.

3.5.1.4 Composición del estiércol

Cuadro 2. Análisis químico de estiércol de camélido y ovino (Huaraco, prov. Aroma).

	% humedad	% nitrógeno	% carbono	% materia seca	% fósforo
Estiércol de oveja	5.1	1.012	30.42	52.39	1.04
Estiércol de llama	9.1	1.303	24.52	42.23	1.02

Fuente: Chilón E. (1991)

El estiércol de origen camélido es superior en comparación al ovino, destacando de esta forma la utilización de estiércol de llama en los cultivares (Chilón, 1997).

3.5.2 Compost

Es otra fuente valiosa de materia orgánica, que contiene alrededor de 1% de nitrógeno, 0.15% de fósforo, 0.5 % de potasio. Puede originarse de los residuos del cultivo, desperdicios caseros o heces de los animales (Sánchez, 2003).

El compostaje es la descomposición o degradación de los materiales de desechos orgánicos por la población mixta de microorganismos (microbios) con un ambiente cálido, húmedo y aireado (Alexander, 1976).

La aplicación de materia orgánica en forma de compost mejora las propiedades físicas del suelo y promueve un mejor desarrollo de la planta, proporcionando mayores rendimientos a pesar de la presencia de los nematodos.

3.5.2.1 Composición del compostaje (estiércol tratado)

Cuadro 3. Análisis químico del COMPOST

	Humedad %	Nitrógeno %	Carbono %	Mat. Org. %	Fósforo %
COMPOST	30	2.1	24.38	41.9	12

Fuente: Chilón, E. (1991)

La utilización del compost a nivel agrícola tiene efectos positivos en el suelo, tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos, incremento en la densidad aparente, estabilización del pH, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, disminución del lavado de nitratos, eliminación de patógenos y semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana y degradación de residuos de plaguicidas (Barrena, 2006).

3.5.3. Humus

3.5.3.1 Humus de lombriz

El humus de lombriz es la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos y, en consecuencia, tiene una propiedad química que la destaca como coloide. Dicho producto natural puede ser obtenido del cultivo intensivo de una o diversas variedades de lombrices.

La obtención del humus resulta de la acción “digestivo-enzimática” que realizan las lombrices, y del metabolismo de microorganismos sobre la materia orgánica usada como sustrato. Estos compuestos se caracterizan por representar una estructura orgánica compleja, la cual confiere propiedades coloidales (Victorino, 1994).

El humus son las deyecciones (estiércol de la lombriz) de las lombrices, se le ha dado ese nombre por su semejanza con el humus del suelo, que proviene de la descomposición de todos los residuos orgánicos del suelo. Sin embargo existe diferencias entre ambos; el humus del suelos es el producto del “metabolismo” del suelo, el humus proveniente de las lombrices es un estiércol especial, con características nutritivas para el suelo (Schuldt, 2006).

3.5.3.2 El humus de lombriz en el suelo

El humus de lombriz presenta un perfecto equilibrio e inmediata disponibilidad de los macro elementos (N, P, K), y una gran cantidad de micro elementos, es un magnifico enriquecedor del suelo. El humus de lombriz opera en el terreno de una sección biodinámica; mejora la textura y estructura del suelo, actúa como agente cementante entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares, que permiten un mejor desarrollo radicular, intercambio gaseoso y activar los microorganismo del suelo (Schuldt, 2006).

Del mismo modo, el humus de lombriz incrementa la capacidad de retención de humedad en el suelo, lo cual favorece a la normal fisiología de las plantas.

Numerosos estudios comprueban que la incorporación de humus de lombriz mejora las propiedades físico – químicas, biológicas del suelo y el rendimiento de los cultivos. Puesto que se mejora la aireación y permeabilidad del suelo (Chilón, 1997).

3.6. Importancia del cultivo de la quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es uno de los cultivos más importantes del Altiplano boliviano, su tolerancia a heladas, sequias y salinidad hacen esta de especie las más apta para su cultivo en condiciones medioambientales adversas. Su reconocido valor nutritivo se destacó por su contenido proteico y la convierte en un producto importante para la alimentación humana y la generación de ingresos económicos principalmente para los pobladores de la región Andina (CEDLA, 2013).

3.7. Centro de origen de la quinua.

Según el científico ruso Vavilov, el “centro de origen” de una planta cultivada es aquella región con mayor diversidad de tipos, tanto de plantas cultivadas como sus progenitores silvestres. Entre los ocho “centros de origen” de las plantas cultivadas en el mundo descritas por Vavilov en 1953, se encuentra el de la región andina, el cual es considerado como el centro de origen de una de las más importantes civilizaciones americanas (Gandarillas, 2001).

Bajo esta consideración y según las condiciones agroecológicas donde se desarrollan las especies cultivadas, es posible encontrar sub centros de diversidad y variabilidad que hace que se presenten diferentes características botánicas, agronómicas y de adaptación de las especies. La quinua esta difundida desde Colombia hasta Argentina, permitiendo que se puedan agrupar en cinco grandes grupos según las condiciones agroecológicas donde se desarrollen y que hacen que se presenten características botánicas, agronómicas y de adaptación diferente Lescano, (1994); Tapia, (1990) clasificándolas en quinuas de:

- a) Valles interandinos
- b) Altiplano
- c) Salares
- d) Nivel del mar
- e) Yungas

Rojas (2010), estable en un estudio que la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quinua tiene como origen seis sub centros de diversidad, cuatro ubicados en el altiplano de La Paz, Oruro, y Potosí que albergan la mayor diversidad genética, y dos subcentros en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí.

La quinua puede considerarse como una especie oligocéntrica con su centro se origen de amplia distribución y diversificación múltiple, el cual se atribuye a las orillas del Lago Titicaca como la región de mayor diversidad y variación genética (Mujica, 1992).

Según PROINPA (2004), la quinua es una especie originaria de Los Andes; su domesticación y desarrollo se dieron gracias a la participación de grandes culturas predecesoras como la Tiahuanacota e Incaica. Por ello, la quinua es uno de los cultivos milenarios heredado y que ahora es una fuente de ingresos económicos y de seguridad alimentaria.

3.8. Distribución geográfica y variabilidad genética de la quinua

La distribución geografía de la quinua se extiende desde los 50° de Latitud Norte al sur de Colombia, Hasta los 43° de Latitud Sur en la décima región de Chile. Su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar en Chile hasta los 4000 m.s.n.m en el altiplano que comparten Bolivia y Perú, existiendo así quinuas de costa, valles, valles interandinos, puna y altiplano (Lescano, 1994).

Al enfocarnos en el cultivo de quinua directamente relacionamos esta aseveración a la semilla de este grano, lo que implica que al citar concepciones del cultivo de la

quinua también nos enfocamos en el manejo de la semilla como fuente de variabilidad genética.

En Bolivia la colección nacional de germoplasma y la variabilidad de semilla de quinua se distribuye desde los 15° 42´ en la provincia de Omasuyo del departamento de La Paz hasta los 21°57´ de Latitud Sur en la provincia M. Omiste del departamento de Potosí, y desde los 64° 19´ de Longitud Oeste en la provincia Tomina, departamento de Chuquisaca hasta los 69° 09´ en la provincia Manco Kapac del departamento de La Paz. Su distribución altitudinal varía desde los 2400 hasta 4200 m.s.n.m. (Rojas, 2010).

3.9. Importancia de la semilla de quinua

La importancia de la semilla de quinua tiene su origen en la cultura Incaica, donde se registra como cultivo importante en toda la extensa región andina (Lescano, 1994).

En los cultivos andinos la semilla de quinua juega un rol protagónico en la variabilidad genética ya que podemos encontrarlas agrupadas en cinco grupos mayores según sus características de adaptación y algunas morfológicas de alta heredabilidad fácilmente detectables y capaces de mantenerse en toda el área de difusión.

Según Lescano (1989) y Tapia (1990), describen cinco grupos de quinua distribuidas que presentaron adaptabilidad ya que son semillas propias de esa región:

- 1) Quinuas de nivel del mar: La semilla de este tipo de quinua se la ha encontrado en las zonas de Linares y Concepción (Chile) a 36° de Latitud Sur. Son plantas más o menos robustas, de 1 a 1.4 m de altura, de crecimiento ramificado, producen grano (semilla) de color crema transparente (tipo Chullpi).

- 2) Quinuas de valles interandinos: Este tipo de semilla de quinua se adaptan entre los 2500 a 3500 m.s.n.m., la planta se caracteriza por su alto desarrollo hasta 2.5 m o más de altura y normalmente presenta resistencia al mildiu (*Peronospora farinosa*).
- 3) Quinua de altiplano: Se desarrollan en áreas mayores como cultivos puros o únicos entre los 3600 a 3800 m.s.n.m. que corresponde a la zona de mayor variabilidad de caracteres y se producen granos, semillas más especializadas para su uso. Las plantas crecen con altura de entre 0.5 a 1.5 m, con un tallo que termina en una panoja principal y por lo general compacta. En este grupo es en donde se encuentra el mayor número de variedades mejoradas (Por ejemplo, la variedad Jach'a grano que se utilizó en esta investigación).
- 4) Quinuas de salares: Son la que crecen en zonas de los salares al sur del altiplano boliviano, la cual es la zona más seca con 300 mm de precipitación. La quinua se cultiva como cultivo único a distancias de 1 m x 1 m y en hoyos para aprovechar mejor la escasa humedad. Son quinuas con el mayor tamaño de grano y semilla (mayor a 2.2 mm de diámetro), se conoce como "Quinua Real" y sus granos se caracterizan por presentar un pericarpio grueso y con alto contenido de saponina.
- 5) Quinuas de yungas: Es un grupo reducido de quinuas que se han adaptado a las condiciones de los Yungas de Bolivia a alturas entre los 1500 y 2000 m.s.n.m., y se caracteriza por ser de desarrollo algo ramificado, alcanzando alturas de hasta 2.20 m. Producen semilla de grano pequeño, son plantas verdes y cuando están en floración, toda la planta se torna de una coloración anaranjada.

3.9.1. Variedad de quinua Jach´a grano

Según PROINPA (2002), Jach´a grano es una variedad de grano grande, precoz, amargo y blanco que fue introducida como resultado del mejoramiento genético.

3.9.1.1 Progenitores de la variedad

Progenitor materno: Accesoión 1489

Progenitor paterno: Huaranga (3-49)

3.9.1.2 Características de los progenitores

Accesión 1489 (altiplano sur): alta precocidad, panoja amarantiforme, grano grande, amargo, blanco; altamente susceptible al mildiu.

Variedad Huaranga (3-49) (obtenida en la E.E. Patacamaya, 1986); semitardía, panoja tipo glomerulado, grano dulce, blanco; medianamente resistente al mildiu.

Esta variedad se la obtuvo por hibridación seguida por pedigrí, el registro que dio origen a la línea es: 26(85)/4/1/2/1/1/1/M/1-6/1-10/M/ (Proinpa, 2004).

3.9.1.3 Características morfológicas de la variedad Jach´a grano

Hábito de crecimiento; sencillo

Tipo de raíz: axonomorfa

Color de la planta: verde

Color del tallo: verde claro y con estrías verdes ligeramente oscuras

Forma del tallo (secc. Tranv.): redondo, parte basal y apical anguloso

Formas de las hojas: lobulado

Color de las hojas: verde

Superficie foliar de una hoja: 25 cm²

Borde de la hoja: ligeramente dentado

Color de panoja juvenil: verde oscuro

Color de panoja a madurez: verde amarillento

Tipo de panoja: glomerulado

Flores: hermafroditas, rara vez con flores pistiladas en los glomérulos basales de la inflorescencia.

3.9.4. Características agronómicas

Días a la emergencia: 5 días (Norte y Central), 15 días (Sur)

Días a panojamiento: 45 días

Días a floración: 60 días

Días a madurez: 145 días (Norte y Central), 160 días (Sur)

Altura de planta: 0.9 a 1.2 (Norte y Central), 1.30 a 1.50 (Sur)

Diámetro de panoja: 5.5 cm

Longitud de panoja: 20.2 cm

Diámetro de tallo (base): 14.2 mm

Tolerancia a heladas: escape por precocidad

Tolerancia a granizo: Medio

Tolerancia a volcamiento: Tolerante

Rendimiento (experim.): 1600 a 2000 kg/ha

Rendimiento (comercial): 1100 a 1400 kg/ha

Estabilidad genética: Estable para caracteres agronómicos y morfológicos, pero presenta bajo porcentaje de transposición genética para color de planta.

3.9.5 Características del grano

Cuadro 4. Características de la variedad Jach`a grano

Color de grano	Blanco
Color del pericarpio	Blanco
Color del epispermo	Blanco
Tamaño de grano	Grande
Diámetro de grano (promedio)	2.6 mm
Espesor de grano (promedio)	1.4 mm
Peso de 100 granos	0.62 gr
Presencia de saponina	Amargo
Grano de primera clase	85 %

Fuente: Ficha técnica PROINPA (2002)

La variedad de quinua jach`a grano se adapta mejor en la el altiplano central y sur (3.800 – 3650 m.s.n.m.), en el norte se comporta en niveles aceptables, aunque en los años lluviosos es parcialmente susceptibles al mildiu.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización

La investigación se llevó a cabo en los predios del centro experimental de Quipaquipani dependiente de la Fundación PROINPA, que se encuentra ubicado en la zona de Quipaquipani (Viacha) de la provincia Ingavi, en el Departamento de La Paz, geográficamente se halla situada a 16° 40 30" de latitud sur y 68° 17 68" de longitud oeste encontrándose a una altura de 3880 msnm.

4.2 Características generales de la zona de estudio

4.2.1 Clima

Quipaquipani presenta una precipitación media anual de 625 mm, de esta corresponde el 60 % corresponde a los meses de diciembre a marzo, el 40 % de abril a noviembre. La temperatura promedio anual tiende a variar de 10 a 11° C en verano, con promedio mínimo anual de 5.6° C en el invierno. Las heladas se presentan con mayor frecuencia en la época de invierno.

4.2.2 Fisiografía

La zona de estudio corresponde al paisaje planicie, no anegadizo así mismo se puede decir que es plano con una pendiente suave de 0.56 % de micro relieve liso, ondulación muy ligera, con un drenaje externo moderado y con drenaje interno moderadamente lento.

4.2.3 Suelos

Los suelos de la zona son de origen aluvial reciente con deposiciones finas, presenta una profundidad efectiva de 25 a 32 cm considerado muy delgado de formación aluvial, con bastante facilidad de laboreo y que responde adecuadamente a la incorporación del material orgánico e inorgánico.

4.3 Material experimental

4.3.1 Material vegetal

Para el presente trabajo de investigación se utilizó la variedad de quinua Jach'a grano. La misma que se sembró a chorro continuo en las distintas unidades experimentales, y que estaban abonadas con abonos orgánicos como son; humus de lombriz, estiércol tratado, estiércol fresco.

4.3.2 Material Orgánico

Humus de lombriz

Se utilizó humus de lombriz proveniente del centro experimental de Cota Cota perteneciente a la Facultad de Agronomía, UMSA, el cual se adquirió para los propósitos de investigación. Este material se lo utilizó como fuente de abono en la producción de semilla de quinua y se observó su comportamiento durante el ciclo de producción.

Cuadro 5. Análisis físico – químico del humus de lombriz.

Abono orgánico	PH	C E	P	N	Na	K	Ca	Mg	Clase textural
Humus de lombriz	7.35	625	123	0.072	0.22	1.2	3.5	0.81	f. aren.

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental (UMSA)

Estiércol tratado de llama (compostaje)

Se utilizó estiércol tratado de llama (*Lama glama*), el cual fue procesado empleando activadores de descomposición y posteriormente dosificado para los tratamientos; este material se utilizó como fuente de abonamiento en la investigación.

Cuadro 6. Análisis físico – químico del estiércol tratado de llama (compost).

Abono orgánico	PH	C E	P	N	Na	K	Ca	Mg	Clase textural
Estiércol tratado	7.8	992	67	0.082	0.23	2.8	4.8	0.93	Franco arenoso

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental (UMSA)

Estiércol fresco de llama

Se utilizó estiércol fresco de llama (*Lama glama*) del corral del centro experimental de Quipaquipani.

Cuadro 7. Análisis físico – químico del estiércol fresco de llama.

Abono orgánico	PH	C E	P	N	Na	K	Ca	Mg	Clase textural
Estiércol fresco	7.5	791	49	0.069	0.13	2.2	4.6	0.91	f. aren.

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental (UMSA)

4.3.3 Material de campo

- Herramientas de trabajo
- Vernier
- Termómetro
- Cinta métrica
- Cámara fotográfica digital
- Estacas y letreros
- Regla

4.3.4 Material de Laboratorio

- Tubos de ensayo
- Cajas Petri
- Porta y cubreobjetos
- Embudos
- Gotero.
- Espátula de punta fina.
- Tubos para centrífuga de 50 cc (Falcón)
- Tubos de ensayo
- Matraz Erlenmeyer
- Matraz aforado
- Jeringa

4.3.5 Equipos

- Embudo de Berlese compuesto
- Tamices de cuatro categorías
- Estéreo microscopio
- Centrífuga en ángulo libre
- Balanza electrónica
- Horno
- Calibrador de grano de quinua.

4.3.6 Material de Gabinete

- Computadora portátil y estacional
- Cuaderno de registro
- Papelería
- Impresora

4.4 Metodología

4.4.1 Procedimiento experimental

Para llevar adelante la experimentación se optó por identificar el área de impacto, la problemática a tratar, la ubicación dentro el centro experimental Quipaquipani. Posteriormente en base al cronograma programado se procedió con la ejecución de la investigación.

4.4.2 Tratamiento del estiércol de llama (compost)

El estiércol fresco de llama fue tratado mediante metodología sugerida por Chilón (2011), la cual consiste en una serie de pasos que se describen a continuación:

Preparación de un litro de yogurt casero y dilución de este en cuatro litros de agua, formando cinco litros de solución. Cabe destacar que esta solución se utilizó como fuente inoculante de microorganismos para ser incorporados al estiércol fresco y acelerar su descomposición.

Se cavó una superficie de suelo con las siguientes dimensiones 2.5m x 1 m x 0.5 m. Debemos mencionar que este proceso se llevó a cabo en fosa, para reducir el efecto negativo de la temperatura ambiental, puesto que se llevó a cabo a finales de la época seca en el altiplano central.

Posteriormente se procedió a la conformación de la pila, agregándose una capa de 20 cm de estiércol fresco sobre la fosa cavada. Seguido este procedimiento se

espolvoreó ceniza sobre la capa de estiércol fresco. Debemos destacar que la ceniza funcionó como regulador de pH y además como fuente de minerales principalmente fósforo y potasio (Valiño, 2000).

Una vez espolvoreada la ceniza sobre el estiércol se procedió a la inoculación del mismo con la solución de yogurt, debemos indicar también que la inoculación solo se realizó una vez durante todo el proceso.

Los pasos se repitieron varias veces hasta formar una pila con una altura aproximada de 1.2 m, una vez formada la pila se procedió a la instalación de los respectivos respiraderos ya que esta metodología responde a un proceso aeróbico.

Para finalizar con el proceso de elaboración inicial se cubrió la pila con agrofilm para evitar pérdidas en el proceso de descomposición además de proteger a la preparación de las inclemencias del tiempo.

Riego

Se procedió al riego del estiércol según la necesidad del proceso, en el cual se observó un mayor requerimiento en agua durante los primeros días, principalmente por las altas temperaturas que alcanzó la mezcla, por consiguiente se aplicó riego cada dos días y a medida que el proceso avanzó los requerimientos de agua disminuyeron, alargándose así cada vez más los intervalos de riego, y por consiguiente al terminar el proceso el abono mostró ya una de sus principales cualidades como es la retención de humedad.

Es importante indicar que la humedad es una de las condiciones para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de la fermentación, puesto que tanto la falta como el exceso de humedad son perjudiciales para la obtención final de un abono de calidad. La humedad óptima, para lograr la mayor eficiencia del proceso de fermentación del abono, oscila entre un 50 y 60 % del peso (Sánchez, 1995).

Remoción

La remoción del estiércol se realizó manualmente a intervalos de siete días con regularidad hasta finalizar el proceso de descomposición, el objetivo de la remoción fue proporcionar la oxigenación necesaria para el proceso de descomposición. Cabe destacar que la presencia de oxígeno dentro de la mezcla es necesaria para la fermentación aeróbica del abono. Se calcula que dentro de la mezcla debe existir una concentración de 6 a 10% de oxígeno, en caso de exceso de humedad los micro poros presentan un estado anaeróbico, se perjudica la aeración y consecuentemente se obtiene un producto de mala calidad (Sánchez, 1995).

4.5. Manejo agronómico del cultivo

4.5.1 Preparación del terreno

El roturado del área experimental se realizó con arado de disco, además se paso con rastra, y una vez efectuada la nivelación se procedió al delimitado del área experimental, incluyendo los bloques y sus respectivas unidades experimentales con ayuda de estacas.

4.5.2 Demarcación de las parcelas

La demarcación de las parcelas se realizó días antes de la siembra, también se delimitó el tamaño de los bloques, unidades experimentales y pasillos con ayuda de estacas, las mismas que demarcaron cada esquina, en el momento de la siembra.

4.5.3 Siembra y aplicación de los distintos tipos de abono

La aplicación de los abonos orgánicos en sus distintos niveles, se incorporó de manera localizada en los surcos abiertos con surcadora. La distribución de los abonos se realizó de forma uniforme a lo largo de todos los surcos de la unidad experimental.

En razón de la sequía en la época de siembra, se procedió al riego por surcos hasta que el suelo de la base del surco quede en capacidad de campo.

La siembra se la realizó en la primera quincena del mes del mes de noviembre (11 de noviembre) durante la campaña agrícola 2011 - 2012, empleando el método a chorro continuo con distanciamiento de 0.50 m entre surcos y una densidad de 8 kg/ha utilizando semilla de la variedad Jach'a grano. La semilla fue distribuida en surcos previamente aplicados con abonos según croquis del experimento.

4.5.4 Marcado de las plantas de (*Chenopodium quinoa* Willd.)

A los siete días después de la emergencia, se marcaron seis plantas al azar, empleándose para marbetes de cartulina identificarlas.

4.5.1 Labores culturales

a) Raleo

Esta actividad se la realizó a fin de evitar la competencia de nutrientes entre las plantas, el espacio que se dejó entre plantas fue aproximadamente de 10 a 15 cm en todas las unidades experimentales.

b) Depuración o purificación

La depuración es considerada como una actividad para eliminar aquellas plantas indeseables en un cultivo, esta actividad se la realizó sobre las bases fenotípicas propias de la variedad Jach'a grano, con el objetivo de conservar la pureza de variedad.

c) Control de malezas

El control de malezas se realizó durante la primera quincena del mes de enero. Las principales malezas fueron; la cebadilla (*Bromus catharticus*), munimuni (*Bidens pinosa*), mostaza, (*Brassica campestris*), etc., se encontró mayor cantidad de malezas en los tratamientos con estiércol de llama sin compostar.

d) Control de plagas y enfermedades

Debido a las precipitaciones durante el mes de diciembre y enero, el cultivo de quinua se encontraba en riesgo evidente del ataque de mildiu (*Peronospora farinosa*), por lo que para evitar la enfermedad se usó el fungicida Ridomil (fungicida sistémico) en una dosis de 20 gramos en 20 litros de agua, esto con carácter preventivo.

e) Corte y cosecha

Cuando la planta llegó a la madurez fisiológica, el corte de plantas se efectuó en forma manual con hoz, dicha labor se la realizó durante la primera quincena de mes abril (5 de abril 2012).

En cada unidad experimental se cosechó los surcos centrales (1m²) descartando el efecto de bordura de dos surcos y un metro de orilla en cada unidad experimental.

f) Emparve y trilla

Una vez concluida la cosecha, se formó parvas en cada bloque, de tal forma que, cada uno de los tratamientos este agrupada en un solo lugar y bien identificados.

La trilla manual se realizó cuando el material estaba seco. Para determinar el rendimiento, se ha conservado en bolsas individuales el grano de cada unidad experimental.

g) Categorización del grano

Esta actividad se la realizó utilizando tamizadores de cuatro categorías clasificando de esta forma granos de tipo extra grande, grande, mediano y pequeño, los mismos fueron evaluados en porcentajes, para determinar que categoría es la más relevante en los distintos tratamientos.

h) Pruebas de germinación

Las pruebas de germinación se realizó en laboratorio; en cada categoría de grano clasificado (cuatro categorías) se seleccionó 50 semillas, que fueron distribuidos en distintas cajas Petri con papel toalla humedecido con agua. Se observó cada de 2 horas para determinar el grado de vigor relativo en los distintos tratamientos, completándose un total de 24 horas de observación.

4.6 Diseño experimental

La investigación se realizó bajo el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, ya que este diseño es el más adecuado para este propósito.

Factor de estudio

Factor: Niveles de abonamiento en tipos de abono

T0 = Testigo

T1 = 5 t/ha estiércol fresco de llama

T2 = 10 t/ha estiércol fresco de llama

T3 = 5 t/ha estiércol tratado de llama

T4 = 10 t/ha estiércol tratado de llama

T5 = 5 t/ha humus de lombriz

T6 = 10 t/ha humus de lombriz



Figura 1 Croquis experimental

Modelo aditivo lineal

Se aplicó el siguiente modelo lineal aditivo basado en (Padrón, 1996).

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

Dónde: Y_{ijk} = Una observación cualquiera

μ = Media general

β_j = Efecto del j-ésimo bloque

α_i = Efecto del i-ésimo nivel de abonamiento en tipos de abonos

ϵ_{ij} = Error experimental

4.7 Variables de respuesta

4.7.1 Variable de respuesta de la variedad de quinua Jach´a grano

Altura de planta

La evaluación de la altura de planta se registró con ayuda de una regla metálica midiéndose la altura a partir del nivel del suelo hasta el ápice y/o donde termina la panoja, registrándose este dato en centímetros a intervalos de siete días, durante los las primeras fases y 15 días para las últimas fases, llegándose a obtener 18 lecturas.

Diámetro de tallo

Esta variable se la registró con ayuda de un vernier, a 5 cm del cuello de la planta, en intervalos de 15 días.

Longitud de panoja

La longitud de panoja se midió con ayuda de un pie de rey, midiéndose las longitudes del nivel inicial, hasta el nivel final de la panoja, registrando el dato en centímetros a intervalos de 15 días.

Diámetro de panoja

La evaluación del diámetro de panoja se la realizó en todas las plantas marcadas para evaluar, registrándose este dato en milímetros cada 15 días.

Peso de 100 semillas

Para el peso de 100 semillas se procedió a contar las mismas con contador electrónico, posteriormente se las peso en una balanza digital registrando los valores con una precisión de 0.01 g.

Rendimiento en grano

Para el rendimiento en grano se cosechó la parcela útil de cada unidad experimental, dejando al descarte dos surcos laterales de bordura a cada lado y un metro de efecto de cabecera, evaluándose tres surcos principales procediendo posteriormente a la trilla y el venteado para obtener el rendimiento de la quinua de cada unidad experimental en g/m^2 , luego este valor se convirtió a kg/ha estableciendo de esta forma el parámetro representativo.

Biomasa a la cosecha

Para la obtención de esta variable se cosecharon plantas completas (raíz, tallo, hoja y panoja) que fueron secados y posteriormente llevados a un horno eléctrico a una temperatura de 75 grados durante 48 horas, y después fueron pesados registrándose en gramos de peso seco. De esta relación se obtuvo el porcentaje de biomasa a la cosecha.

Índice de cosecha

Esta variable se la registró en base a parámetros de la relación del peso de grano seco y peso de materia seca, se utilizó para dicho propósito una balanza digital de precisión.

Se tomaron muestras de las plantas cosechadas el mismo día, registrándolo como peso de materia húmeda, posteriormente las muestras se la secaron y también se llevó a un horno eléctrico, este dato, se la registro como peso seco, y se procedió al cálculo de la materia seca de cada tratamiento (Méndez, 2008).

$$\text{IC} = \text{peso de grano seco/peso de materia seca.}$$

Categorización de grano mediante tamizado

Se utilizó la técnica del tamizado para categorizar la calidad de la semilla, se tamizó 200 g de semilla obteniéndose granos; extra grande, grande, mediano y pequeño.

Porcentaje de germinación

Esta variable se la analizó durante 24 horas, estableciendo intervalos de 2 horas para observar el comportamiento del vigor relativo de las semillas de cada tratamiento categorizado, posteriormente se determinó qué categorías evaluadas registraron mayor porcentaje de germinación.

4.8 Muestreo de suelos (posterior a la cosecha)

Se tomaron muestras de suelo operándose en zig-zag a lo largo de la parcela, cada cierto trecho y encada una de las unidades experimentales, tomando 5 muestras individuales de cada unidad experimental, con ayuda de una pala plana, las muestras individuales se mezclaron y se cuartearon formando una muestra compuesta la cual se identificó para su análisis en laboratorio, según metodología sugerida por (Chilón 1996).

4.9 Variables de respuesta en el suelo

4.9.1 Propiedades físicas del suelo

Las muestras de suelo se llevó a analizar en el Instituto de Ecología, Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA), perteneciente a la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, analizando los siguientes parámetros: arena, limo, arcilla y clase textural.

4.9.1.1 Densidad aparente del suelo

Para determinar la densidad aparente del suelo se utilizó en método del cilindro, que consiste en utilizar un cilindro de volumen conocido (100 cc) en donde se extrae muestras no alteradas de suelo, y posteriormente se llevó a una estufa a 105⁰C durante 48 horas para determinar el peso seco del suelo PSS (Miranda, 2002).

La densidad aparente se determinó con la siguiente relación:

$$D_{ap} = PSS/V_c$$

Dónde:

D_{ap} = densidad aparente

PSS = peso seco del suelo

V_c = Volumen del cilindro

4.9.1.2 Densidad real (g/cm^3).

La densidad aparente se definió con la siguiente fórmula. Esta variable se la analizó en el laboratorio de la Facultad de Agronomía UMSA.

$$D_r = \frac{M_s}{V_s}$$

Dónde:

D_r = Densidad real

M_s = Masa de suelo

V_s = Volumen de los sólidos del suelo

4.9.1.3 Porcentaje de porosidad mediante la siguiente fórmula

El porcentaje de porosidad se determinó por la siguiente fórmula.

$$\% P = \left(1 - \frac{D_{ap}}{D_r} \right) \times 100$$

Dónde:

$\%P$ = Porcentaje de porosidad

D_{ap} = Densidad aparente

D_r = Densidad real.

4.9.2 Propiedades químicas del suelo

Se realizó el análisis químico del suelo en el Instituto de Ecología, Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA), perteneciente a la UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS, analizando los siguientes parámetros: pH acuoso, conductibilidad eléctrica, N, P, K, carbón orgánico, materia orgánica, sodio intercambiable, calcio intercambiable, magnesio intercambiable.

4.10 Análisis estadístico

Las variables estudiadas se analizaron en el software S.A.S. versión 1.8; cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba Duncan (5%), además se utilizó hojas de cálculo Excel y sus respectivas aplicaciones.

4.11 Análisis económico

Para el análisis económico del presente trabajo de investigación se realizó un cuadro de costos de producción donde se detallan los costos variables, beneficios brutos, beneficios netos y un análisis de beneficio/costo. Estos parámetros fueron evaluados con los datos criterios experimentales, para una hectárea de producción (CIMMYT, 1988).

4.11.1 Costos variables (CV)

Para el cálculo de costos, se identificaron los insumos correspondientes cuyos costos varían, y se calculó basándose en PROINPA. Tendiendo estos valores se procedió a sumar los totales.

4.11.2 Beneficio bruto (Bb)

El beneficio bruto se calculó multiplicando el precio de la semilla (Bs. 25.00) por el rendimiento promedio de la cosecha de quinua en los tratamientos donde se aplicó abono orgánico, basándose en la siguiente fórmula:

$$Bb = P * R$$

Donde:

Bb = Beneficio bruto (Bs/m²)

P = Precio del productor (Bs/kg)

R = Rendimiento (kg/ha)

4.11.3 Beneficio neto (Bn)

Este valor se obtiene restando el total de los costos variables del beneficio bruto con la siguiente fórmula.

$$Bn = Bb - CV$$

Dónde:

Bn = Beneficio neto (Bs/m²)

Bb = Beneficio bruto (Bs/m²)

CV = Costos variables (Bs/m²)

4.11.4 Beneficio/costo (B/C)

Este valor se obtiene dividiendo el beneficio bruto con total de los costos.

$$B/C = \frac{Bb}{CV}$$

Dónde:

B/C = Beneficio costo

Bb = Beneficio bruto

CV = Costo variable (Bs/ha)

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Efecto de los abonos orgánicos sobre las propiedades físicas del suelo

5.1.1 Análisis de varianza para la densidad aparente del suelo

El análisis de varianza para la variable densidad aparente (Cuadro 8) muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos a nivel estadístico del 5 %, de lo que se asume que existen diferencias comprando la densidad aparente, es decir que por lo menos un tratamiento es diferente. El análisis de varianza muestra también que existen diferencias significativas entre bloques, lo que indica que existen diferencias de densidad aparente entre los bloques. El coeficiente de variación (CV) fue de 1.07 %

Cuadro 8. Análisis de varianza para la densidad aparente del suelo

	Variables de respuesta					
	Dap (gr/ cm ³)					
Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	0.002925	0.00975	4.56	0.0152	**
Tratamiento	6	0.52595	0.087825	410.61	0.0001	**
Error	18	0.00385				
CV %	1.077					

5.1.2 Comparación de la densidad aparente mediante la prueba Duncan

La prueba de Duncan para la densidad aparente refleja la formación de síes grupos, estableciendo de esta forma que una amplia diferencia del tratamiento testigo con respecto a aquellos en el que se aplicó abonos orgánicos, y también refleja que existen diferencias entre los tratamientos a los que se aplicó abonos orgánicos mejorando de esta forma el espacio poroso que ayuda a la germinación, enraizamiento, circulación del aire y el agua (Miranda, 2002).

Este el Cuadro 9, refleja que la densidad aparente en todos los tratamientos mostró distintos comportamientos, apreciándose que ésta va en descenso la densidad aparente a medida que se incrementa abonos orgánicos en el suelo y que estos favorecen a la plantas en el desarrollo de la parte radicular puesto que disminuye la densidad aparente (Miranda, 2002)

Cuadro 9. Prueba de Duncan (5%) para la densidad aparente.

Nivel de abonamiento	Dap (gr/cm³)	
T0	1.6175	A
T1	1,4222	B
T2	1,3925	C
T3	1,3725	C
T4	1.30	D
T5	1.2144	E
T6	1.56	F

5.1.3 Análisis de varianza para la densidad real del suelo

El análisis de varianza para la densidad real (Cuadro 10), muestra que los datos son confiables puesto que el coeficiente de variación es de 0.7099 %, este análisis muestra que los distintos tratamientos presentan diferencias significativas y no así dentro los bloques.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la densidad real del suelo.

	Variables de respuesta					
	Altura de planta					
Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	0.00038214	0.00012738	0.40	0.7552	NS
Tratamiento	6	0.00894286	0.00149048	4.67	0.0050	**
Error	18	0.00574286				
CV %	0.7099					

5.1.4 Comparación de la densidad real mediante la prueba de Duncan

La prueba de Duncan para la densidad real, refleja que los tratamientos en el que se aplicó los distintos tipos de abono son completamente diferentes del testigo, puesto que se ven claramente dos grupos marcados.

El Cuadro 11 muestra que la densidad real en los distintos tratamientos se encuentra entre los valores de 2.51 g/cm³ y 2.55 g/cm³, siendo los valores más bajos para los tratamientos en el que se aplicó humus de lombriz, estiércol tratado y fresco de llama, este comportamiento se debe que la materia orgánica disminuye la densidad real con el aumento de su contenido en el suelo, debido a que

presenta una densidad real baja respecto a la de los minerales comunes que se encuentran en el suelo (Chilón, 1996).

Cuadro 11. Prueba de Duncan (5%) para la Densidad real del suelo.

Nivel de abonamiento	D real (gr/cm ³)	
T0	2.5525	A
T2	2.525	B
T1	2.5225	B
T4	2.5125	B
T3	2.52	B
T5	2.5	B
T6	2.51	B

5.1.5 Análisis de varianza para el Porcentaje de porosidad del suelo

El análisis de varianza para la porosidad del suelo refleja que estos datos son confiables ya que su coeficiente de variación es de 9.47 % y que solo presenta diferencias significativas en los tratamientos y no entre bloques.

Cuadro 12. Análisis de varianza para el porcentaje de porosidad del suelo.

	Variables de respuesta					
	Porosidad de suelo					
Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	8.08841	2.69613	1.67	0.2089	NS
Tratamiento	6	698.3327	116.3887	72.11	0.0001	**
Error	18	29.5191	1.6139			
CV %	9.47					

5.1.6. Comparación del porcentaje de porosidad mediante la prueba de Duncan

La prueba de Duncan (Cuadro 13), clasifica los tratamientos en cinco grupos, observándose que el tratamiento con humus de lombriz T6 y T5 (5 y 10 t/ha respectivamente) forman dos grupos diferentes, los tratamientos con estiércol tratado T4 y T3 (5 y 10 t/ha respectivamente), forman grupos diferentes y los tratamientos con estiércol fresco de llama (5 y 10 t/ha respectivamente) forman un solo grupo y muy diferente del tratamiento testigo.

Este Cuadro refleja que la aplicación de diferentes tipos de abono influye de manera inversamente proporcional a esta aplicación, puesto que el tratamiento testigo presenta un bajo porcentaje de porosidad y por tanto no permite un buen desarrollo radicular y circulación de aire (Miranda, 2002).

Cuadro 13. Prueba de Duncan (5%) para el Porcentaje de porosidad del suelo.

Nivel de abonamiento	Porosidad (%)	
T6	54.6	A
T5	51.44	B
T4	47.83	C
T3	45.3375	D
T2	44.60	D
T1	43.4675	D
T0	38.21	E

5.2. Efecto de los abonos orgánicos sobre las propiedades químicas del suelo.

De acuerdo con el análisis de laboratorio, muestra que el pH del suelo oscila entre 7.3 y 8.1, que son diferentes del testigo que presentó un pH de 6.8, estos resultados pueden ser atribuidos a la capacidad tamponadora o amortiguadora de la materia orgánica humificada sobre el pH del suelo (Canet, 2007).

La conductividad eléctrica presenta valores que oscilan entre 140 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y 2059 $\mu\text{s}/\text{cm}$. mostrando de esta forma la concentración de sales que permiten el paso de la conductividad de la corriente eléctrica. Dentro de este rango los tratamientos con incorporación de abonos orgánicos presentan una conductividad eléctrica por encima de los 625 $\mu\text{s}/\text{cm}$, mostrándolos como altamente conductivos (Miranda, 2002).

El fósforo disponible, llega a presentar niveles que superan al testigo 14 P / $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, incluso el incremento de fósforo es creciente puesto fluctúa el estiércol fresco de llama (5 y 10 t/ha), estiércol tratado de llama (5 y 10 t/ha) y el humus de lombriz (5 y 10 t/ha), entre los valores de 49, 84, 67, 150, 123, y 150 respectivamente, demostrando así la eficiencia de la aplicación de abonos al suelo.

El nitrógeno total, en los distintos tratamientos presentó comportamientos diferentes, el testigo (0 t/ha), el estiércol tratado de llama (5 t/ha) y el humus de lombriz (5 y 10 t/ha), oscilan en porcentajes menores a 0.069, 0.082, 0.072 y 0.079 respectivamente que son bajas (Quino, 2000). Sin embargo los tratamientos con estiércol fresco de llama (5 y 10 t/ha), y el estiércol tratado de llama (10 t/ha), presentaron oscilaciones de 0.10, 0.11 y 0.10 respectivamente, parámetros que indican un alto contenido de nitrógeno.

El carbono orgánico, en análisis realizado mostró que el tratamiento con estiércol tratado (10 t/ha) es el que alcanzó un porcentaje de 1.1, el estiércol tratado de llama (10 t/ha), alcanzó un porcentaje de 0.98, y el tratamiento con estiércol fresco

de llama (5 t/ha) alcanzó un porcentaje de 0.90, lo que los clasifica son porcentajes altos en comparación a los tratamientos con; estiércol tratado llama (5 t/ha), el tratamiento con humus de lombriz (5 y 10 t/ha) y el testigo (0 t/ha) que alcanzaron porcentajes de 0.78, 0.79, 0.76 y 0.64 respectivamente, lo que muestra que presentaron bajos niveles.

La materia orgánica, en los distintos tratamientos, nos muestra que el testigo (0 t/ha) con un porcentaje de 0.10%, en comparación a los otros tratamientos es inferior, mostrando mejor resultado los tratamientos con estiércol fresco de llama (10 t/ha), estiércol tratado (10 t/ha) y el estiércol fresco de llama (5 t/ha) el intermedio los tratamientos; estiércol tratado de llama (5 t/ha) y el humus de lombriz (10 y 5 t/ha) con porcentajes de 1.3%, 1.4% y 1.3% respectivamente, reflejando de esta forma que los tratamientos con alto porcentaje de materia orgánica, obtuvieron óptimos rendimientos y un gran aporte en la fertilidad de los suelos (Swift y Woomeer, 1991 citado por Orsag, 2003).

El sodio intercambiable, en el análisis reflejó que el tratamiento testigo (0 t/ha) con un valor de 0.060 comloc/kg es muy inferior a los demás tratamientos que están, por arriba del valor 0.1 comloc/kg, lo que demuestra que los otros tratamientos aportaron con más sodio intercambiable, determinando de esta forma el equilibrio en la fertilidad del suelo, debido a que el efecto del Na en las propiedades físicas químicas y biológicas son normales (Orsag, 2010).

Según Chilón (1997), el potasio intercambiable, es uno de los nutrientes esenciales que se relaciona con la calidad del cultivo, en este análisis el tratamiento testigo (0 t/ha) está muy por debajo de la unidad, mostrando de esta forma que el tratamiento con estiércol fresco de llama (10 t/ha) es el más alto con un valor de 3.4 comloc/kg y atribuyéndose el rendimiento en grano más alto, sin embargo el tratamiento son estiércol tratado de llama (5 t/ha), estiércol tratado de llama (10 t/ha), estiércol fresco de llama (5 t/ha), humus de lombriz (10 y 5 t/ha), alcanzaron valores de 2.8, 2.5, 2.2, 1.2 y 2.1 comloc/kg respectivamente.

El calcio intercambiable, en el análisis del suelo muestra que el tratamiento con humus de lombriz (5 t/ha), con un valor de 3.5 comloc/kg, es el inferior y encuentra al tratamiento con estiércol fresco de llama (10 t/ha), con un valor de 5 comloc/kg, como el superior, sin embargo los tratamientos con; estiércol tratado (5 t/ha), estiércol fresco de llama (5 t/ha), estiércol tratado de llama (10 t/ha), humus de lombriz (10 t/ha), testigo (0 t/ha) y el humus de lombriz (5 t/ha), alcanzaron valores de: 4.8, 4.6, 4.6, 4.4, 3.9 y 3.5 respectivamente, mostrando que el calcio intercambiable es esencial en la formación de semillas (Chilón, 1997).

El magnesio intercambiable, es un nutriente esencial para la formación de clorofila (Chilón, 1997), que en este análisis encontró como superiores; al tratamiento con estiércol fresco de llama (10 t/ha), al tratamiento con humus de lombriz (10 t/ha) y al tratamiento con estiércol tratado (10 t// ha), siendo de esta forma el primero que desarrolló un buen rendimiento en grano, dejando por debajo a los tratamientos con; estiércol tratado de llama (5 t/ha), estiércol fresco de llama (5 t/ha), humus de lombriz (5 t/ha), y el tratamiento testigo con valores de 0.93, 0.91, 0.81 y 0.51 respectivamente.

Cuadro 14. Análisis químico de los distintos tratamientos

Parámetros	Unidades	Niveles y tipos de abonamiento						
		T0	T1(5 t/ha)	T2(10 t/ha)	T3(5 t/ha)	T4(10 t/ha)	T5(5 t/ha)	T6(10 t/ha)
Ph acuoso		6.8	7.5	7.7	7.8	8.1	7.4	7.3
Conductividad eléctrica	µs/cm	140	791	1396	992	2069	625	940
Fósforo disponible	P / mg*kg-1	14	49	84	67	150	123	150
Nitrógeno total	%	0.069	0.10	0.11	0.082	0.10	0.072	0.079
Carbón orgánico	%	0.64	0.90	1.1	0.78	0.98	0.79	0.76
Materia orgánica	%	0.10	1.6	1.9	1.3	1.7	1.4	1.3
Sodio intercambiable	Cmolc/kg	0.060	0.13	0.25	0.23	0.52	0.22	0.70
Potasio intercambiable	Cmolc/kg	0.52	2.2	3.4	2.8	2.5	1.2	2.1
Calcio intercambiable	Cmolc/kg	3.9	4.6	5.0	4.8	4.6	3.5	4.4
Magnesio intercambiable	Cmolc/kg	0.51	0.91	1.2	0.93	1.1	0.81	1.2

Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental (UMSA)

5.3. Variables agronómicas

5.3.1 Análisis de varianza para altura de planta de quinua

El análisis de varianza para la altura de planta (Cuadro 15), proporciona un coeficiente de variación del 9.47 % lo que demuestra la confiabilidad de los datos. También existen diferencias significativas en la altura de planta de los seis diferentes tipos de abono. Por otra parte, los bloques no presentan ninguna diferencia, puesto que las características del suelo son similares.

Cuadro 15. Análisis de varianza para altura de planta por efecto de los niveles de abono en el suelo.

	Variables de respuesta					
	Altura de planta					
Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	104.53	34.8426	0.52	0.6737	NS
Tratamiento	6	1376.293	229.3823	3.43	0.0196	**
Error	18	1205.07832	66.9587			
CV %	9.47					

5.3.2 Comparación de altura de planta mediante la prueba de Duncan

La prueba de Duncan para la altura de planta, refleja la formación de tres grupos; el primero formado los tratamientos T2,T1,T4, el segundo formado por los tratamientos T1,T4,T3,T6,T5, el tercero formado por los tratamientos T4,T3,T6,T5,T0, estas diferencias se atribuyen a los efectos positivos de la aplicación de los distintos tipos de abono, que mejoró las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, provocando un incremento en altura de planta, puesto que se afirma que los abonos influyen positivamente, incrementando la productividad del cultivo (Camacho, 2006 y Chilón, 2011).

En referencia a la altura de planta (Cuadro 16), se observó que los tratamientos con estiércol de llama (5 t/ha y 10 t/ha) mostraron mejor comportamiento en comparación con los tratamientos de estiércol tratado (5 t/ha y 10 t/ha), y el humus de lombriz, (5 t/ha y 10 t/ha). Las alturas alcanzadas fluctúan entre el rango de 90 a 100 cm para los tratamientos con estiércol de llama (fresco), para los tratamientos de estiércol tratado se establece un rango de 83 y 87 cm, para los tratamientos con humus de lombriz muestran un rango entre los 80 y 82 cm, mientras que el tratamiento testigo solo alcanza promedios de altura menores a 78 cm. Estas diferencias podrían atribuirse posiblemente a las características de los abonos incorporados, pero también probablemente la asimilación de nutrientes de nitrógeno en mayor proporción (Chilón, 1996).

Cuadro 16. Prueba de Duncan (5%), para la altura de planta (AP) los diferentes niveles de abonamiento.

Tipos de abono	Altura de planta (cm)
T2	99.248 A
T1	93.540 AB
T4	86.540 ABC
T3	83.583 BC
T6	82.643 BC
T5	82.250 BC
T0	76.980 C

5.3.3 Comparación de la curva de crecimiento de todos los tratamientos

La Figura 2, muestra que el cultivo de quinua alcanzó 146 días de desarrollo, reflejándose en ella el comportamiento de crecimiento de la planta, atribuyéndole mejores alturas a los tratamientos con abonos orgánicos. Empero se observa hasta los primeros 67 días casi tienen un comportamiento homogéneo, y entrando a la etapa de floración estos van diferenciándose.

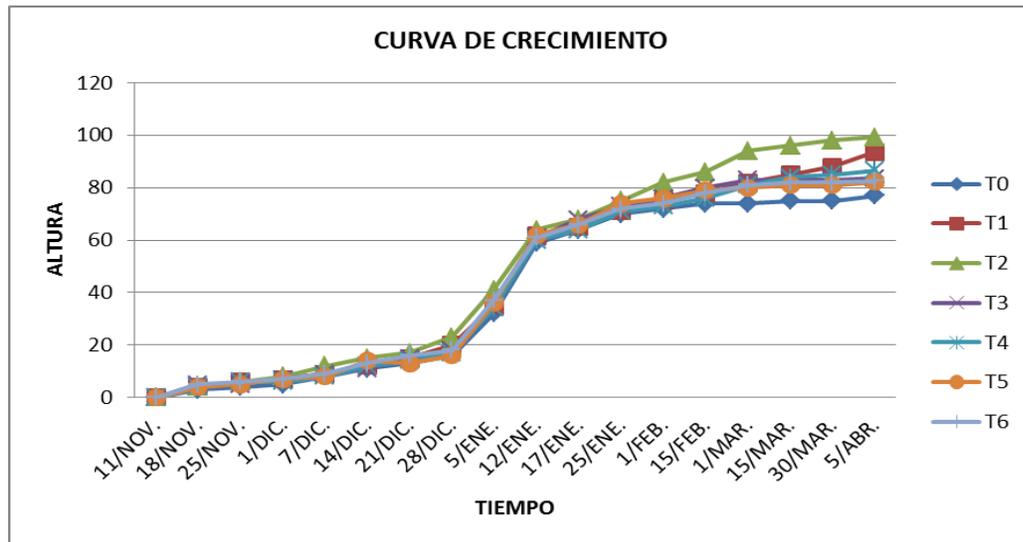


Figura 2. Comportamiento de crecimiento en función del tiempo.

5.3.4 Análisis de varianza para diámetro de panoja

El análisis de varianza para el diámetro de panoja (Cuadro 17), proporciona un coeficiente de variación del 10.1209 % lo que demuestra la confiabilidad de los datos. Este análisis muestra que no existen diferencias significativas para los bloques y los niveles de abonamiento del suelo.

Cuadro 17. Análisis de varianza para el diámetro de panoja por efecto de los niveles de abono en el suelo.

Fuentes de variación	Variables de respuesta					
	Diámetro de panoja					
	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	32.045896	10.68196	0.81	0.5072	NS
Tratamiento	6	111.9380	18.65635	1.41	0.2657	NS
Error	18	238.73443	13.26302			
CV %	10.1209					

5.3.5 Comparación de diámetro de panoja mediante la prueba de Duncan

La prueba de Duncan para el diámetro de panoja, muestra un solo grupo lo que implica que no existen diferencias significativas de los tratamientos por efecto del abonamiento del suelo; cave recalcar que el T2 respecto del testigo T0 establece un rango de diferencia. Los demás tratamientos superaron al testigo.

El diámetro de panoja (cm) presentó un rango entre 32 cm y 39 cm en todos los tratamientos (Cuadro 18). Las panojas de menor diámetro son el testigo y el humus de lombriz (T0, T5), respectivamente. Por el contrario los diámetros mayores se registraron en los tratamientos donde se incorporaron de estiércol de llama (T1 y T2), estiércol tratado (T3 y T4) de llama y el humus de lombriz (T6). El menor diámetro probablemente se atribuye tanto a las condiciones de fertilidad del

suelo de la zona del altiplano cuyos promedios de fertilidad están por debajo de lo requerido a causa de la erosión y la sobreexplotación características de la zona.

Cuadro 18. Prueba de Duncan (5%) para el diámetro de panoja en los diferentes niveles de abonamiento.

Tipos de abono	Diámetro de panoja
T2 (estiércol de llama)	38.635 A
T1 (estiércol de llama)	38.338 A
T6 (humus de lombriz)	36.540 A
T3 (estiércol tratado de llama)	35.980 A
T4(estiércol tratado de llama)	35.848 A
T5 (humus de lombriz)	33.703 A
T0 (Testigo)	32.840 A

5.3.6 Análisis de varianza para diámetro de tallo

Este análisis muestra que no existen diferencias significativas dentro los bloques, sin embargo para los diferentes tipos de abono existen diferencias altamente significativas los que demuestra que el efecto de la aplicación de los diferentes tipos de abonos influye en el incremento del diámetro de tallo en forma diferente.

Cuadro 19. Análisis de varianza para el diámetro de tallo por efecto de los niveles de abono en el suelo.

	Variables de respuesta					
	Diámetro de tallo					
Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	8.63078	2.8769	1.20	0.3383	NS
Tratamiento	6	81.8675	13.6446	5.69	0.0018	**
Error	18	43.1736	2.3985			
CV %	15.236					

5.3.7. Comparación de diámetros de tallo mediante la prueba de Duncan

La prueba de Duncan para el diámetro de tallo (Cuadro 20), refleja la formación de dos grupos; el 1º formado por el tratamiento T2 y el 2º formado por los tratamientos T1,T3,T4,T6,T5,T0; estas diferencias se atribuyen al efectos positivo de la aplicación de los distintos tipos de abono, este análisis demuestra que estadísticamente que el T2 (10 t/ha) con 13.89 cm de diámetro es superior a los otros tratamientos T1, T3, T4 , T6, T5, T0 siendo así que dentro de este último grupo no existen diferencias significativas.

En referencia al diámetro de tallo (mm), se establece un rango entre los 8.2 y 13.88 mm. Diámetros menores se presentan los tratamientos con humus de lombriz (T5 y T6), y el tratamiento testigo (T0). Por el contrario, diámetros mayores se observaron en los tratamientos con estiércol fresco de llama (T1 y T2), y el estiércol tratado de llama (T3 y T4).

Cuadro 20. Prueba de Duncan (5%), para el diámetro de tallo en los diferentes niveles de abonamiento.

Tipos de abono	Diámetro de tallo (mm)
T2 (estiércol de llama)	13.890 A
T1 (estiércol de llama)	10.605 B
T3 (estiércol tratado)	10.370 B
T4 (estiércol tratado)	10.003 B
T6(humus de lombriz)	9.203 B
T5(humus de lombriz)	8.805 B
T0(testigo)	8.280 B

5.3.8 Análisis de varianza longitud de panoja

El análisis de varianza la longitud de panoja (Cuadro 21), proporciona un coeficiente de variación del 11.858 % lo que demuestra la confiabilidad de los datos. Este análisis muestra que existen diferencias altamente significativas en el incremento de la longitud de panoja por efecto de los tipos de abono y no existen diferencias significativas dentro los bloques.

Cuadro 21. Análisis de varianza para la longitud de panoja por efecto de los niveles de abono en el suelo.

	Variables de respuesta					
	Longitud de panoja					
Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	46.5485	15.5162	1.91	0.1647	NS
Tipos de abono	6	242.2901	40.3817	4.96	0.0037	**
Error	18	146.4872	8.1382			
CV %	11.858					

5.3.9. Comparación de la longitud de panoja mediante la prueba de Duncan

La prueba de Duncan para la longitud de panoja, refleja la formación de cuatro grupos; el 1º formado por los tratamientos T2, T1, T4, el 2º formado por los tratamientos, T1, T4, T3 el tercero formado por los tratamientos, T4, T3, T6, T5 el cuarto formado por los tratamientos T3, T6 T5, T0.

Respecto a la longitud de panoja (cm), se observó que el tratamiento con estiércol fresco de llama (5 t/ha y 10/ha), mostraron mejor comportamiento en la elongación de la longitud de panoja (26.6 y 28.75 cm) respectivamente (Cuadro 22). Sin

embargo los tratamientos aplicados con estiércol tratado de llama (5 t/ha y 10 t/ha), mostraron una elongación de la longitud de panoja (23.9 cm y 25.6 cm), respectivamente. El humus de lombriz (5 t/ha y 10 t/ha), juntamente con el testigo (0 t/ha) alcanzaron alturas promedios de 21.5, 22.313 y 19.625 cm respectivamente, lo cual demuestra que la incorporación de humus de lombriz presenta igual comportamiento que el testigo.

Cuadro 22. Prueba de Duncan (5%) para la longitud de panoja de los diferentes tratamientos.

Tipos de abono	Longitud de panoja (cm)
T2(estírcol de llama)	28.753 A
T1(estírcol de llama)	26.668 AB
T4(estírcol tratado)	25.628 ABC
T3(estírcol tratado)	23.918 BCD
T6(humus de lombriz)	22.313 CD
T5(humus de lombriz)	21.500 CD
T0(testigo)	19.625 D

5.3.10. Análisis de varianza porcentaje de materia seca

El análisis de varianza para el porcentaje de materia seca, proporciona un coeficiente de variación del 10.67 % lo que demuestra la confiabilidad de los datos (Cuadro 23). Este análisis muestra que no existen diferencias significativas dentro los bloques, sin embargo los tipos de bono muestra que influyeron en el porcentaje de materia seca ya que presenta diferencias significativas.

Cuadro 23. Análisis de varianza para el porcentaje de materia seca por efecto de los niveles de abono en el suelo.

	Variables de respuesta					
	Porcentaje de materia seca					
Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	142.7627	47.5876	2.17	0.1269	NS
Tipos de abono	6	324.2484	54.0405	2.47	0.05	*
Error	18	394.5941	21.9219			
CV %	10.67					

5.3.11 Comparación del porcentaje de materia seca mediante la prueba de Duncan

Los resultados en evaluados, reflejan la formación de dos grupos el 1º formado por los tratamientos T3, T5, T0, T6, el 2º formado por los tratamientos T5, T0, T6, T1, T2, T4, este comportamiento se puede atribuir a que el abonamiento reduce la Dap del suelo, incrementa la porosidad del mismo, mejorando la capacidad edáfica de almacenamiento del agua en el suelo y la disponibilidad de agua para el cultivo (Chilón, 2011), esta mayor disponibilidad de agua para las plantas, provocó un efecto positivo en el contenido de agua en el tejido parenquimático, por esta razón el T3 presenta un mayor porcentaje de materia seca con respecto a los otros tratamiento.

Por otra parte comparando las medias en relación al porcentaje de materia seca (Cuadro 24), en los tratamientos sometidos a la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad, se observó diferencias ligeras en todos los tratamientos, donde los tratamientos con estiércol tratado de llama (5 t/ha) alcanzaron una mejor relación

en el porcentaje de materia seca. Así mismo, los tratamientos con humus de lombriz (5 t/ha y 10 t/ha), tratamiento testigo (0 t/ha), obtuvieron el mismo comportamiento. Sin embargo, los tratamiento con estiércol fresco de llama (5 t/ha y 10 t/ha) y el tratamiento con estiércol tratado (10 t/ha), fueron en los que no observo mucho el efecto del abonamiento del suelo.

Cuadro 24. Prueba de Duncan (5%), para el porcentaje de materia seca los diferentes niveles de abonamiento.

Tipos de abono	Porcentaje de materia seca
T3(estiércol tratado)	48.995 A
T5(humus de lombriz)	47.583 AB
T0(testigo)	45.685 AB
T6(humus de lombriz)	43.948 AB
T1(estiércol de llama)	41.003 B
T2(estiércol de llama)	40.070 B
T4(estiércol tratado)	39.990 B

5.3.12. Análisis de varianza índice de cosecha

El análisis de varianza para el índice de cosecha, proporciona un coeficiente de variación del 12.75 % lo que demuestra la confiabilidad de los datos (Cuadro 25). La relación del índice de cosecha muestra que dentro los boques existen diferencias significativas, dentro los tipos de abono no existen diferencias significativas ya que presentaron un mismo comportamiento.

Cuadro 25. Análisis de varianza para el índice de cosecha por efecto de los niveles de abono en el suelo.

	Variables de respuesta					
	Índice de cosecha					
Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	416.2891	138.7630	5.41	0.0078	**
Tipos de abono	6	161.86298	26.97716	1.05	0.4257	NS
Error	18	461.4992	25.63884			
CV %	12.7577					

5.3.13. Comparación del índice de cosecha mediante la prueba de Duncan

La prueba de Duncan para el índice de cosecha, el análisis muestra que no existen diferencias significativas en las medias de los tratamientos por efecto de la incorporación de diferentes tipos de abono.

La comparación de medias con respecto al índice de cosecha en los distintos tratamientos, muestran que siguen un patrón en común que estadísticamente siguen un mismo grupo (Cuadro 26).

Cuadro 26. Prueba de Duncan (5%) para el índice de cosecha en los diferentes niveles de abonamiento.

Tipos de abono	Índice de cosecha
T1(estírcol de llama)	45.060 A
T3(estírcol tratado)	40.445 A
T6(humus de lombriz)	39.835 A
T5(humus de lombriz)	38.518 A
T2(estírcol de llama)	38.508 A
T4(estírcol tratado)	38.275 A
T0(testigo)	37.188 A

5.3.14. Análisis de varianza Peso de 100 semillas

El análisis de varianza para el peso de 100 semillas (Cuadro 27), proporciona un coeficiente de variación del 3.6159 % lo que demuestra la confiabilidad de los datos. De acuerdo con el análisis el peso de 100 semillas no presenta significancias dentro de los bloques ni de los tipos de abono.

Cuadro 27. Análisis de varianza para el peso de 100 semillas por efecto de los niveles de abono en el suelo.

	Variables de respuesta					
	Peso de 100 semillas					
Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	0.0008598	0.0002867	0.59	0.6285	NS
Tratamiento	6	0.0044500	0.0007417	1.53	0.2245	NS
Error	18	0.008721	0.0004845			
CV %	3.6159					

5.3.15. Comparación del peso de 100 semillas mediante la prueba de Duncan

La prueba de Duncan para el peso de 100 semillas (Cuadro 28), refleja la formación de dos grupos; el 1º formado por los tratamientos T1, T6, T2, T3, T5, T4, el 2º formado por los tratamientos T6, T2, T3, T5, T4, T0.

Respecto al peso de 100 semillas, la comparación de medias mostró diferencias visibles al 5% de probabilidad, denotándose tres grupos claramente diferenciados. Un primer grupo compuesto por el tratamiento con estiércol fresco de llama (5 t/ha), que mostro un peso de 100 semillas de 0.63 gramos. Un segundo grupo mostró agrupados a los tratamientos con humus de lombriz (5 t/ha y 10 t/ha), estiércol fresco de llama (10 t/ha) y estiércol tratado de llama (5 t/ha y 10 t/ha), con pesos entre los 0.61375 y 0.6025 gramos, el tratamiento testigo mostró un peso de 100 semillas de 0.585 gramos. Durante el proceso investigativo se observó que el peso de los granos fue influenciado directamente por la incorporación de abonos orgánicos que permitieron un mejor desarrollo a comparación del testigo.

Cuadro 28. Prueba de Duncan (5%), para el peso de 100 semillas por efecto los diferentes niveles de abonamiento.

Tipos de abono	Peso de 100 semillas en gramos
T1(estiércol de llama)	0.63000 A
T6(humus de lombriz)	0.61375 AB
T2(estiércol de llama)	0.61375 AB
T3(estiércol tratado)	0.61000 AB
T5(humus de lombriz)	0.60625 AB
T4(estiércol tratado)	0.60250 AB
T0(testigo)	0.58500 B

5.3.16. Análisis de varianza para rendimiento en grano

El análisis de varianza para el rendimiento en grano (Cuadro 29), proporciona un coeficiente de variación del 15.22 % lo que demuestra la confiabilidad de los datos. Los datos analizados muestran diferencias significativas dentro de los bloques y se observa que existe efecto de los tipos de abono en el rendimiento de quinua.

Cuadro 29. Análisis de varianza para el rendimiento en grano por efecto de los niveles de abono en el suelo.

Fuentes de variación	Variables de respuesta					
	Rendimiento en grano					
Fuentes de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>F	Significancia
Bloque	3	2432731.250	810910.416	4.08	0.0229	**
Tratamiento	6	5299446.4285	883241.071	4.44	0.063	**
Error	18	3578175.	198787.5			
CV %	15.22					

5.3.17. Comparación del rendimiento en grano mediante la prueba de Duncan

La prueba de Duncan para el rendimiento en grano, refleja la formación de dos grupos; el 1º formado por los tratamientos T2, T1, T6, T4, el 2º formado por los tratamientos, T6, T4, T5, T3, T0.(Cuadro 30).

El análisis de medias para el rendimiento (kg/ha), mostró diferencias notables al 5 % de probabilidad estadística en los tratamientos donde se incorporaron distintos abonos orgánicos (estiércol de llama fresco, tratado y el humus de lombriz) y en diferentes niveles (5 t/ha y 10 t/ha), mostrando la formación de dos grupos.

Los rendimientos sobresalientes fueron los tratamientos donde se aplicaron estiércol fresco de llama (5 t/ha y 10 t/ha), mostrando rendimientos notorios de entre 3592.5 y 3447.5 kg/ha respectivamente (Cuadro 30). El segundo grupo formado por los tratamientos en el que se incorporó humus de lombriz (10 t/ha) y estiércol tratado de llama (10 t/ha), mostraron rendimientos entre 2996.3 y 2982.5 kg/ha respectivamente. El grupo que mostró un rendimiento bajo dentro el experimento, humus de lombriz (5 t/ha), estiércol tratado (5 t/ha) y el testigo (0 t/ha), llegó a un rendimiento de entre 2647.5 y 2353.8 kg/ha, llegando evidenciar que no influyeron los respectivos tratamientos en el rendimiento ya que se asemeja al testigo.

Cuadro 30. Prueba de Duncan (5%) para el rendimiento en grano por efecto de los diferentes niveles de abonamiento.

Tipos de abono	Rendimiento de grano kg/ha
T2(estírcol de llama)	3592.5 A
T1(estírcol de llama)	3447.5 A
T6(humus de lombriz)	2996.3 AB
T4(estírcol tratado)	2982.5 AB
T5(humus de lombriz)	2647.5 B
T3(estírcol tratado)	2483.8 B
T0(testigo)	2353.8 B

5.4 Análisis de la semilla de quinua

5.4.1 Categorización del grano por medio de tamices

En el Cuadro 31 se muestran los rangos de diámetro para categorizar semillas, aplicando normas bolivianas y tamices con semejante similitud.

Cuadro 31. Parámetros de tamizado empleado en los distintos tratamientos.

Tamiz	Código	Rango del diámetro de orificio (mm)	Rango del diámetro de orificio (mm) IBNORCA (2002)	Categorización del tamaño de grano.
Blanco	TB	> 2.5	> 2.2	Muy Grande
Amarillo	TA	2.4-2	1.5 – 2.2	Grande
Celeste	TC	1.9-1.5	1.35 – 1.75	Mediano
Verde	TV	Menor a 1.4	< 1.35	Pequeño

5.5. Porcentaje de la categorización de la semilla de quinua para los distintos tratamientos

5.5.1 Porcentaje de categoría de grano para el TRATAMIENTO TESTIGO

En la Figura 3 se aprecia que el tratamiento testigo sometido a la técnica del tamizado (200 g), se observó un promedio de tres categorías donde: para la categoría de grano grande TA (2.4 y 2 mm), alcanzó 39 %, para la categoría de grano mediano TC (1.9 y 1.5 mm) alcanzó 59%, y para el grano pequeño y con impurezas, TV (menor a 1.4 mm) alcanzó el 2%.

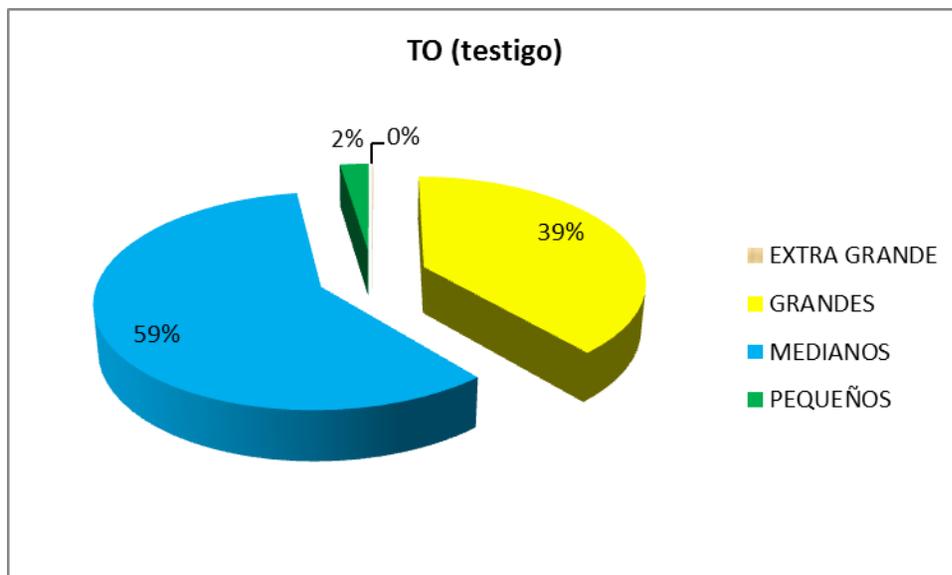


Figura 3. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento testigo.

Este tratamiento muestra el porcentaje de grano grande 39% este resultado posiblemente se debe a que no se incorporó abono orgánico en estas unidades experimentales, reflejando de esta forma que la incorporación de abonos orgánicos se afecta producción de semilla de quinua de calidad y mejor tamaño.

5.5.2 Porcentaje de categoría de grano para el estiércol de llama (T1) 5 t/ha

En la Figura 4 se aprecia que el tratamiento con estiércol de llama (fresco) (5 t/ha) sometido a la técnica del tamizado (200 g), se observó un promedio de tres categorías donde: para la categoría de grano grande TA (2.4 y 2 mm), alcanzó 41 %, para la categoría de grano mediano TC (1.9 y 1.5 mm) alcanzó 57%, y para el grano pequeño y con impurezas, TV (menor a 1.4 mm) alcanzó el 2%.

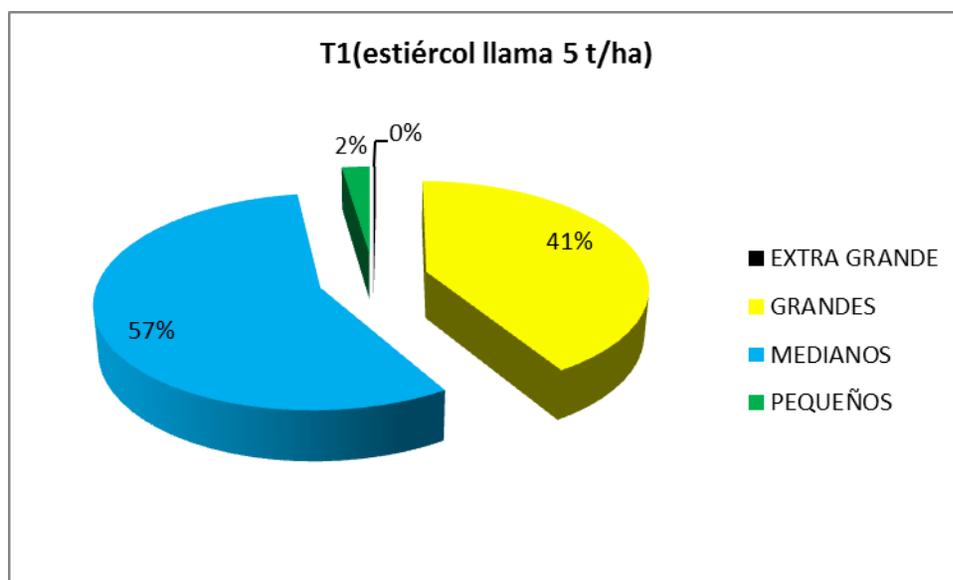


Figura 4. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con estiércol de llama. 5 t/ha

La Figura muestra el porcentaje de grano grande (41 %), en este tratamiento se aplicó estiércol de llama 5 t/ha, demostrando que existe una relación que vincula a la aplicación de abonos orgánicos y la calidad de semilla (tamaño). Sin embargo la cantidad de grano mediano (57%) tiende a bajar a medida que se aplica estiércol de llama y se lo demuestra comparando con el tratamiento testigo que registro 59% de grano mediano.

5.5.3 Porcentaje de categoría de grano para el estiércol de llama (T2) 10 t/ha

En la Figura 5 se aprecia que el tratamiento con estiércol de llama (fresco) (10 t/ha) sometido a la técnica del tamizado (200 g), se observó un promedio tres categorías donde: para la categoría de grano grande TA (2.4 y 2 mm), alcanzó 44 %, para la categoría de grano mediano TC (1.9 y 1.5 mm) alcanzó 53%, y para el grano pequeño y con impurezas, TV (menor a 1.4 mm) alcanzó el 3%.

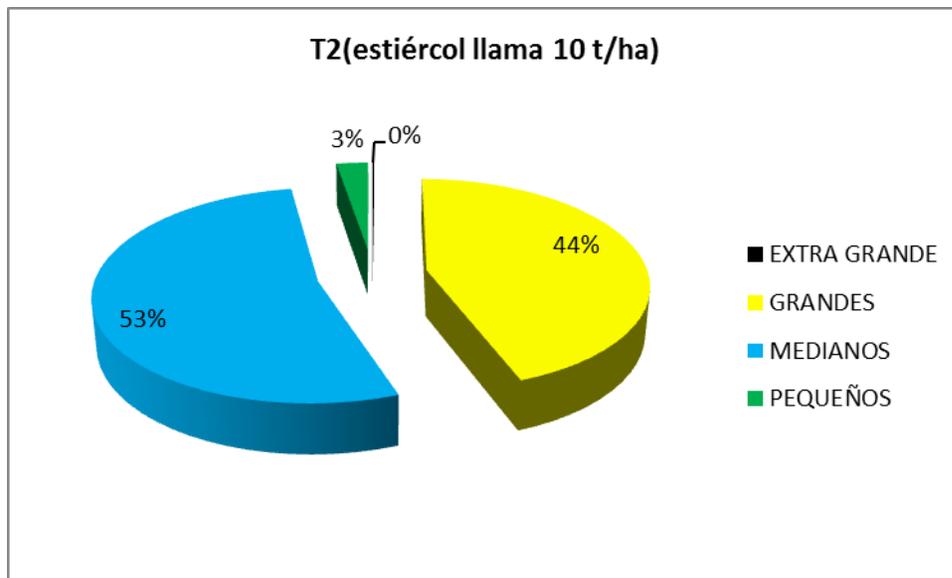


Figura 5. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con estiércol de llama. 10 t/ha

La Figura 5 muestra el porcentaje de grano grande (44 %), en este tratamiento se aplicó estiércol de llama 10 t/ha, demostrando que existe una relación que vincula la aplicación de abonos orgánicos y la calidad de semilla. El porcentaje de grano mediano 53% muestra que a medida que se incorpora estiércol de llama tiende a bajar el porcentaje de grano mediano e incrementar el porcentaje de grano grande.

5.5.4 Porcentaje de categoría de grano para el estiércol tratado (compost) (T3) 5 t/ha

En la Figura 6 se aprecia que el tratamiento con estiércol tratado (compost) (5 t/ha) sometido a la técnica del tamizado (200 g), se observó un promedio tres categorías donde: para la categoría de grano grande TA (2.4 y 2 mm), alcanzó 48 %, para la categoría de grano mediano TC (1.9 y 1.5 mm) alcanzó 50%, y para el grano pequeño y con impurezas, TV (menor a 1.4 mm) alcanzó el 2%.

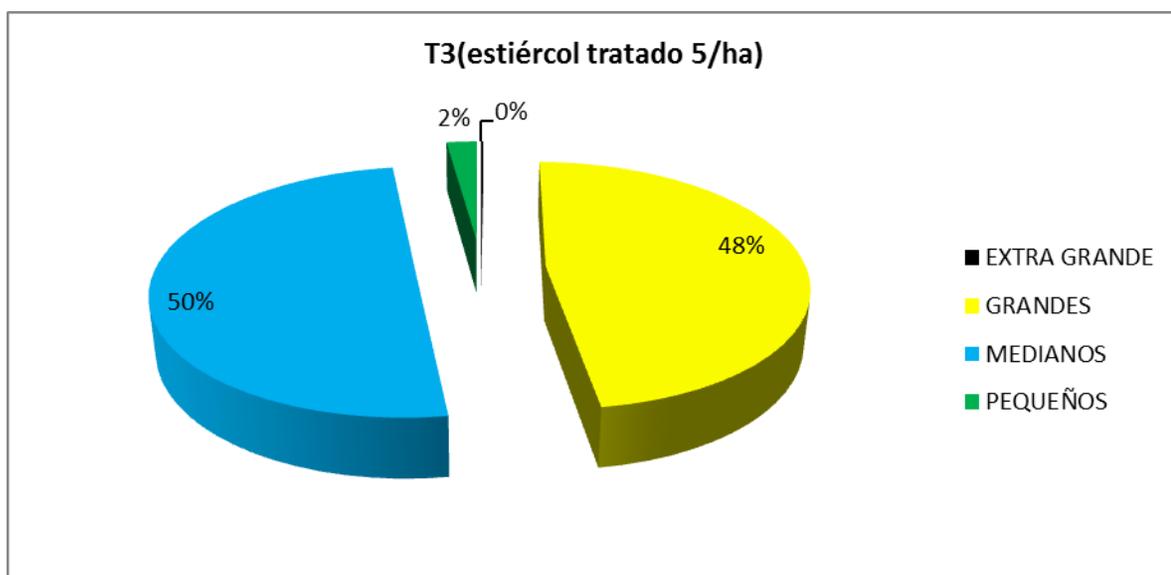


Figura 6. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con estiércol tratado de llama 5 t/ha

La Figura muestra el porcentaje de grano grande (48 %), en este tratamiento se aplicó estiércol tratado de llama 5 t/ha, y se observa que el restante (50 %) grano mediano tiende a igualar el porcentaje de grano grande, demostrando que existe una relación vinculada a la aplicación de abonos orgánicos y la calidad de semilla (tamaño). En comparación con el estiércol de llama, este tratamiento registró un mayor porcentaje de grano grande, llegando a determinar que el compostaje de estiércol de llama influye directamente en obtención de una mejor calidad de semilla y mejor porcentaje de grano grande.

5.5.5 Porcentaje de categoría de grano para el estiércol tratado (compost) (T4) 10 t/ha

En la Figura 7 se aprecia que el tratamiento con estiércol tratado (compost) (10 t/ha) sometido a la técnica del tamizado (200 g), se observó un promedio tres categorías donde: para la categoría de grano grande TA (2.4 y 2 mm), alcanzó 47 %, para la categoría de grano mediano TC (1.9 y 1.5 mm) alcanzó 51%, y para el grano pequeño y con impurezas, TV (menor a 1.4 mm) alcanzó el 2%.

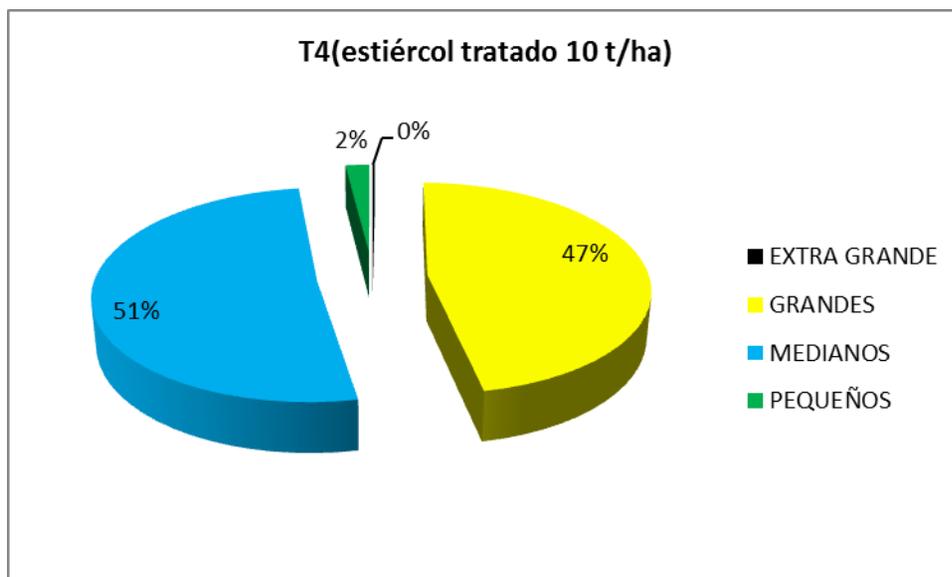


Figura 7. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con estiércol tratado de llama 10 t/ha

La Figura muestra un porcentaje de grano grande de (47 %), puesto que en este tratamiento se aplicó estiércol tratado de llama 10 t/ha, mostrando que existe una relación vinculada a la aplicación de abonos orgánicos y la calidad de semilla (tamaño). La aplicación de este de tratamiento (10 t/ha) de estiércol tratado, muestra comportamientos similares a la aplicación de (5 t/ha) del mismo abono, demostrando que a mayor aplicabilidad de estiércol tratado la calidad de semilla de quinua es similar.

5.5.6 Porcentaje de categoría de grano para el humus de lombriz (T5) 5 t/ha

En la Figura 8 se aprecia que el grano obtenido con el tratamiento con humus de lombriz (5 t/ha) después del tamizado (200 g), se observó un promedio tres categorías donde: TA (2.4 a 2 mm), alcanzó 44 %, que corresponde a la categorizada como grano grande, TC (1.9 y 1.5 mm) alcanzó 54% categorizada como grano mediano, TV (menor a 1.4 mm) alcanzó el 2% categorizado como grano pequeño y con impurezas.

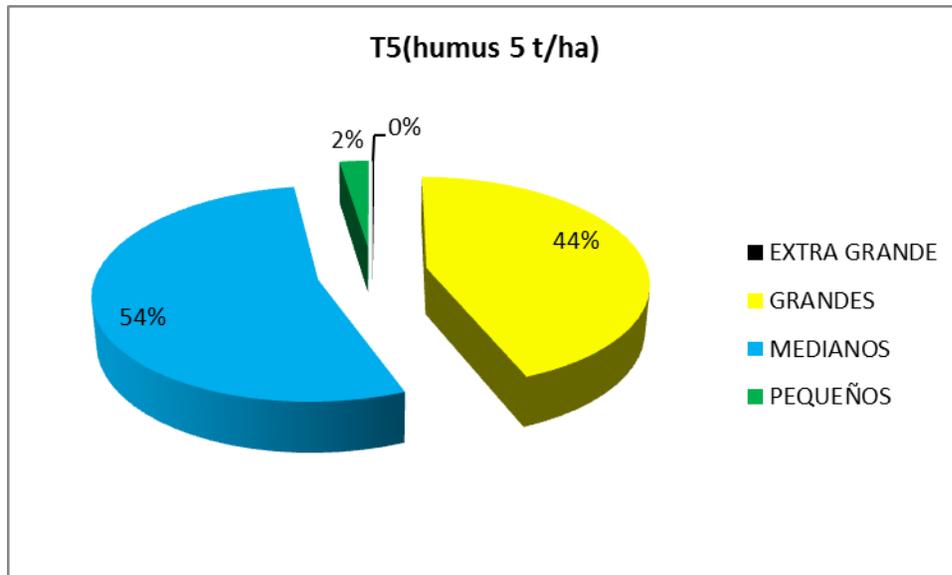


Figura 8. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con humus de lombriz 5 t/ha

La Figura muestra el porcentaje de grano grande (44 %), en este tratamiento se aplicó humus de lombriz 5 t/ha, mostrando que existe una relación vinculada a la aplicación de abonos orgánicos y la calidad de semilla (tamaño). La aplicación de humus de lombriz (5 t/ha) es similar a la aplicación de estiércol tratado de llama (5 t/ha), empero las diferencias muestran que la accesibilidad que se pueda tener sobre el humus de lombriz es más difícil, en comparación al procedimiento del compostado que generalmente se lo puede realizar con material del lugar siguiendo procedimientos sugeridos.

5.5.7 Porcentaje de categoría de grano para el humus de lombriz (T6) 10 t/ha

En la Figura 9 se aprecia que el tratamiento humus de lombriz (10 t/ha) sometido a la técnica del tamizado (200 g), se observó un promedio tres categorías donde: para la categoría de grano grande TA (2.4 y 2 mm), alcanzó 46 %, para la categoría de grano mediano TC (1.9 y 1.5 mm) alcanzó 52%, y para el grano pequeño y con impurezas, TV (menor a 1.4 mm) alcanzó el 2%.

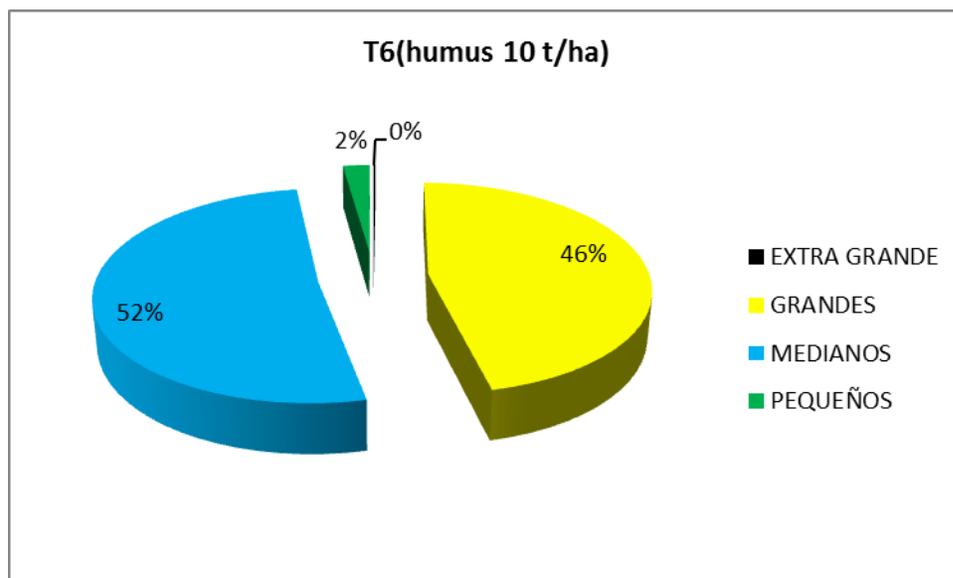


Figura 9. Evaluación del porcentaje de tamaño de grano del tratamiento con humus de lombriz 10 t/ha

La Figura muestra el porcentaje de grano grande (46 %), en este tratamiento se aplicó humus de lombriz 10 t/ha, demostrando que existe una relación que vincula la aplicación de abonos orgánicos en la calidad de la semilla (tamaño). La cantidad de humus de lombriz aplicada (10 t/ha) y el tratamiento con estiércol de tratado de llama (10 t/ha) son comparativos puesto que relativamente muestran similitud, pero el porcentaje de grano grande demuestra que es más accesible y rentable aplicar estiércol tratado para mejorar el tamaño y la calidad de semilla.

5.6 Relación gráfica de las categorías de grano para los distintos tratamientos

Cuadro 32, Comparación del porcentaje de tamaño de grano en todos los tratamientos.

TRATAMIENTOS	EXTRA GRANDE	GRANDES	MEDIANOS	PEQUEÑOS
TO (testigo)	0,06%	38,74%	58,94%	2,41%
T1(estírcol llama 5 t/ha)	0,20%	41,11%	56,38%	2,34%
T2(estírcol llama 10 t/ha)	0,14%	44,38%	53,11%	2,68%
T3(estírcol tratado 5 t/ha)	0,16%	47,54%	50,06%	2,23%
T4(estírcol tratado 10 t/ha)	0,20%	46,88%	51,26%	2%
T5(humus 5 t/ha)	0,14%	43,70%	53,44%	2,44%
T6(humus 10 t/ha)	0,16%	46,39%	51,40%	2,26%

En el anterior Cuadro, se aprecia que los diferentes tratamientos en los que se aplicó abonos orgánicos tuvieron mayor porcentaje de grano grande (tamiz amarillo) en comparación con el tratamiento testigo, que obtuvo, menor porcentaje de grano grande, el tratamiento testigo mostró mayor porcentaje de grano mediano (tamiz celeste), mostrando de esta forma que para una mejor calidad de semilla es mejor obtener grano grande (2 – 2,4) y para este propósito influye la aplicación de abonos orgánicos (Rodríguez, 2005).

Cuadro 33, Comparación del porcentaje de tamaño de grano tratamientos con abonos orgánicos.

TRATAMIENTO	EXTRA GRANDE	GRANDES	MEDIANOS	PEQUEÑOS
estiércol de llama	0,17	42,745	54,745	2,51
estiércol tratado	0,18	49,4	48,47	2,115
Humus	0,15	45,045	52,42	2,35

La comparación dentro de los tratamientos dentro los abonos orgánicos muestra que, el estiércol de llama fresco (5 y 10 t/ha) aplicadas son inferiores al tratamiento con aplicación de estiércol tratado (5 y 10 t/ha) y humus de lombriz (5 y 10 t/ha) respecto al tamaño de grano, puesto que presentan menor porcentaje de grano grande (42,7%) y mayor porcentaje de grano mediano (54,7%) en

comparación con (49,4 % y 45%) de grano grande y (48,4 % y 52,4 %) que obtuvieron los tratamiento con estiércol mejorado y humus de lombriz respectivamente.

5.7 Porcentaje de germinación del grano grande (tamiz amarillo)

En la Figura 10 se aprecia el porcentaje de germinación que alcanzan las semillas de la categoría (grano grande) en un periodo de 18 horas. Las mismas son el resultado de la evaluación de semillas germinadas mostrando que los tratamientos con abonos orgánicos alcanzan a un mejor vigor relativo en comparación con el tratamiento testigo. Dentro los abonos orgánicos el tratamiento con estiércol de llama (fresco) de 10 t/ha alcanza un similar vigor relativo con los tratamientos con otros abonos orgánicos.

Esta categoría alcanza en promedio un 91 % de germinación en 18 horas en los tratamientos aplicados con abonos orgánicos y 83 % en el tratamiento testigo. Sin embargo todos los tratamientos alcanzan el 100 % de germinación en 24 horas.

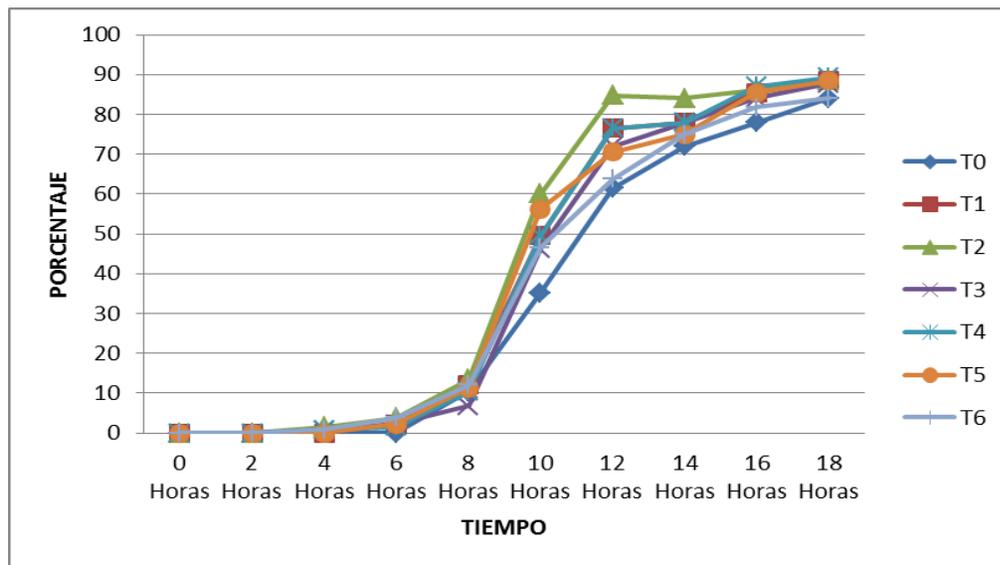


Figura 10. Porcentaje de germinación acumulada a diferentes periodos de tiempo (grano grande)

5.8 Porcentaje de germinación grano mediano (tamiz celeste)

En la Figura 11 se aprecia el porcentaje de germinación que alcanzan las semillas de la categoría grano mediano en un lapso de 18 horas. Las mismas son el resultado de la evaluación de 50 semillas mostrando que los tratamientos con abonos orgánicos alcanzan a un mejor y mayor vigor relativo en comparación con el tratamiento testigo.

Dentro los abonos orgánicos el tratamiento con estiércol de llama (tratado) de 5 t/ha y tratamiento con estiércol de llama (fresco) 5 t/ha alcanza mejor vigor relativo.

Esta categoría alcanza en promedio un 86 % de germinación en 18 horas en los tratamientos aplicados con abonos orgánicos y 70 % en el tratamiento testigo. Sin embargo todos los tratamientos alcanzan el 100 % de germinación en 24 horas.

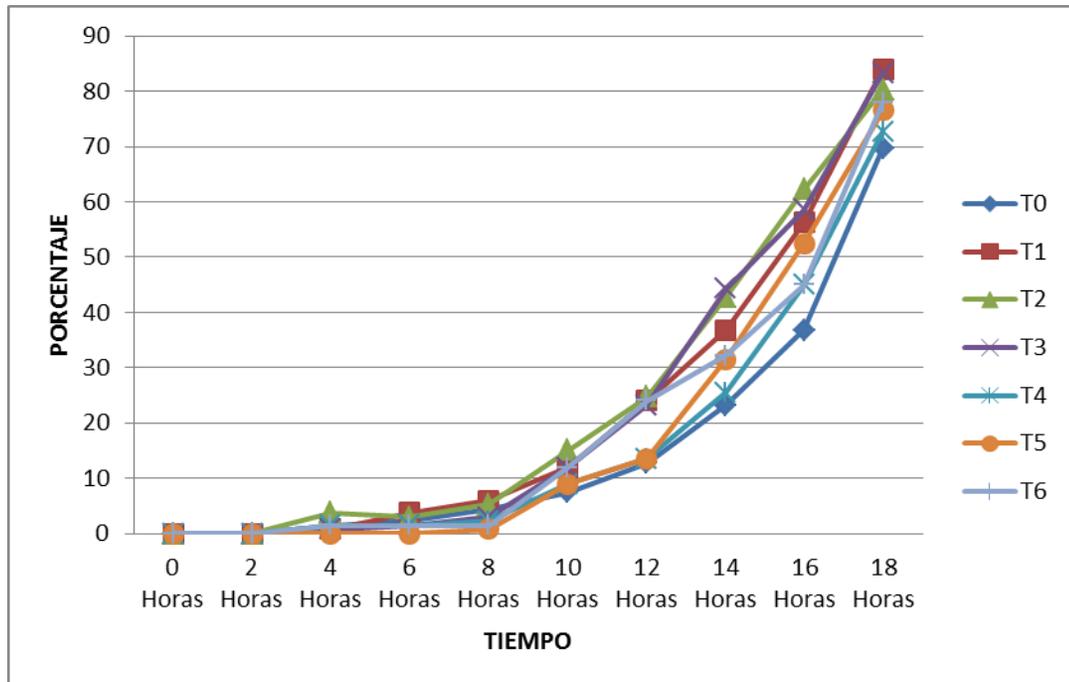


Figura 11. Porcentaje de germinación acumulada a diferentes periodos de tiempo (grano mediano)

5.9 Análisis económico

El análisis de costos variables para la producción de quinua empleando semilla de la variedad Jach'a grano, se presenta en el Cuadro 34. Los costos fueron calculados con el rendimiento promedio de los tratamientos con aplicación de abonos orgánicos y con un 15% de pérdidas (2738.8 kg/ha). Y el precio por kilogramo de semilla a Bs. 25.00

Cuadro 34. Costo de producción de semilla de quinua de la variedad Jach'a grano para una ha.

Costos de producción				
	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
PREPARACIÓN TERRENO				
ROTURADO	hora/tractor	4	100	400
RASTRADO	hora/tractor	2	100	200
NIVELADO DEL TERRENO	hora/tractor	2	90	180
SEMILLA				
VARIEDAD JACH'A GRANO	Kg	8	50	400
SIEMBRA – RIEGO				
ABONADO	Jornal	4	60	120
COSTO DEL ABONO ORAGANICO	t/ha	10	250	2500
SIEMBRA	Jornal	20	60	1200
RIEGO	Jornal	3	50	150
LABORES CULTURALES				
DESHIERBE	Jornal	6	50	300
PURIFICACIÓN DE LA VARIEDAD (floración)	Jornal	3	50	150
PURIFICACIÓN DE LA VARIEDAD (cosecha)	Jornal	3	50	150
CONTROL FITOSANITARIO				
RIDOMIL	Cc	100	2,4	240
APLICACIÓN DE CONTROL	Jornal	2	50	100
SUCCESS	Litro	1	1500	1500
APLICACIÓN DE CONTROL	Jornal	2	50	100
COSECHA				
SEGADO	Jornal	8	60	480
EMPARVADO	Jornal	2	60	120
TRILLA	Jornal	8	60	480
VENTEO	Jornal	2	60	120
ALMACENADO	Jornal	2,5	50	125
TOTAL COSTOS VARIABLES (Bs./ha)				8,615.00
TOTAL BENEFICIOS BRUTOS (Bs./ha)				68,470.00
TOTAL BENEFICIOS NETOS (Bs./ha)				59,855.00
RELACIÓN BENEFICIO/COSTO				7,94.00

En el análisis del costo de producción (Cuadro 32), se tiene un total de gastos que asciende a Bs. 8615.00. Por otro lado el, ingreso bruto por la producción de quinua fue de Bs. 68,470.00 En cuanto al ingreso neto, se obtuvo Bs. 59,855.00 siendo la relación beneficio costo para la producción de semilla de Bs.7,94.00 por cada Bs. 1.00 invertido. Se debe tomar en cuenta que el rendimiento es de manera experimental y el precio de acuerdo al precio de semilla según PROINPA.

6. CONCLUSIONES

La aplicación de diferentes niveles y tipos de abonos orgánicos (humus de lombriz, estiércol tratado y estiércol fresco de llama) en diferentes dosis, provocó una mejora en las propiedades físicas del suelo con respecto al testigo, principalmente en la densidad aparente, porcentaje de porosidad y densidad real mostrando un comportamiento directamente proporcional a la cantidad de abono aplicado al suelo. La mejora de las propiedades físicas, químicas del suelo debido a la aplicación de los diferentes tipos de abono en distintos niveles, beneficiando su fertilidad.

De acuerdo con el análisis químico de laboratorio el ph, conductividad eléctrica, fósforo disponible, nitrógeno total, carbón orgánico, materia orgánica, sodio intercambiable, potasio intercambiable, calcio intercambiable y magnesio intercambiable se mejoraron significativamente con respecto al tratamiento testigo, de manera directamente proporcional a la cantidad de abono aplicado al suelo.

La variedad de quinua Jach'a grano posee un comportamiento positivo, en respuesta al abonamiento con los abonos orgánicos (humus de lombriz, estiércol tratado y estiércol fresco de llama), mostrando mejoras en el comportamiento agronómico (rendimiento, tamaño y calidad de grano).

La incorporación de abono orgánico influye directamente en la obtención de mejor tamaño de grano, verificándose que se obtienen mayor porcentaje de grano grande (2.4 – 2 mm) 45,7 % en promedio en tratamientos con abonos orgánicos en comparación con el tratamiento testigo que alcanza 38,7% de grano grande. Respecto al grano mediano (1.9 – 1.5 mm) los abonos orgánicos alcanzan en promedio 51,8%, sin embargo el tratamiento testigo muestra mayor porcentaje de grano mediano 58.9%, mostrando de esta forma efecto de los abonos orgánicos en la producción de semilla de quinua.

Dentro los abonos orgánicos los rendimiento más altos se atribuyen a los tratamientos con aplicación estiércol fresco de llama (5 t/ha y 10 t/ha), legándose a registrar 3592.5 kg/ha y 3447.5 kg/ha respectivamente. Sin embargo estos tratamientos con aplicación de estiércol de llama registran mayor grano mediano 54, 4 % y menor grano grade 42,7%, frente a los tratamientos con estiércol tratado y humus de lombriz que registraron rendimientos de 2982.3 kg/ha y 2996.3 kg/ha respectivamente, pero se obtuvieron mayor porcentaje de grado grande 49 % y 45 % respectivamente y menor porcentaje de grano mediano 48 % y 52 % respectivamente. Mostrando de esta forma el estiércol mejorado y el humus de lombriz (5 t/ha y 10 t/ha) respectivamente influyen de mejor forma en la obtención de mayor porcentaje de grano grande (mejor calidad) en comparación con el tratamiento con estiércol fresco de llama que obtuvo mejor rendimiento y menor porcentaje de grano grande.

El porcentaje de germinación alcanza un vigor relativo acelerado hasta las 18 horas en los tratamientos con abonos orgánicos legándose a registrar 91 % de germinación en la categoría grano grande (2.4 - 2 mm) y 86 % de germinación en la categoría grano pequeño (1.9 – 1.5 mm). Mostrando de esta forma que el tamaño de grano en combinación con la aplicación de abonos orgánicos acelera su espacio de germinación, atribuyéndole por esta razón una mejor calidad de semilla. Al alcanzar las 24 horas todos los tratamientos llegaron al 100 % de germinación, sin embargo se observó que existen diferencias significativas comparando la semilla de grano grande y la semilla de grano mediano.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con la evaluación observando qué efectos positivos y negativos ofrecen los abonos orgánicos sobre la microbiología del suelo.

Optar por alternativas que impliquen una agricultura sostenible que no afecte el medio donde se hace agricultura en mayor escala.

Se recomienda realizar similar trabajo con otras variedades de quinua para determinar las variedades que mejor responden a la aplicación de abonos orgánicos.

La práctica del tamizado es una técnica que ayuda a diferenciar la calidad del grano por tamaño y calidad de semilla.

8. BIBLIOGRAFÍA

Alexander, M. 1976. Microbiología del suelo. College of Agriculture and Life Sciences. Universidad Cornell.

Barrena, R. 2006. Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Memoria de tesis en opción al grado de doctor en ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.

Bravo R, Andrade K, Valdivia R, soto JL (editores). 2010. Investigaciones sobre especies olvidadas y subutilizadas. Granos andinos (Quinoa, cañahua/cañihua y amaranto/kiwicha). Resúmenes de trabajos de grado y tesis de maestría realizadas en Bolivia y Perú (2001-2010). Biodiversity International, Roma, Italia.

Camacho, N. 2006. Manual de buenas prácticas de manejo de cuencas hidrográficas. s.n.t. pp 45-55.

Canet, R. 2007. Aplicación agrícola de la materia orgánica. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible, España, 12p.

Catari, B. 2002. Evaluación de rendimientos de cinco variedades de avena forrajera (*Avena sativa*. L) con abonamiento de estiércol ovino en el altiplano central. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. UMSA.

CEDLA, 2013. Cultivo de la quinua y producción capitalista en las comunidades del altiplano sur de Bolivia. Boletín de seguimiento a políticas públicas año X – Nro. 22. Centro de estudios para el desarrollo laboral y agrario. (CEDLA). Julio 2013. La Paz- Bolivia.

Chilón, E. 1991. Efecto de la incorporación de enmiendas orgánicas en el mejoramiento de algunas propiedades físicas del suelo, relacionadas con su resistencia a la erosión y al rendimiento de cultivos. En memoria al 2do. Simposio de recursos naturales y medio ambiente. Instituto Ecología – UMSA. La Paz – Bolivia.

_____, E. 1997. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Centro de Investigación y Difusión de Alternativas Tecnológicas para el Desarrollo. (C.I.D.A.T.).

_____, E. 1996. Manual de edafología: prácticas de campo y laboratorio. La Paz, Bolivia, Ed. CIDAT. 290 p.

_____, E. 2009. Tecnologías ancestrales y reducción de riesgos del cambio climático: Terrazas precolombinas Taqanas Quillas y Wachus. 1ra ed. La Paz, Bolivia, Ed. Arte Imagen. 323 p.

_____, E. 2011. Compostaje altoandino, seguridad alimentaria y cambio climático (En línea). CienciAgro 2(2):261-268.

CIMMYT, 1988. La formulación de Recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México 79 p.

Espindola, G 1981. Botánica y morfología de la quinua: curso a nivel de productores, estación experimental de Patacamaya. IBTA. Boletín informativo (IBTA) 135 p.

FAO, ISRIC y SICS, 1999. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

FAO. 1990. Seminario nacional sobre fertilidad de suelo y uso de fertilizantes en Bolivia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santa Cruz, Bolivia.

Gandarillas, H. 2001. Historia de la investigación para el desarrollo agropecuario en Bolivia. Memorias de un investigador. Cochabamba, Bolivia. Pp. 139 - 142.

Huanca, R. 2008. Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico y riego deficitario sobre el desarrollo y rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinua* Willd) en el altiplano central. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

IBCE 2013. La quinua boliviana traspasa fronteras para el consumo mundial. Nro. 210. Publicaciones del Instituto Boliviano de Comercio Exterior en conmemoración al año internacional de la Quinua.

IBNORCA, 2002. INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACION Y CALIDAD. Norma boliviana, NB 312003. La Paz – Bolivia.

Kalam A. 2012. Ecología para carreras agronómicas y afines. Editorial serviDak quinta edición La Paz. Bolivia.

Labrador, J. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas. 2ª ed. Editorial Mundi – Prensa. España.

Lescano JL. 1989. Recursos fitogenéticos altoandinos y bancos de germoplasma. “Cultivos altoandinos”. Potosí, Bolivia. Pp 1 -18.

Lescano, JL. 1994. Genética y mejoramiento de los cultivos altoandinos. Quinua, Kañihua, Tarwi, Kiwacha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Programa interinstitucional de Waru. Waru. Puno, Perú.

Méndez, V. 2008, Evaluación de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en diferentes etapas de supresión de riego y niveles de humedad, bajo walipini. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Fac. Agronomía. La Paz – Bolivia, 116 p.

Michelena, R.; C. Irrutia; A. Pittaluga; F. Vavruska y M. Sardi. 1998. Degradación de los suelos en el sector norte de la Pampa Ondulada. Ciencia del suelo 6:60 -66.

Miranda R. 2002. Propiedades Físicas y químicas del suelo. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp 24-30.

Mujica A. 1992. Granos y Leguminosas andinas. En: Hernández J, Bermejo J, Leon J. (editores). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. Pp. 129-146.

Murillo, R. 2006. Comportamiento del nitrógeno proveniente de fertilizantes minerales en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de riego y secado. Tesis de Licenciatura. La Paz- Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 132 p.

NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE, 2001. Manual de fertilizantes. Editorial Limusa. SA. de C.V. grupo Noriega Editores, 17ma. Reimpresión 292 p.

Orsag V. 2003. El recurso suelo principios para su manejo y conservación. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Bolivia.

Orsag, V. 2010. Dinámica de la fertilidad de los suelos del intersalar en base a parámetros complementarios de la relevancia para la producción sostenible de la quinua. Informe Final de Investigación. PIEB.

Padrón, E. 1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y ganadería. México, Ed. Trillas. 215p.

Paz, L. 2008. Evaluación de activadores orgánicos en un proceso de compostaje para el reciclaje de residuos orgánicos urbanos. Tesis de maestría en ciencias ambientales. FCYT. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba.

PIEB, 2010. La producción de quinua en Bolivia, sus potencialidades y riesgos. 2010 boletín del programa de investigación estrategia en Bolivia pieb,14, año 7 octubre 2010.

PNAO, 2001. Programa nacional de agricultura orgánica. Abonos orgánicos/ programa nacional de agricultura orgánica. 1ra Ed. San José. Editorial del norte. 24p.

PROINPA, 2002. Promoción e investigación de productos andinos. Variedades de Quinua recomendadas para el altiplano norte y central. La Paz – Bolivia

PROINPA, 2004. Promoción e investigación de productos andinos. Conservación de recursos filogenéticos. Revista Regional Altiplano. La Paz – Bolivia 10 p.

Quino, E 2000. Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con abonamiento de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y su efecto sobre las propiedades físicas del suelo en el altiplano central. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Fac. Agronomía. La Paz – Bolivia.

Rodriguez, J.P. 2005. El papel de tamaño de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente a diferentes profundidades de siembra. Tesis de Licenciatura en Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia.

Rojas W. Soto JL. Pinto M. Jage M. Padulosi S (editores). 2010. Granos andinos “Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia”. Biodiversity International, Roma, Italia.

Rubio, O. 1991. Agroquímicos problema nacional, políticas y alternativas. En Seminario – Taller. Algunas alternativas para el remplazo de agroquímicos en la agricultura peruana. Edición IDMA. Lima. Perú. Pp. 289-290.

Sánchez, C. 2003. Abonos Orgánicos y Lombricultura. El suelo, abonamiento, el estiércol, el compost. Edición RIPALME. Distribuidora Edison. Lima. Perú p 135.

Sánchez, J. 1995. No más desiertos verdes!: Una experiencia en agricultura orgánica. 1ra ed. San José, Costa Rica, Ed. CODÉESE. 195 p.

Sardi, L. 1991. Agroquímicos problema nacional, políticas y alternativas. En Seminario – Taller. La lombricultura y el humus de lombriz. Lima, Perú. Pp 300-301.

Schuldt, M. 2006. Lombricultura/Worm Cultivation: Teoría y Practica. Ediciones Mundi-Prensa Libros.

Tapia M. 1990. Cultivos andinos sobexplotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA, FAO Oficina para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.

Valiño, R. 2000. Alternativa para el mejoramiento de los suelos pardos con carbonatos, con el uso de minerales naturales y abonos orgánicos. s.l. Ed. UCLV. s.p.

Victorino, B. *et al.*, 1994. Lombricultura Práctica. Universidad Nacional de San Antonio Abdat. del cusco, Cusco.

Villarroel, J. 1990. Inventario de la producción de abonos orgánicos en Bolivia. En el seminario nacional sobre fertilidad de suelos y uso de fertilizantes en Bolivia. Santa Cruz. Bolivia, febrero 1990 FAO proyecto de fertilizantes. PP 75-83.

Vizarreta, J.E. 2000. Comparativo de 14 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) resistentes a sequía en la condiciones de la Irrigación de Majes. Tesis de grado Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Escuela Profesional y Académica de Agronomía. 92p.

ANEXOS

9. ANEXOS

Anexo1. Ubicación del área experimental



Anexo 2. Días a la emergencia, parcela experimental.



Anexo 3. Labores culturales



Anexo 4. Purificación de la variedad Jach`a grano



Anexo 5. Tamices para categorizar la semilla de quinua.



Anexo 6. Técnica del tamizado para categorizar semilla de quinua.



Anexo 7. Análisis de laboratorio de muestra de suelo.

Las muestras de suelo se llevaron al Laboratorio de Calidad Ambiental los mismos se detallan en las siguientes páginas. (Ver siguiente página).

Anexo 8. Semilla de quinua categorizada.



Anexo 9. Pruebas de germinación



Anexo 10. Semilla clasificada por categorías



Anexo 11. Realización de compostado.



Anexo 12. Ubicación geográfica del área experimental

