

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES AL
CULTIVO DE CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), EN EL
MUNICIPIO JESÚS DE MACHACA DE LA PROVINCIA
INGAVI-LA PAZ**

Por:

Cesar Luis Tola Cruz

EL ALTO – BOLIVIA

Octubre, 2017

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTES AL CULTIVO DE CAÑAHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen), EN EL MUNICIPIO JESÚS DE MACHACA DE LA
PROVINCIA INGAVI-LA PAZ**

*Tesis de Grado presentado como requisito
para optar el Título de Ingeniero en
Ingeniería Agronómica*

Cesar Luis Tola Cruz

Asesores:

Ing. M.Sc. Noel Ortuño Castro

Ing. M.Sc. Wilfredo Félix Rojas

Ing. Juan Sipe Mamani

Tribunal Revisor:

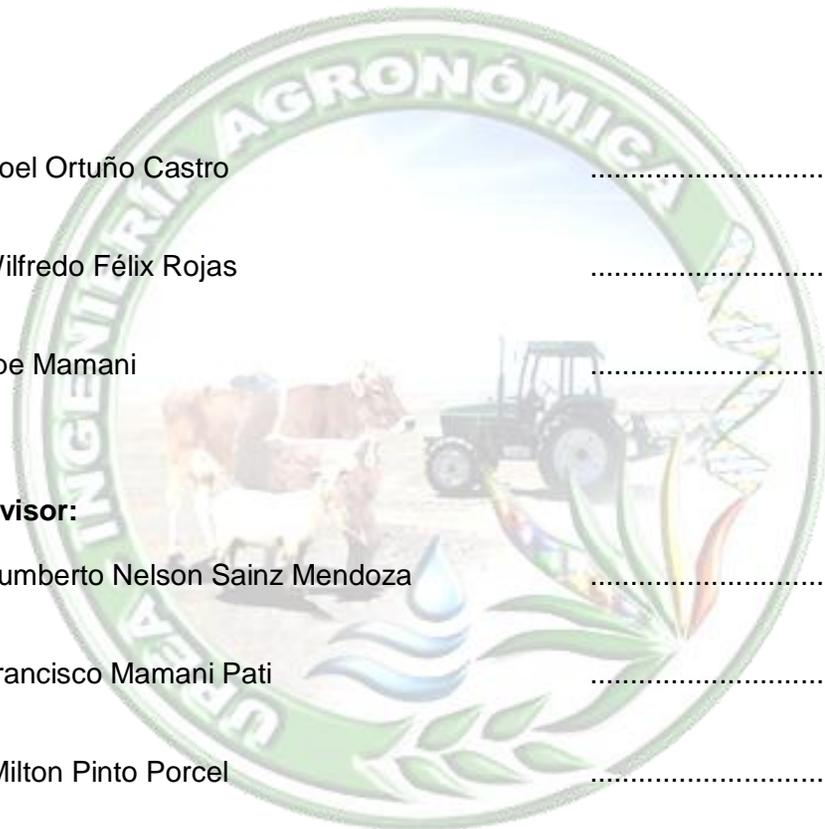
Ing. Ph.D. Humberto Nelson Sainz Mendoza

Ing. Ph.D. Francisco Mamani Pati

Ing. M. Sc. Milton Pinto Porcel

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

A mi querida hijita Rocío Avril (†) por hacer muy feliz mi vida mientras nuestro creador así lo permitió, por enseñarme la bondad, ternura e inocencia que cada ser humano posee, hijita mía te amo y este trabajo es en tu honor, Dios mediante nos encontraremos más adelante.

A mis padres Porfirio (†) y María por el apoyo y empeño que se plantearon para que esto pueda ser posible.

A mis queridos hermanos Franz, Richar, Rubén y la más querida entre nosotros Alison por el apoyo moral que me brindaron.

AGRADECIMIENTOS

A Dios sobre todas las cosas, por su infinito amor para con nosotros, por darme la oportunidad de vivir a diario guiando siempre cada paso que doy cuidándome de todo mal sobre todo por darme la oportunidad de presentar este trabajo de investigación.

A mis padres Porfirio Q.E.P.D. (†) y María, por el gran apoyo en todos los aspectos que el amor de padres pueden ofrecer, ya que sin ellos esto no hubiera sido posible.

A mis hermanos Franz, Richar, Rubén y Alison por todo el apoyo moral brindado en esta etapa de mi vida ya que la colaboración ofrecida por ellos me ayudo bastante en momentos complejos de mi formación académica.

A mi casa superior de estudios Universidad Pública de El Alto por brindarme la oportunidad de mi formación académica y brindarme la oportunidad de obtener los conocimientos para enfrentar nuevos retos en esta nueva etapa de mi vida.

A mi querida carrera Ingeniería Agronómica por ofrecerme experiencias inolvidables alegrías, tristezas, diversión y amistades que siempre quedaran en mi memoria.

A la Fundación PROINPA por el apoyo brindado y la oportunidad de desarrollar la tesis de grado en el marco del proyecto NORDIC-CAÑAHUA.

A mis asesores Ing. M.Sc. Wilfredo Rojas, Ing. M.Sc. Noel Ortuño e Ing. Juan Sipe por las sugerencias y guía en todo el proceso de la tesis de grado, en especial al Ing. Sipe por la colaboración y orientación en el desarrollo del trabajo de campo.

A mis docentes por compartir todos los conocimientos brindados y el apoyo extracurricular ofrecida para mi formación académica y poder ser competente en el área laboral, en especial al Ing. Ph.D. Humberto Sainz por su amistad y dedicación con mi persona.

A mis compañeros de tesis Henry Casas y Froilan Quispe, por el apoyo y compartimento en todo el tiempo que se desarrolló el trabajo de campo.

Un agradecimiento a mis compañeros de mi carrera Ingeniería Agronómica en particular al grupo de amigos “Los Chéveres ” por compartir momentos inolvidables en todo aspecto y la convivencia a lo largo de toda la carrera universitaria, mostrándome que la amistad de amigos es incondicional e invaluable.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
ABREVIATURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv

ÍNDICE DE TEMAS

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Justificación.....	2
1.2.	Objetivos	2
1.2.1.	Objetivo general.....	2
1.2.2.	Objetivos específicos.....	3
1.3.	Hipótesis	3
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1.	Origen del cultivo de la cañahua	4
2.2.	Importancia de la cañahua	4
2.3.	Clasificación taxonómica	5
2.4.	Botánica del cultivo de cañahua.....	5
2.4.1.	Características morfológicas	5
2.4.2.	Raíz.....	6
2.4.3.	Tallo.....	6
2.4.4.	Habito de crecimiento	6
2.4.5.	Hojas	7
2.4.6.	Inflorescencia.....	8
2.4.7.	Flores	8
2.4.8.	Fruto.....	8
2.4.9.	Semilla	9
2.5.	Características fisiológicas	9
2.5.1.	Fenología del cultivo de la cañahua.....	9
2.5.2.	Ciclo vegetativo del cultivo	10
2.6.	Cañahua variedad Illimani	10
2.6.1.	Características morfológicas	11

2.6.2.	Características Agronómicas.....	12
2.6.3.	Características de grano.....	12
2.6.4.	Valor nutritivo	12
2.7.	Manejo del cultivo	12
2.7.1.	Preparación del terreno	12
2.7.2.	Siembra.....	13
2.7.3.	Fertilización	14
2.7.4.	Labores culturales.....	14
2.7.5.	Cosecha	15
2.7.6.	Poscosecha	16
2.8.	Biofertilizantes en la agricultura.....	17
2.8.1.	Obtención de biofertilizantes artesanales con microorganismos	18
2.8.2.	Biofert.....	18
2.8.3.	Biofert con <i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	18
2.8.4.	Vigortop.....	19
2.9.	Análisis de la información	20
2.9.1.	Análisis estadístico	20
2.9.2.	Análisis económico	21
a)	Costo variable	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1.	Localización	22
3.1.1.	Ubicación geográfica	22
3.1.2.	Características Edafoclimáticas	23
3.1.2.1.	Suelo	23
3.1.2.2.	Clima	23
3.1.2.3.	Vegetación	23

3.1.2.4.	Fauna	23
3.2.	Materiales.....	24
3.2.1.	Material de vegetal	24
3.2.2.	Material de campo	24
3.2.3.	Material de gabinete	25
3.2.4.	Material de laboratorio	26
3.2.5.	Insumos de producción.....	26
3.3.	Metodología	28
3.3.1.	Procedimiento experimental	28
3.3.2.	Fase de instalación del ensayo	28
3.3.2.1.	Selección del terreno	28
3.3.2.2.	Muestreo de suelo	29
3.3.2.3.	Delimitación de unidades experimentales.....	30
3.3.2.4.	Preparación del terreno	31
3.3.2.5.	Siembra.....	32
3.3.2.6.	Aplicación de biofertilizantes	32
3.3.3.	Fase de manejo del cultivo.....	34
3.3.3.1.	Marbeteado de plantas	34
3.3.3.2.	Labores culturales.....	34
3.3.4.	Fase cosecha y poscosecha	35
3.3.4.1.	Cosecha.....	35
3.3.4.2.	Poscosecha	35
3.3.5.	Fase de evaluación del ensayo.....	36
3.3.5.1.	Temperatura y humedad	36
3.3.5.2.	Precipitación	37
3.3.5.3.	Variables fenológicas.....	37

3.3.5.3.1.	Días de emergencia.....	37
3.3.5.3.2.	Días de floración.....	38
3.3.5.3.3.	Días de Madurez Fisiológica.....	38
3.3.5.4.	Arquitectura de la planta.....	39
3.3.5.4.1.	Altura de planta (cm).....	39
3.3.5.4.2.	Diámetro de tallo central (mm).....	39
3.3.5.4.3.	Cobertura Vegetativa (cm).....	40
3.3.5.5.	Variables de rendimiento.....	41
3.3.5.5.1.	Rendimiento de Semilla por Planta (g/planta).....	41
3.3.5.5.2.	Rendimiento RDTO (kg/ha).....	41
3.3.5.5.3.	Diámetro de grano (mm).....	42
3.3.5.5.4.	Peso de 1000 granos (g).....	42
3.3.5.6.	Variables económicas.....	43
3.3.5.6.1.	Costos variables (Bs).....	43
3.3.5.6.2.	Beneficio bruto (Bs/kg).....	43
3.3.5.6.3.	Beneficio neto (Bs).....	44
3.3.5.6.4.	Beneficio costo B/C.....	44
3.3.5.7.	Análisis de la información.....	44
3.3.5.7.1.	Diseño experimental.....	44
3.3.5.7.2.	Formulación de tratamientos.....	45
3.3.5.7.3.	Croquis del ensayo.....	46
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1.	Registro de información climática.....	48
4.1.1.	Temperaturas.....	48
4.1.2.	Precipitación pluvial.....	49
4.2.	Variables edáficas.....	50

4.2.1.	Análisis físico del suelo.....	50
4.2.1.1.	Textura del suelo	50
4.2.1.2.	Densidad aparente del suelo (Dap).....	51
4.2.2.	Análisis químico del suelo	52
4.2.2.1.	pH del suelo	52
4.2.2.2.	Materia orgánica (%)	53
4.2.2.3.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	54
4.2.2.4.	Conductividad eléctrica (dS/m).....	55
4.2.2.5.	Nitrógeno total en el suelo (%)	56
4.2.2.6.	Potasio intercambiable en el suelo (meq/100g).....	57
4.2.2.7.	Fósforo asimilable en el suelo (ppm)	59
4.3.	Variables agronómicas	60
4.3.1.	Días de emergencia.....	60
4.3.2.	Días de floración	61
4.3.3.	Días de madurez fisiológica	63
4.3.4.	Altura de planta	64
4.3.5.	Diámetro de Tallo Central DTC (mm).....	66
4.3.6.	Cobertura vegetativa (cm ²).....	68
4.3.7.	Diámetro de grano (mm).....	70
4.3.8.	Rendimiento de semilla por planta (g/planta).....	71
4.3.9.	Rendimiento (kg/ha)	73
4.3.10.	Peso de 1000 granos (mg)	75
4.4.	Variables económicas.....	77
5.	CONCLUSIONES	80
6.	RECOMENDACIONES.....	82
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	83

8. ANEXOS92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Densidad aparente del suelo.....	51
Cuadro 2.	Análisis de varianza de días de emergencia.....	60
Cuadro 3.	Análisis de varianza de días a la floración.....	62
Cuadro 4.	Análisis de varianza de madurez fisiológica.....	63
Cuadro 5.	Análisis de varianza de altura de planta.....	65
Cuadro 6.	Análisis de varianza de Diámetro de tallo central.....	67
Cuadro 7.	Análisis de varianza de cobertura vegetal.....	68
Cuadro 8.	Análisis de varianza de Diámetro de tallo central.....	70
Cuadro 9.	Análisis de varianza de rendimiento de semilla por planta.....	72
Cuadro 10.	Análisis de varianza de rendimiento por superficie.....	74
Cuadro 11.	Análisis de varianza de peso de 1000 granos.....	76
Cuadro 12.	Análisis económico de la investigación.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Localización del trabajo de investigación en la comunidad Jancohaque Tana Bajo.....	22
Figura 2.	Croquis del trabajo de investigación en la comunidad Jancohaque Tana Bajo.....	46
Figura 3.	Temperaturas máximas y mínimas.	48
Figura 4.	Comportamiento de las precipitaciones en la región de estudio.	49
Figura 5.	Análisis de la textura del suelo, comunidad Jancohaque Tana Bajo.	50
Figura 6.	Comportamiento del pH del suelo en los periodos de evaluación.....	52
Figura 7.	Comportamiento de la materia orgánica en dos periodos de evaluación.	53
Figura 8.	Comportamiento de la CIC en dos periodos de evaluación.	54
Figura 9.	Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos periodos de evaluación	55
Figura 10.	Comportamiento del Nitrógeno total del suelo en dos periodos de evaluación.....	56
Figura 11.	Comportamiento del contenido de Potasio (K) en dos periodos de evaluación.	58
Figura 12.	Comportamiento del contenido de Fósforo (P) en dos periodos de evaluación.	59
Figura 13.	Comparación de medias de los días de emergencia.....	60
Figura 14.	Comparación de medias de los días de floración.....	62
Figura 15.	Comparación de medias de la madurez fisiológica como efecto de la aplicación de los biofertilizantes.....	64
Figura 16.	Comparación de medias de la altura de planta como efecto de la aplicación de los biofertilizantes.....	65
Figura 17.	Comparación de medias del diámetro de tallo central como efecto de la aplicación de los biofertilizantes.....	67
Figura 18.	Comparación de medias de la cobertura vegetativa.	69

Figura 19.	Comparación de medias del peso de mil granos.....	71
Figura 20.	Comparación de medias de rendimiento de grano por planta.....	72
Figura 21.	Comparación de medias de rendimiento por superficie.	74
Figura 22.	Comparación de medias del peso de 1000 granos	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Contenido de aminoácidos y proteína en los granos andinos.....	93
Anexo 2. Presentación de la investigación a la gerencia de la Fundación PROINPA ...	93
Anexo 3. Resultado del análisis de suelo antes de la siembra.....	94
Anexo 4. Resultado del análisis de suelo del Tratamiento 1.	95
Anexo 5. Resultado del análisis de suelo del Tratamiento 2	96
Anexo 6. Resultado del análisis de suelo del Tratamiento 3	96
Anexo 7. Resultado del análisis de suelo del Tratamiento 4	97
Anexo 8. Resultado del análisis de suelo del Tratamiento 5	98
Anexo 9. Resultado del análisis de suelo del Tratamiento 6	99
Anexo 10. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 1.	101
Anexo 11. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 2.	102
Anexo 12. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 3.	103
Anexo 13. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 4.	104
Anexo 14. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 5.	105
Anexo 15. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 6.	106
Anexo 16. Panorama de la parcela de investigación	107

ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados o Celsius
ANVA	Análisis de varianza
Bs	Bolivianos
<i>Bs</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
Cm	Centímetro
CPU	Central Processing Unit
Dap	Densidad Aparente
DE	Días de Emergencia
ENA	Encuesta Nacional Agropecuario
etc	Etcetera
g	Gramos
GPS	Global Positioning System
ha	Hectárea
Ht	Hematocrito
IBTEN	Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear
kcal	Kilocaloría
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
L	Litros

M	Metro
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
pH	Pondus Hydrogeni (Potencial de Hidrogeniones)
PDM	Plan de Desarrollo Municipal
RDTO	Rendimiento
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
S.R.L.	Sociedad de Responsabilidad Limitada
UPS	Uninterrupted Power System
Mm	Micrómetro
Σ	Sumatoria

RESUMEN

En la región donde se desarrolló la investigación, región donde la población productora de cañahua experimenta problemas con sus cultivos, obteniendo rendimientos bajos particularmente en el caso de la cañahua se determinó el ensayo para proponer una alternativa en beneficio de la problemática actual.

Con el objetivo de identificar rendimientos óptimos en el cultivo de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), se evaluó el efecto de la aplicación de biofertilizante, biofertilizante con *Bacillus subtilis*, vigortop y sus combinaciones entre ellos, más un testigo en la comunidad Jancohaque Tana Bajo del municipio Jesús de Machaca del departamento de La Paz. Los seis tratamientos fueron; T1 (testigo), T2 (biofertilizante), T3 (biofertilizante con *Bacillus subtilis*), T4 (vigortop), T5 (vigortop + biofertilizante) y T6 (vigortop + biofertilizante *Bacillus subtilis*). Los tratamientos fueron distribuidos aleatoriamente en un diseño experimental de bloques completamente al azar considerando un nivel de error de $\alpha=0.05$, se evaluaron diez variables componentes de rendimiento; días de emergencia, días de floración, días de madurez fisiológica, altura de planta, diámetro de tallo central, cobertura vegetativa, diámetro de grano, peso de mil granos y rendimiento de semilla por planta, donde se aplicó un análisis de varianza y pruebas de promedio de Duncan.

Los resultados del análisis de varianza sobre el rendimiento mostraron valores entre 399.63 kg/ha que reporta el tratamiento T1 y 801.51 kg/ha correspondiente al tratamiento T6, por otra parte los tratamientos que superaron el promedio nacional de 627 kg/ha reportado por la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA, 2008), son los tratamientos T6 (801.51 kg/ha), T5 (753.59 kg/ha) y T4 (689.53 kg/ha).

En relación a las variables económicas el T6 obtuvo un resultado óptimo registrando un valor de 1.96 en beneficio costo y el tratamiento T3 el valor mínimo con 1.07 en beneficio costo, aun así aceptable para una producción con esto indicamos que todos los tratamientos superaron la unidad lo que indica que la producción con la aplicación de biofertilizantes y sus combinaciones recupera lo invertido, logra un lucro económico y es recomendable a la población de Jancohaque Tana Bajo del municipio de Jesús de Machaca del departamento de La Paz.

ABSTRACT

In the region where the research was developed, region where the productive cañahua's population experiments problems with the crops, obtaining low performances, particularly in case of the cañahua was determined the essay in order to propose an alternative in benefit of the current issue.

In order to identify optimal yields in the cultivation of cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), it was evaluated the effect of the application from biofert, biofert with *Bacillus subtilis*, vigortop and their combination among them, plus a witness in the community Jancohaque Tana Bajo of the municipally Jesus of Machaca, department of La Paz. The six treatments were: T1 (witness), T2 (biofert), T3 (biofert with *Bacillus subtilis*), T4 (vigortop), T5 (vigortop + biofert) and T6 (vigortop + biofert *Bacillus subtilis*). The treatments were randomly distributed in an experimental design of completely random blocks considering a level of error of $\alpha=0.05$, it was evaluated ten variables of components of performance; days of emergency, flowering days, days of physiological maturity, height of plant, center stem diameter, vegetative cover, grain diameter, weight of thousand grains and seed yield per plant, where an analysis of variance and Duncan's average tests was applied.

The results of analysis of variance on the yield showed values between 399.63 kg/ha that report the treatment T1 and 801.51 kg/ha corresponding to treatment T6, on the other hand, treatments that exceed the national average of 627 kg/ha that was reported for the Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA, 2008), are the treatments T6 (801.51 kg/ha), T5 (753.59 kg/ha) and T4 (689.53 kg/ha).

In the relation to economic variables, T6 obtained an optimal result registering a value of 1.96 in benefit cost and the treatment T3 the minimal value with 1.07 in benefit cost, even so acceptable for a production with the application of bio fertilizers and its combinations recover the reversed, it make and economic profit and is recommendable the region of Jancohaque Tana Bajo of municipality of Jesús de Machaca, department of La Paz.

1. INTRODUCCIÓN

En la región altiplánica del departamento de La Paz, se cultiva especies andinas como la papa, quinua, oca, haba, cañahua entre otros; son especies que a pesar de los factores climáticos adversos y problemática de la baja fertilidad de los suelos logran desarrollar y ofrecer productos andinos característicos a los agricultores de la región. Los factores como heladas, granizo, sequía, mal manejo de los cultivos, fertilidad de suelos, escasas precipitaciones ocasionan pérdidas de consideración en la productividad de estos cultivos y por lo tanto afecta a los ingresos, que son considerados bajos para las familias productoras y como consecuencia de ello suceden migraciones a las ciudades ya sean temporales o definitivas.

Entre estos cultivos mencionados, la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una especie que puede llegar a sobrevivir a condiciones extremas de clima; sin embargo, no se produce de forma extensiva, por falta de conocimiento del manejo, su agronomía y tecnologías para una buena producción del mismo. Otro factor importante es baja fertilidad de los suelos que presentan las zonas donde produce cañahua, en estas condiciones climáticas y suelos pocos fértiles el cultivo no puede ofrecer una producción de rendimientos aceptables para mejorar la economía de las familias productoras de cañahua.

Así mismo, en el municipio de Jesús de Machaca, lugar donde se realizó el presente trabajo de investigación, se evidencia que la baja producción de cañahua es consecuencia de la problemática de los suelos que presenta la zona, falta de tecnologías para mejorar su producción, problemas climáticos, presencia de plagas, ausencia de proyectos de riego, los cuales se deben revertir generando de manera participativa alternativas como el uso de biofertilizantes de naturaleza orgánica (bioinsumos) que mejore el rendimiento del cultivo, sin hacer uso de fertilizantes inorgánicos incrementan los costos de producción y un dañan el medio ambiente.

Luego de la revisión de información secundaria se puso en evidencia que hay poca información respecto al tema de investigación, sin embargo hay referencias que indican que con la aplicación de biofertilizantes orgánicos, se pueden obtener mejores rendimientos de grano de cañahua, respecto a solo producir cañahua en suelos sin aplicación de ningún tipo de biofertilizantes, sin embargo la información de dicha

investigación también nos menciona que aplicando biofertilizantes no genera una influencia en el desarrollo fenológico del cultivo (Ticona, 2011).

1.1. Justificación

Los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA, 2008), hace referencia a datos de rendimiento del cultivo de cañahua en Bolivia con 627 kg/ha y más específicamente en el departamento de La Paz es de 711 kg/ha, datos que no son tan alentadores para los hermanos productores, ya que los costos de producción son desfavorables y el deseo de los agricultores es obtener mejores ingresos económicos originado por la producción del cultivo de cañahua para la sostenibilidad de sus familias.

La problemática de estos bajos rendimientos es consecuencia de los factores mencionados en acápite anteriores, esto nos llevó a generar esta investigación y alternativas sostenibles para que los productores puedan obtener más ingresos cultivando cañahua y empleando las técnicas de uso de biofertilizantes, ya que estas son técnicas aceptadas por los hermanos productores y no son dañinos para la salud de las personas ni provoca efectos degradantes en el medio ambiente.

Los mercado nacional e internacional se tornan favorables para la comercialización de la cañahua debido a que se está redescubriendo el valor nutricional que tiene este grano respecto a otros granos andinos, los datos los podemos observar en el Anexo 1, eso generó el interés de los agricultores en ampliar mayores superficies productivas de cañahua, incentivar la producción a nuevos agricultores a este rubro y un interés más elevado del consumo de cañahua por la población, razones por la cuales los agricultores están dispuestos a invertir más en este cultivo e incrementar su producción, en consecuencia esto genera demanda de tecnología, manejo adecuado del cultivo y apoyo técnico.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la aplicación de biofertilizantes al cultivo de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en el municipio Jesús de Machaca de la provincia Ingavi del departamento de La Paz.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de cañahua, con la aplicación de biofertilizantes.
- Determinar el efecto de la aplicación de biofertilizantes, sobre el rendimiento del cultivo de la cañahua.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio.

1.3. Hipótesis

Ho: No existe diferencias significativas en el rendimiento y el comportamiento agronómico de cañahua a causa del efecto de la aplicación de Biofertilizantes orgánicos en el municipio Jesús de Machaca de la provincia Ingavi del departamento de La Paz.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen del cultivo de la cañahua

La cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una especie originaria del altiplano de Bolivia y Perú. Los principales lugares de cultivo se ubican en la cuenca del lago Titicaca donde tiene importancia en la alimentación de las familias por la alta calidad de sus granos (Pinto y Rojas, 2017).

Cano (1973), menciona que la forma silvestre del cultivo de la cañahua se encuentran en inmediaciones del lago Titicaca lo que indica que el lugar de origen de esta Quenopodiácea es el altiplano Peruano-Boliviano.

La cañahua es una especie originaria de la zona circundante al Lago Titicaca, compartida entre Perú y Bolivia. Fue ampliamente conocida y cultivada durante el imperio incaico, particularmente por la cultura Tiahuanacota, pero se empezó a relegar desde la Colonia hasta quedar hoy prácticamente en vía de extinción (IPGRI *et al.*, 2005).

2.2. Importancia de la cañahua

Soto y Carrasco (2008), mencionan que la cañahua es conocida como una de las plantas con más alto valor nutritivo, por su contenido de proteínas, carbohidratos, aceite vegetal, y minerales. El contenido de proteína no solo es alto, si no que esta es de alto valor biológico (de fácil asimilación por el cuerpo) y esto es debido a un óptimo balance de aminoácidos esenciales como la lisina y la metionina.

Los granos de cañahua fueron siempre reconocidos como un alimento energético y tuvieron un rol muy importante en la alimentación del poblador andino desde hace miles de años. Actualmente motivados por los resultados de investigaciones sobre sus excelentes cualidades nutritivas, se ha incrementado el interés por este grano Alto Andino; pequeño por su tamaño y gigante por su valor nutritivo (Kent, 1983).

La cañahua es útil como alimento y medicina. Los granos tienen un elevado contenido de proteína (14 – 19%) y una importante proporción de aminoácidos azufrados. Tienen un buen volumen de fibra dietética y propiedades restauradoras del sistema inmunológico, constituyéndose en una alternativa para rehabilitar niños desnutridos (IPGRI *et al.*, 2005).

Cuba (2005), menciona que el alto valor nutritivo que ofrece la cañahua esta dado principalmente por la apreciable cantidad de proteína (18.8%), que son tan necesarias para el crecimiento y formación del cuerpo humano. Este grano Andino posee cualidades nutritivas especiales que destaca sobre los cereales como el arroz, maíz, trigo.

2.3. Clasificación taxonómica

Apaza (2010) hace referencia que en 1929, el botánico suizo Paúl Aellen, creó la denominación *Chenopodium pallidicaule* Aellen, para nombrar a esta especie; utilizándose indistintamente el nombre de kañiwa o cañahua relacionadas con el origen del vocablo. Kañiwa es propia de las regiones con idioma quechua y cañahua de la población aimara.

La taxonomía de la cañahua según Engler's (1964) citado por Calle (1980) es la siguiente:

Reino: Vegetal, Eucarionta
 Subreino: Embriobionta
 División: Angiospermae
 Clase: Dicotyledoneae
 Sub - clase: Archichlamydeae
 Orden: Centrospermae
 Sub - orden: Chenopodinae
 Familia: Chenopodiaceae
 Género: *Chenopodium*
 Especie: *pallidicaule*
 Nombre común: Cañahua, Kañiwa, ayara.

2.4. Botánica del cultivo de cañahua

2.4.1. Características morfológicas

Calle (1980), menciona que la cañahua es una planta herbácea, anual, con los tallos superiores, hojas, flores y frutos cubiertos densamente por pelos vesiculosos que le dan apariencia cenicienta. Planta herbácea, ramificada desde la base, altura de 50 a 60 cm, período vegetativo entre 140 y 150 días. A su vez Apaza (2010) argumenta que el color de la planta (tallos y hojas) cambia según el ecotipo en la fase fenológica de grano pastoso; de verde a: anaranjado, amarillo claro, rosado claro, rosado oscuro, rojo y púrpura

2.4.2. Raíz

Tambo (2004), menciona que la raíz de la cañahua presenta una raíz principal pivotante de forma cónica de coloración blanquecina a crema, que alcanza de 15 a 30 cm pudiendo alcanzar mayor profundidad de acuerdo a la humedad del suelo.

Apaza (2010), menciona que la raíz de la cañahua es pivotante, relativamente profunda de 13 a 16 cm, con escasa ramificación principal y numerosas raicillas laterales, varían del color blanco al rosado pálido.

Cano (1973), argumenta que el cultivo de la cañahua posee una raíz principal pivotante que alcanza normalmente profundidades de 15 a 30 cm. pudiendo sobrepasar estas dimensiones cuando la humedad en el suelo está a buena profundidad. Los diámetros de las raicillas laterales son muy delgadas; de forma más o menos cónica con coloración ligeramente blanquecina o crema.

2.4.3. Tallo

Calle (1980) citado por Quispe (2007), menciona que el tallo de la cañahua es cilíndrico, con estrías de color morado, rosado, amarillo y anaranjado, presenta numerosas ramificaciones las cuales fluctúan de 2 a 12 con promedio de 5 ramas por planta, lo cual da una apariencia de ser abierta a diferente a la quinua.

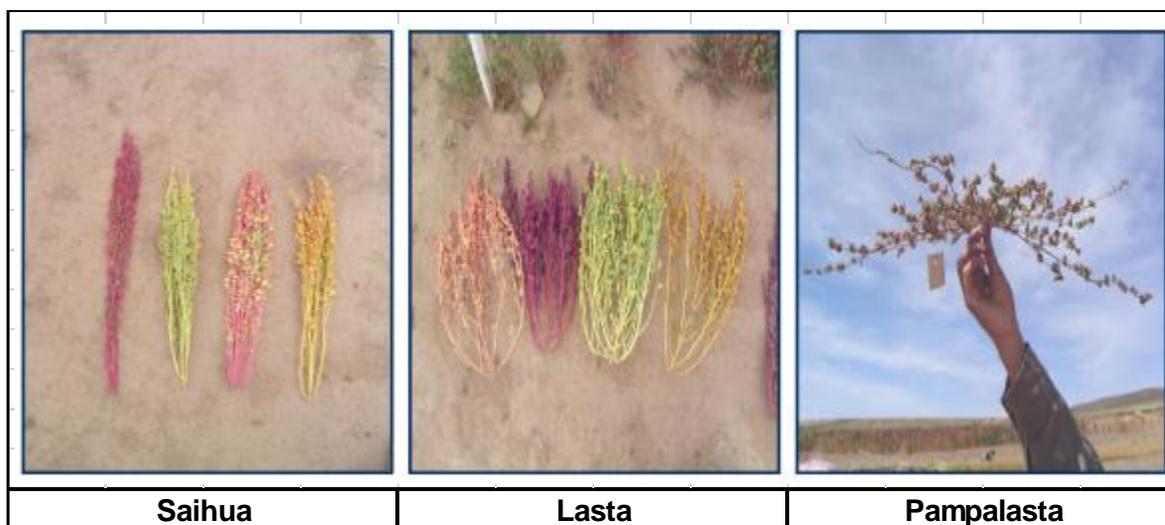
La Fuente (1980), sostiene que el tallo es de forma cilíndrica, estriado, hueco, nudoso y de color variable. Adquiere un color verde cuando está en estado tierno hasta amarillo, rojo y púrpura al madurar la planta, ramoso en la parte superior. La especie se denominó pallidicaule por el color amarillo del tallo.

Cano (1973), indica que el tallo de esta especie presenta estrías, su coloración varía desde amarillento hasta morado oscuro, glabrescente, siendo una característica bastante notoria la presencia de gran cantidad de tallos secundarios que emerge del tallo principal a escasa altura del suelo, especialmente en las cañahuas con hábito de crecimiento "Lastas" lo que le da una apariencia de ser abierta, totalmente diferente a la quinua.

2.4.4. Hábito de crecimiento

Según IPGRI *et al.* (2005), por su hábito de crecimiento la cañahua se clasifica en;

- Saihuas: plantas erectas que presentan escasa ramificaciones.
- Lastas: plantas con ramificaciones numerosas que se inician desde el cuello de la planta.
- Postradas: llamadas también pampalastas plantas con tallos postrados donde sus extremos son erguidos.



Fuente: Quispe (2007).

2.4.5. Hojas

Por su parte Flores (2010) cita a Calle (1980), indicando que las hojas de esta especie son alternas y diformas en las ramas, las hojas terminales son sésiles, angostas, ovadas de láminas gruesas; mientras las hojas centrales y basales son pecioladas de ápice obtuso, trinervadas, y al alcanzar la madurez fisiológica se tornan de colores amarillo, morado, rosado, y anaranjado debido a los pigmentos de antocianina y xantofilas que adquieren los diversos ecotipos.

Apaza (2005) citado por Paucara (2016), menciona que mediante un estudio morfológico realizado en la cañahua, se pudo evidenciar que las hojas apicales son sésiles y las hojas basales son pecioladas, la forma del limbo es romboidal, nervadura pinnantinervada, apice agudo, base obtusa y un borde pinnatilobulada con tres lóbulos.

2.4.6. Inflorescencia

Cano (1973), menciona que la inflorescencia de esta especie se presentan en cimas unilaterales y axilares de las ramas ocultas por el follaje. Las inflorescencias albergan tres clases de flores que son: Hermafroditas, femeninas y andro - estériles distribuidas en forma irregular en toda la inflorescencia y solamente la flor hermafrodita presenta tres estambres que está presente en la parte apical de la inflorescencia, cada inflorescencia contiene en promedio 20 flores de las cuales 80% son flores que tienen estambres.

Apaza (2010), aporta que las inflorescencias del cultivo de la cañahua son glomérulos inconspicuos, cimosas axilares o terminales, cubiertas por hojas terminales que las protegen de las temperaturas bajas.

2.4.7. Flores

Mamani (2017), menciona que las flores de la cañahua monocíclicas (hermafrodita) de autopolinización, por la inserción de los verticilos florales son flores hipóginas con perianto haploclamídeos, lo que caracteriza la estructura floral y son de tamaño pequeño protegidos por hipsófilos naviformes de consistencia coriáceos cuando están secos y húmedos suaves como el paño.

Las flores de ésta especie son hermafroditas o estaminadas muy pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro; así mismo sesiles. El perigonio, está compuesto de cinco partes, los estambres son generalmente 1 a 3 unidades con un estaminodio minúsculo. El gineceo está formado por el pistilo, superado por el periantio esférico y terminado en dos ramas estigmaticas apicales, generalmente soldadas en su base (Tapia, 1979).

Cano (1973), indica que las flores de la cañahua son sésiles cuando empiezan a florecer y con presencia de pedicelo bastante notorio después de producirse la fecundación, llegando a ser más pronunciado a medida que van madurando los frutos.

2.4.8. Fruto

Es un aquenio de tamaño muy pequeño cubierto por el perigonio generalmente de color gris, la semilla tiene un color negro o castaño con un diámetro de 1- 2 mm ligeramente comprimidos y su embrión tiene la forma periforme y curvo (Olivera, 1997).

Lescano (1994), manifiesta que el color de la semilla, corresponde al color de la cobertura del grano; los frutos se desprenden como tales y hay que frotar al frágil pericarpio para encontrar las coberturas subyacentes del grano.

A su vez, Tapia (1990), menciona que el fruto de la cañahua está cubierto por el perigonio y su color es generalmente gris. El pericarpio es muy fino y translucido, la semilla es de forma lenticular de 1 a 1.2 mm de diámetro y de color castaño o negro con el epispermo muy fino.

Apaza (2010), aporta mencionando que el grano no contiene saponina, es de forma subcilíndrico, cónico, sublenticular, subcónico y subelipsoidal de 1.0 a 1.2 mm de diámetro, el embrión es curvo y periforme, el epispermo muy fino y puntiagudo de color negro, castaño o castaño claro. El fruto está cubierto por el perigonio de color generalmente gris de pericarpio muy fino y translúcido. Las semillas no presentan dormancia y pueden germinar sobre la propia planta al tener humedad suficiente.

2.4.9. Semilla

Calle (1980), menciona que la semilla exteriormente está cubierto por una por una capa externa del tegumento llamado episperma de colores: negro, café y café claro.

Al respecto Mamani (2017), indica que la semilla tiene aproximadamente 1 mm de diámetro sin perigonio y con perigonio algo más, muestra una estructura rugosa. La tonalidad de coloración es bastante variable y no necesariamente está definido por la coloración de las plantas.

2.5. Características fisiológicas

2.5.1. Fenología del cultivo de la cañahua

Según Lescano (1994), en el cultivo de cañahua se observa las siguientes fases fenológicas:

- Emergencia.- Es la aparición de los cotiledones sobre la superficie del suelo.

- Hojas verdaderas.- Fase donde se inicia el crecimiento de la planta con la aparición de las primeras dos hojas verdaderas; estas son las encargadas de realizar la fotosíntesis.
- Ramificación.- En esta fase se observa el desarrollo de las ramas secundarias.
- Formación de inflorescencia.- Se observa la aparición de las primeras inflorescencias en la rama principal de la planta.
- Floración.- Es cuando se observa el 50% de la apertura de las flores. La duración de la floración por inflorescencia es de 9 a 14 días, siendo la apertura de la flor de 3 a 7 días.
- Grano lechoso.- En esta fase los granos al ser presionados entre las uñas dejan escapar un líquido lechoso.
- Grano pastoso.- Los granos al ser presionados entre las uñas, muestran una característica pastosa de color blanco.
- Madurez fisiológica.- Es cuando al ser presionado el grano entre las uñas presenta resistencia, además los granos han acumulado un máximo de materia seca y tamaño.

2.5.2. Ciclo vegetativo del cultivo

Mamani (1994), indica que en el altiplano boliviano el cultivar lasta y saihua alcanzó la madurez fisiológica a los 150 a 160 días; al respecto Arteaga (1996), indica que el ciclo vegetativo de los ecotipos saihuas es de 125 a 137 días y de los ecotipos lastas de 101 a 140 días, diferencias que se pueden atribuir a las condiciones edafoclimáticas de cada región y a la época de siembra.

Por su parte León (1964), citado por Aro (2015), menciona que el ciclo vegetativo del cultivo de cañahua varía según la localidad, en Puno a 3820 m.s.n.m. las plantas alcanzan la madurez fisiológica de 148 a 159 días.

2.6. Cañahua variedad Illimani

Pinto *et al.* (2008), mencionan que la variedad corresponde a la accesión 081 de la colección boliviana de germoplasma de cañahua y es originaria de la localidad de Patacamaya ubicada en la provincia Aroma del departamento de La Paz. La obtención de la variedad se realizó en base a evaluaciones preliminares (2000-2002), que se realizaron con la colección de germoplasma, para esto se han identificado accesiones promisorias

desde el punto de vista del potencias productivo y características de grano y evaluaciones participativas 2002-2006 en el altiplano Norte, Altiplano Centro y Zona alta de Cochabamba.

Al respecto Pinto y Rojas (2013), indican que la variedad Illimani se destaca por el color rosado anaranjado de sus plantas en la madurez fisiológica, colorido atractivo en el campo; su ciclo fenológico semiprecoz (160 días), que puede ser una alternativa para encarar trabajos de adaptación al cambio climático.



Foto 1. Cañahua variedad Illimani

2.6.1. Características morfológicas

El hábito de crecimiento de crecimiento es de tipo lasta, el color de planta es verde en floración y rosado-anaranjado en la madurez, el color de tallo es rosado amarillento, las hojas son de color verdes en floración y rosado anaranjado en la madurez, la inflorescencia es blanquecina, muestra un aspecto vigoroso, con ramificaciones basales que alcanzan la altura máxima de la planta. La altura de la planta de esta variedad es de 54 centímetros en promedio y su cobertura vegetal abarca 34 centímetros en promedio. (Pinto *et al.*, 2008).

2.6.2. Características Agronómicas

El ciclo de la variedad Illimani es semiprecoz, que alcanza 160 días para llegar a la madurez fisiológica, tiene un rendimiento potencial 1500 a 2000 kg/ha, teniendo un rendimiento promedio de 800 Kg/ha. Es medianamente resistente al granizo y resistencia a las heladas. Su estabilidad genética es estable para caracteres agronómicos y morfológicos, dependiendo del manejo se puede presentar un bajo porcentaje de segregación natural a plantas amarillas y rojas. (Pinto *et al.*, 2008).

2.6.3. Características de grano

Color de grano con perigonio	:	Blanquecino-plomizo
Color de grano sin perigonio	:	Café oscuro
Tamaño	:	Grande
Diámetro	:	1,2 milímetros
Espesor	:	0,7 milímetros
Presencia de saponina	:	Ausente
Grano de primera clase	:	85%
Aceptación comercial	:	Muy bueno (Pinto <i>et al.</i> , 2008).

2.6.4. Valor nutritivo

Humedad	:	11,51%
Fibra cruda	:	6,11%
Grasa	:	8,44%
Cenizas	:	3,77%
Proteína	:	16,67%
Hidratos de carbono	:	53,50%
Energía	:	351,05 Kcal/100 gr (Pinto <i>et al.</i> , 2008).

2.7. Manejo del cultivo

2.7.1. Preparación del terreno

Alanoca *et al.* (2008), indican que en el Altiplano, la siembra se realiza en terrenos qhanona (terreno donde se ha sembrado papa antes), callpa (terreno de tercer año de

cultivo) y puruma (terrenos descansados), en cualquiera de los casos es recomendable que el terreno sea plano porque ayuda a mantener la humedad, cuando el terreno es qhanona o callpa se debe remover el suelo en las primeras lluvias del año agrícola (septiembre, octubre), esta labor se realiza con yunta (arado de palo jalado por vacas), si es puruma se debe remover el suelo en las últimas lluvias del año (marzo, abril).

El suelo para el cultivo de la cañahua no necesita una preparación especial, pero al mismo tiempo se constituye en una labor indispensable si tomamos en consideración que la cañahua es un cultivo que se quiere producir en grandes extensiones, se puede emplear arado, rastra y surcadora, implementos que están al alcance del agricultor. La cañahua por poseer un grano muy pequeño (1.0 a 1.2 mm de diámetro), requiere un buen desterronado, nivelación de la tierra para una uniforme germinación y emergencia de plántulas (Apaza, 2010).

Al respecto Cano (1973), cita que cuando la siembra se efectúa después del cultivo de la papa, la preparación del terreno se reduce solamente a una pasada cruzada con arado y su desterrone. Siendo el sistema aconsejable realizar dos araduras, una de ellas con anterioridad a la siembra y la otra en el momento de la siembra, seguidas de sus respectivas rastreadas de preferencia en forma cruzada. Se recomienda que el terreno debe estar bien mullido a fin de proveer a la cañahua la humedad, abrigo y oxigenación, necesarias para favorecer considerablemente la germinación; es preferible preparar el terreno a más de 20 cm. de profundidad.

2.7.2. Siembra

Alanoca *et al.* (2008), menciona que para la siembra del cultivo de la cañahua se debe considerar los siguientes aspectos: se debe usar buena semilla de buen tamaño, el periodo de siembra es entre los meses de octubre y noviembre dependiendo de las lluvias puede variar el periodo de siembra, la forma recomendada de sembrar es en surcos con una distancia de 40 a 50 cm y la densidad de siembra es de 8 a 10 kg/ha.

Al respecto Canno (1973), menciona que se puede sembrar al voleo o en líneas, siendo lo más recomendable la siembra en surcos, porque ofrece ventajas tales como la uniformidad, germinación uniforme, economía de semilla y facilidad para realizar las

labores culturales. El distanciamiento adecuado es de 30 cm. para cañahuas de tipo Saihuas y 40 cm. para tipos Lastas. La densidad de siembra varia de 4kg/ha a 10kg/ha.

Según Apaza (2010), menciona que el cultivo se desarrolla exclusivamente en condiciones de secano, la época de siembra varía de acuerdo a la comunidad campesina en la cual se cultiva la especie y va generalmente de octubre a mediados de noviembre. Para la siembra en surcos se requiere 8 kg de semilla por hectárea, se siembra a chorro continuo en surcos distanciados a 0.50 m.

2.7.3. Fertilización

En muchas comunidades no se acostumbra a incorporar guano en terrenos donde se produjeron papa, porque se aprovecha el guano que se colocó el año anterior para el cultivo. En el caso de los terrenos purumas se recomienda incorporar guano de oveja o de vaca durante la preparación del terreno, esparciendo uniformemente guano sobre toda la parcela (Alanoca *et al.*, 2008).

Tapia (2000), citado por Flores (2007), menciona que al igual que la quinua, la cañahua responde a la fertilización nitrogenada y fosfatada. Las fertilizaciones altas de nitrógeno y fosforo (120-60) elevan la producción a 2400 Kg/ha de grano.

2.7.4. Labores culturales

a) Raleos

Según Cano (1973), indica que al raleo se le conoce también con el nombre de “desahije” o “entresaque”, es una práctica que consiste en eliminar plantas cuando el cultivo es muy denso, para evitar la competencia tanto en elementos nutritivos como en el aprovechamiento de los rayos solares. Con esta labor se puede realizar una verdadera selección, dejando las plantas más vigorosas y eliminando las enfermas, mal conformadas o que no presentan las características de la variedad cultivada. Esta práctica puede ser efectuada perfectamente bien en forma manual, cuando las plantas hayan alcanzado una altura de 15 a 20 cm.

b) Deshierbes

Cuando las plantas de cañahua están empezando a crecer son invadidas rápidamente por hierbas o maleza, como la cebadilla, mostaza, bolsabolsa, kuti-kuti, almisqui y otras. Estas hierbas compiten con la cañahua por los alimentos del suelo, la luz y el agua, principalmente cuando hay bastante maleza. Se aconseja realizar el deshierbe cuando el suelo esté húmedo (época de lluvia de diciembre a febrero). Mientras más rápido se deshierbe es mejor, porque evita la competencia de las malezas con la cañahua (Flores, *et al.*, 2008).

c) Plagas y enfermedades

Flores *et al.* (2008), mencionan que la presencia de plagas y enfermedades en el cultivo de la cañahua afecta a que se obtenga mayor producción. Cuando las condiciones ambientales favorecen a la presencia de insectos (por ejemplo, después de un periodo de lluvias, hace bastante calor), en el cultivo de la cañahua es posible observar pulgones y kconas, con respecto de enfermedades puede ser afectado por el mildiu.

En cuanto a la sanidad, la planta de la cañahua es resistente a plagas y enfermedades (posiblemente debido al ambiente donde ésta se desarrolla). Sin embargo ocasionalmente puede sufrir ataques de mildiu y de Q'hona q'hona, en la etapa de floración y formación de grano respectivamente; en las hojas de las plantas se presentan lesiones con manchas irregulares en el haz y en el envés similares al mildiu de la quinua (Apaza, 2010).

2.7.5. Cosecha

Por su parte Mamani *et al.* (2008), sostiene que la cosecha de la cañahua es la labor más delicada del cultivo porque las plantas derraman el grano cuando alcanzan su madurez y disminuye la producción. A mayor cuidado que se tenga en esta labor se reducirá la merma y mejorará la calidad de nuestro producto. La cañahua está lista para cosechar cuando la mayoría (70 a 80%) de las plantas de la parcela cambian de color y cuando las plantas derraman los granos al suelo, como señales de que están maduras.

Según Cano (1979) menciona que para realizar la cosecha de la cañahua es fundamental determinar el momento oportuno, lo que puede determinar cuándo las plantas, especialmente el follaje y el tallo, hayan cambiado en forma total la coloración característica propio del ecotipo cultivado. Además los granos deben ofrecer una cierta

dureza, la que se puede determinar perfectamente bien presionado el grano con la uña, pues este no debe deshacerse fácilmente. Otro factor que se debe tomar en cuenta es de cosechar antes de que se produzca mayores pérdidas por desgrane y esto ocurre cuando las plantas han sobrepasado la madurez óptima para la cosecha.

2.7.6. Poscosecha

a) Trilla

Tradicionalmente se acostumbra primero a preparar una piraña (arco) preferentemente en el medio de la parcela, para evitar pérdida de grano en el traslado a otros angares para ello en el lugar elegido se debe dar condiciones. Una vez trasladadas las plantas de cañahua estas se deben frotar con las manos para obtener los primeros granos (semilla) posteriormente se debe hacer secar durante 3 a 7 días, esta práctica favorece al aereado de los granos que no lograron separarse de la planta durante el frotado, al mismo tiempo no se dañaran ni se podrirán con la humedad y no existirá pérdida por derramamiento (Mamani *et al.*, 2008).

Según Apaza (2010), menciona que la trilla manual es una práctica aún vigente, se realiza golpeando las plantas amontonado en mantas con palos especiales, sacudiendo luego para separar el grano de la broza. Para esta labor la humedad del grano puede variar entre 12 y 14%.

b) Venteo

Mamani (2008), menciona que el venteo se debe realizar preferentemente en las tardes aprovechando la presencia del viento, para esto se recomienda utilizar un bañador donde se introduce el grano y se va echando sobre una lona a una altura de un metro, dependiendo del viento, esta labor permitirá separar el grano del jipi (resto de tallos y hojas) a medida que vaya cayendo.

Luego de la trilla es necesario separar los granos de las impurezas mediante el “venteo” consiguiéndose con esta práctica la primera selección de calidad; el residuo de esta operación se denomina “jipi” (Cano, 1979).

En vista que la cañahua trillada en forma manual contiene impurezas (hojas, tallos), se hace necesario el venteo del grano, aprovechando las corrientes naturales de aire, con

ayuda de tamices de 3 mm; para la clasificación de granos, se realiza con un tamiz de 850 micras; la clasificación de granos por tamaño no se realiza. Este método es utilizado por pequeños productores, cuya producción se destina en su mayoría para autoconsumo (Apaza, 2010).

c) Almacenamiento

Tiene el objeto de guardar los granos de cañahua en los locales adecuados, para mantener sus características comerciales (especialmente su calidad). Estos almacenes deben estar bien contruidos, con bastante ventilación, secos, con buenos pisos, sin fisuras así como las paredes, para que no ofrezcan ningún refugio a las plagas y enfermedades. También es necesario tomar en cuenta que el grano debe estar seco, lo que se logra generalmente haciendo secar los granos en el sol antes de almacenar (Cano, 1979).

2.8. Biofertilizantes en la agricultura

El empleo de biofertilizantes (conocidos también en sentido amplio como bioinoculantes o inoculantes microbianos) para aumentar la productividad de los cultivos está considerado como una de las contribuciones más importantes de la biotecnología y de la microbiología a la agricultura moderna. Los biofertilizantes constituyen una alternativa viable para reducir los costos de producción y el impacto ambiental asociado a la fertilización química. Esta tecnología permite incrementar el valor agregado y rendimiento de los cultivos de 17% a 50%, mejorando la fertilidad del suelo y reduciendo las poblaciones de microorganismos nocivos para los cultivos. Dentro del contexto de agricultura sostenible, la inoculación de plantas con microorganismos que reducen la incidencia de enfermedades y reducen la dependencia de agroquímicos es una alternativa de agroquímicos es una alternativa de biotecnológica real y particularmente atractiva para incrementar la productividad de los cultivos (Aguado, 2012).

Al respecto Soroa (2003), menciona que el uso de biofertilizantes, constituye una alternativa promisoría dentro de la agricultura sostenible o de pocos insumos, debido no solo a su bajo costo de producción, sino también a su factibilidad desde el punto de vista ecológico, siendo escasos los trabajos investigativos relacionados con el uso de estos.

2.8.1. Obtención de biofertilizantes artesanales con microorganismos

Se iniciaron investigaciones haciendo prospecciones en la microbiología del suelo, para lo cual se muestrearon suelos de la rizósfera de las plantas de quinua. Se aislaron cerca de 50 microorganismos, entre los cuales se obtuvieron hongos del género *Trichoderma*, *Beauveris* y *Metarizium*; y las bacterias del género *Bacillus*, *Azotobacter* y *Azospirillum*. Luego estos fueron evaluados en el laboratorio usando medios específicos para encontrar su actividad funcional con la planta, utilizándose cultivos para fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosforo y promotoras de crecimiento. Se utilizó como estudio de caso a la bacteria *B. subtilis*, de la cual se presentó las pruebas de invernadero, campo, posteriormente la manera de su producción masiva, formulación y obtención de un Biofertilizante. Asimismo, se indica como progresivamente se fue utilizando y evaluando con productores del altiplano (Ortuño et. al., 2006).

2.8.2. Biofert

El biofert es un biofertilizante sólido, bioabono de fondo, de aplicación al aporque o a la siembra, en base a microorganismos benéficos nativos, con excelentes resultados en varios cultivos como papa, quinua, amaranto, hortalizas (cebolla, tomate, repollo) y plantas ornamentales. Este producto es enriquecido con fuente de nitrógeno e incrementa la actividad microbiana de la estructura del suelo. Por su contenido de Nitrógeno, puede ser utilizado como alternativa al uso de fertilizantes nitrogenados sintético, en forma parcial. Las micorrizas del producto hacen más eficientes la asimilación de Fosforo y agua, y mejoran la estructura del suelo (Ortuño et al., 2009).

2.8.3. Biofert con *Bacillus subtilis* (Bs)

Es un biofertilizante y promotor de crecimiento enriquecido con nitrógeno, incrementa la población benéfica de microorganismos en el suelo, estimula las raíces, ayuda a la planta a resistir condiciones extremas haciendo eficiente la asimilación de nutrientes en general. La composición de este biofertilizante es; *Bacillus subtilis* (4×10^9 esporas/g), *Glomus fasciculatum* (30 esporas/g) y harina-S (12% N) más humus (Ortuño et al., 2009).

El *Bacillus subtilis*, es un microorganismo autóctono del suelo que prospera en la naturaleza, donde se encuentra ampliamente distribuido en muy diversos hábitat y los cuales ha colonizado eficientemente debido a sus cualidades, entre las cuales podemos

mencionar; el tener un programa genético que le permite formar esporas, crecer en un amplio rango de temperaturas, la capacidad de moverse, mostrar velocidades de crecimiento altas, producir enzimas hidrolíticas extracelulares y una variedad de antibióticos (Espinoza, 2005).

EcoCampo (2007), menciona que *Bacillus subtilis* es una bacteria enemiga natural de muchas enfermedades fúngicas (*Oídium*, *Stemphiliium*, *Mildiu*, *Botrytis*, *Alternaria sp*, *Colletotrichum*, *Rhizoctonia* *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*). Posee una habilidad especial para colonizar las raíces de las plantas, no dejando nicho ecológico a otros hongos patógenos que intenten infectar la raíz, actúa como bioestimulante del crecimiento radicular, pues promueve un desarrollo de raíces más fuertes y sanas debido a la secreción de fitohormonas, lo que permite, debido al incremento de masa radicular, una mejor asimilación de nutrientes y toma de humedad por la planta. Además tiene excelentes características medioambientales, pues tiene toxicidad nula para animales superiores, es inocuo para el hombre, animales, artrópodos útiles, abejas, abejorros y no es posible la contaminación del agua.

2.8.4. Vigortop

Vigortop es un bioestimulante y promotor de crecimiento. Promueve el crecimiento y el incremento de follaje en las plantas. Es un vigorizante que disminuye la caída de flores y estimula el cuajado de frutos, incrementando el rendimiento de los cultivos. Estimula el crecimiento de plantas afectado por las heladas y sequias (Biotop SRL, 2012).

Vigortop es un abono líquido que está compuesto por ácidos orgánicos (húmicos y fúlvicos) extraídos del humus de lombriz e ingredientes complementarios ricos en fitohormonas obtenidas del marat (*Moringa olerifera*) complementada con brasinoloides, una de sus principales características es de promover el crecimiento, el aumento y fortalecimiento de la raíz, el follaje y mejora la tasa fotosintética. El modo de acción consiste en atrapar los micronutrientes disponibles en el medio (efecto de quelatos), estabiliza el pH (efecto tampón) y genera condiciones para el crecimiento de microorganismos (Ortuño *et al.*, 2009).

2.9. Análisis de la información

2.9.1. Análisis estadístico

a) Análisis de varianza

Según Ochoa (2009), menciona que es una técnica estadística que sirve para analizar la variación total de los resultados experimentales de un diseño en particular, descomponiéndolo en fuentes de variación independientes atribuibles a cada uno de los efectos en que constituye el diseño experimental. Esta técnica tiene como objetivo identificar la importancia de los diferentes factores o tratamientos en estudio y determinar cómo interactúan entre sí.

b) Diseños bloques completos al azar

Esta distribución de los tratamientos es la de mayor uso en el diseño de experimentos se lo usa cuando es posible agru par las unidades experimentales en estratos o en grupos uniformes (Bloques), de tal manera que la variabilidad entre unidades experimentales sea alta (Ochoa, 2009).

c) Prueba de medias

El proceso de toda investigación en el que se realiza el análisis de varianza de un experimento en particular es el denominar el efecto de los tratamientos en estudio, haciéndose uso para ello de la prueba F el cual indicará si los efectos de todos los tratamientos son iguales o diferentes; en el caso de rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna de que los tratamientos no tienen el mismo efecto o al menos uno de ellos es diferente, se hace necesario el determinar cuál o cuáles tratamientos o en su caso iguales (Ochoa, 2009).

2.9.2. Análisis económico

a) Costo variable

Según Cusi (2014), indica que el costo variable es el costo que varía con el nivel de producción, el cual comienza siendo cero cuando la producción es cero y crece en relación con la cantidad producida.

b) Beneficio neto

El beneficio neto es un indicador de eficiencia económica mucho más exacta que las medidas ya citadas. El beneficio neto estima el beneficio que es percibido del negocio después de pagar todos los costos de operación. Este indicador representa un índice de la eficiencia económica que permite una serie de comparaciones validas entre diferentes fincas y diversos sistemas (FAO, 1997).

c) Beneficio costo

El análisis beneficio costo es uno de los principales instrumentos para medir la eficiencia de la inversiones, este cuantifica los costos y beneficios previstos en un proyecto con el fin de compararlos y valorar si los beneficios compensan los costos. Este análisis contempla una serie de cálculos que derivan en flujos económicos o financieros netos incrementales, sobre los cuales se estiman indicadores de factibilidad económica o financiera de una inversión (FAO, 1997).

Riquelme (2011), indica que se obtiene dividiendo el valor actual de los beneficios del flujo proyectado, por el valor actual de los costos. Este valor con proyecto debe ser mayor que la unidad, en caso de ser menor, significa que los beneficios son menores económicos netos incrementales, es decir del incremento que se obtendrá del proyecto.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Jancohaque Tana Bajo perteneciente al Municipio de Jesús de Machaca de la provincia Ingavi del departamento de La Paz. Esta comunidad se ubica en el Altiplano Norte de Bolivia a 120 km de la ciudad de La Paz. El área de la investigación se encuentra localizado a una altura promedio de 3862 msnm, y geográficamente está situada a 16°44'32" Latitud Sur y 68°56'15" Longitud Oeste (Figura 1).

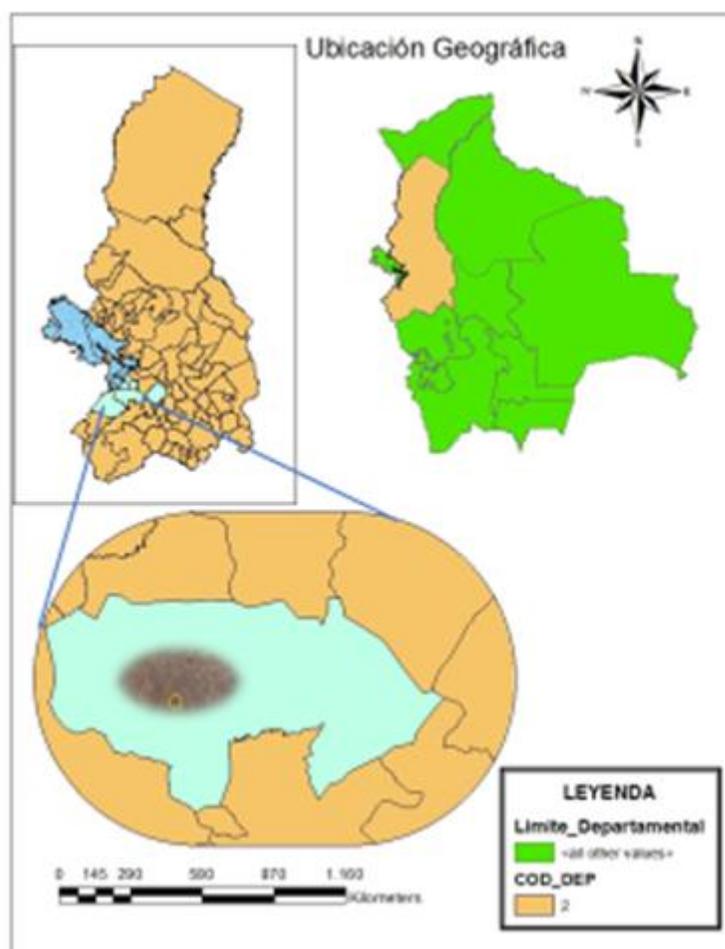


Figura 1. Localización del trabajo de investigación en la comunidad Jancohaque Tana Bajo.

3.1.2. Características Edafoclimáticas

3.1.2.1. Suelo

En general los suelos del municipio presentan una textura franco arenosa químicamente son suelos que presentan, iones de hidrogeno con características de ligeramente ácidas, pH de 6.5, una capacidad de intercambio catiónico de 4.09 meq/100g y el contenido de materia orgánica es bajo 0.82% (PDM Jesús de Machaca, 2009).

3.1.2.2. Clima

Tiene un clima frio con una temperatura máxima media anual de 17.6°C y la temperatura mínima media anual es de -0.5°C debido a su topografía y su vegetación, una escasa humedad de 63.9% anual en promedio, presenta un brusco cambio climático entre el día y la noche; las precipitaciones tienen un promedio anual de 540.5mm. (PDM Jesús de Machaca, 2009).

3.1.2.3. Vegetación

La vegetación consiste en cultivos como: papa (*Solanum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), cebada (*Hordeum vulgare*), alfalfa (*Medicago sativa*), quinua (*Chenopodium quinoa*), etc. y plantas nativas como: Thola (*Parastrephia* sp.), Ch'illiwa (*Festuca dolichophylla*), etc. (PDM Jesús de Machaca, 2009).

3.1.2.4. Fauna

Con relación a la presencia de animales domésticos tenemos: las vacas (*Bos taurus*), ovejas (*Ovis aries*), llamas (*Lama glama*) burros, conejos (*Oryctolagus cuniculus*) y cuyes (*Cavia porcellus*). Los animales silvestres existentes en la región mencionamos a: Zorros (*Dusicyon culpaeus andinus*), Alcamari (*Falco Peregrinus*), Lechuzas (*Espcotito concurria*), liebre (*Lepus capensis*), lagartijas (*Proctoporus bolivianus*) y otros (PDM Jesús de Machaca, 2009).

3.2. Materiales

3.2.1. Material de vegetal

El material vegetal que se utilizó en este trabajo de investigación corresponde a semilla de cañahua de la variedad Illimani, que se obtuvo de la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA), del Centro Experimental de Quipaquipani ubicado en la localidad de Viacha del Departamento de La Paz.



Foto 2. Semilla de cañahua variedad Illimani

3.2.2. Material de campo

Los materiales que se utilizaron fueron: flexómetro, estacas de madera, chontillo, picota, pala, rastrillo, letreros de lámina de Zinc, hojas de acetato, tijeras, marcador indeleble, tablero, bolsas de yute, bolsas de nylon, lana, hoz, libreta de campo, mini estación meteorológica HOBO, cámara fotográfica digital, cilindros para muestreo, bolsas de hielo, marcador, cinta adhesiva.



Foto 3. Material de campo

3.2.3. Material de gabinete

El material de escritorio utilizado para esta investigación consto de: computadora, calculadora, cuaderno de apuntes, bolígrafos, lápices y hojas bond.

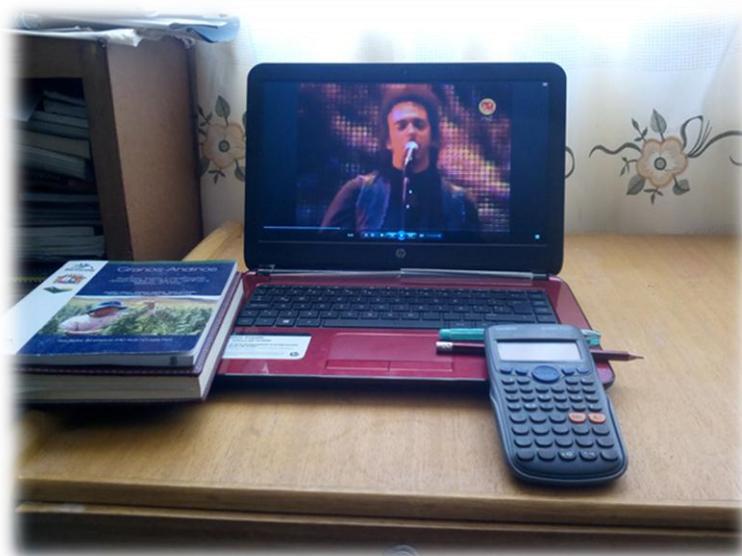


Foto 4. Material de gabinete

3.2.4. Material de laboratorio

El material de laboratorio utilizado en la investigación fueron: balanza analítica, horno, caja Petri y Marcador indeleble.



Foto 5. Material de laboratorio

3.2.5. Insumos de producción

Los insumos fueron facilitados por la empresa BIOTOP S.R.L y en convenio con la Fundación PROINPA y serán los siguientes:

Biofert.- Este es un biofertilizante sólido, bioabono de fondo, para la aplicación a la siembra, en base a microorganismos benéficos nativos, la dosis aplicada fue de 92 kg/ha, y la forma de aplicación fue los surcos abiertos inmediatamente después de la siembra (Foto 6).



Foto 6. Biofert

Biofert + *Bacillus subtilis*.- Bioabono de fondo, para la aplicación a la siembra, en base a microorganismos benéficos nativos, y con la bacteria *Bacillus subtilis*, que tiene muchos beneficios para la agricultura orgánica, la dosis de aplicación fue de 92 kg/ha, que también se lo aplicó posterior a la siembra (Foto 7).



Foto 7, Biofert con *Bacillus subtilis*

Vigortop.- Es un abono foliar liquido bioestimulante y promotor de crecimiento, la forma de aplicación es de forma foliar y se aplicó en tres momentos a lo largo del ciclo fenológico del cultivo. La primera aplicación se lo realizó cuando el cultivo, alcanzó 15 cm de altura, la segunda aplicación aproximadamente a los 40 días después de la

emergencia y la tercera aplicación se lo realizó antes de la floración, la dosis de aplicación fue de 1L/19L Vigortop (Foto 8)



Foto 8, Vigortop

3.3. Metodología

3.3.1. Procedimiento experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la campaña agrícola de la gestión 2014 - 2015 donde se determinó distintas fases los cuales se muestran a continuación:

3.3.2. Fase de instalación del ensayo

3.3.2.1. Selección del terreno

La selección del área de estudio se determinó con la participación de uno de los asesores de esta investigación el Ing. Juan Sipe, se seleccionó un suelo puruma (terreno nunca antes cultivado), el área de estudio forma parte de las parcelas de investigación de la Fundación PROINPA, para la ejecución de la producción de cañahua como parte del proyecto NORDIC-CAÑAHUA.

3.3.2.2. Muestreo de suelo

Para la determinación de las propiedades físicas y químicas del suelo, se realizó la toma de muestras compuestas en dos momentos: el primero fue antes de la siembra y el segundo fue después de la cosecha.

El primer muestreo de suelo se aplicando el método de zigzag a una profundidad de 20 cm., obteniendo inicialmente 10 submuestras, posteriormente de se realizó el cuarteo y se llevó a laboratorio 1 kg de suelo aproximadamente, esta práctica de muestreo se realizó en el mes de Octubre.

Después de la cosecha, se tomaron seis muestras compuestas a una profundidad de 20 cm., las cuales se corresponden a la cantidad de tratamientos y se detalla a continuación:

- 1 Testigo
- 2 Biofert
- 3 Biofert + *Bacillus subtilis*
- 4 Vigortop
- 5 Biofert + Vigortop
- 6 Biofert + *Bacillus subtilis*+ Vigortop.

El método de muestreo se realizó de la misma manera que en la primera oportunidad con la diferencia que en este segundo muestreo se realizó una muestra compuesta de cada unidad experimental finalizando obtuvimos seis muestras compuestas (Foto 9).

Posteriormente después del muestreo de suelo, en ambas ocasiones fueron llevadas al laboratorio del Instituto Boliviano Técnico Nuclear (IBTEN) en las siguientes 24 horas para su respectivo análisis.

Los parámetros que se determinaron fueron físicos y químicos que se detallan a continuación:

Análisis físico

- Textura por el método de hidrómetro de Bouyoucos
- Densidad por el método de cilindro

Análisis químico

- pH del suelo por el método de Potenciometría.
- Conductividad eléctrica por el método de Potenciometría.
- Capacidad de intercambio catiónico por el método de Volumetría.
- Materia orgánica por el método de Walkley Black.
- Potasio intercambiable por el método de Emisión atómica.
- Fosforo asimilable por el método de Espectrofotometría UV-Visible.
- Nitrógeno total por el método Kjeldahl.



Foto 9: Muestreo de suelo

3.3.2.3. Delimitación de unidades experimentales

La delimitación de las unidades experimentales se realizó dimensionando el área necesaria para la investigación. Posteriormente se procedió al trazado de las parcelas experimentales respetando las dimensiones y designación de tratamientos del croquis experimental, que consto de: el área total tuvo una dimensión de 914,5 m², que se dividió en cuatro bloques y seis tratamientos y se obtuvo 24 unidades experimentales con una superficie de 29,25 m² cada una, el espacio entre bloques fue de 0,5 m, y el espacio entre

tratamientos. Para esta actividad se hizo el uso de estacas de madera, cinta métrica (flexómetro) de 50 metros (Foto 10). El croquis experimental ejecutado en el presente estudio se detalla en el Anexo 2.



Foto 10. Delimitación de parcelas.

3.3.2.4. Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó inicialmente con un tractor agrícola y sus implementos necesarios (arado y rastra) realizando el roturado y el mullido.

El roturado del terreno se realizó el 17 de mayo ya que se aprovechó las últimas lluvias de la temporada (campaña agrícola 2013 - 2014) y el estado del suelo es una ventaja para esta actividad, para el mullido del terreno se utilizó rastra dejando la superficie del suelo lo más homogéneo posible, seguidamente se realizó la limpieza del terreno que consta de recolección manual de rastrojos de pajas y otros, posterior a esa actividad se procedió al nivelado del terreno esto para un desarrollo uniforme del cultivo.



Foto 11. Preparación de terreno (roturación).

3.3.2.5. Siembra

La siembra se realizó el 15 de octubre de 2014, constatando humedad en suelo a causa de precipitaciones en la región días antes de esta actividad. Para esto se utilizó semilla de cañahua variedad Illimani, la densidad de siembra aplicada fue de 6 kg/ha, el método de siembra que se utilizó fue a chorro continuo, esto se realizó con la ayuda de la sembradora de cañahua Tipi top perteneciente a la Fundación PROINPA cuyo equipo tiene la función de aperturar surcos minúsculos de dos cm. de profundidad y a medida que avanza va depositando semillas de cañahua previamente calibrada para dicha densidad de siembra, una actividad paralela que se realizó fue la aplicación de Biofert y Biofert + *Bacillus subtilis*, que en acápite adelante se detallara el método, momento y cantidad (Foto 12).



Foto 12. Sembradora de cañahua modelo Tipi Top.

3.3.2.6. Aplicación de biofertilizantes

Los biofertilizantes utilizados en este estudio fueron sólidos y líquido, y también la aplicación de los mismos fueron en diferentes etapas fisiológicas del cultivo de la cañahua que se detalla a continuación:

- **Biofert.-** Es un biofertilizante sólido, la dosis aplicada fue de 92 kg/ha exactamente se aplicó 269 g de Biofert a los tratamientos T2 y T4, la forma de aplicación fue en el momento de la siembra después de introducir la semilla de cañahua al suelo

inmediatamente se aplicó el Biofert con la dosis ya mencionada para la unidad experimental. Este biofertilizante se aplicó una sola vez durante toda la investigación. La fecha de aplicación del Biofert fue la misma que la siembra que corresponde al 15 de octubre de 2014 .

- **Biofert + *Bacillus subtilis*.**- Este biofertilizante solido se aplicó en el momento de la siembra a los tratamientos T3 y T5, el método de aplicación fue chorro continuo y la dosis era de 92 kg/ha, al igual que el Biofert se aplicó exactamente 269 g por unidad experimental correspondiente y una sola vez en todo el periodo de la investigación. La fecha de aplicación fue la misma de la fecha de siembra 15 de octubre de 2014.
- **Vigortop.**- Este biofertilizante es líquido, se aplicó en hojas y tallos con una dosis de 1:19 (1 litro de Vigortop con 19 litros de agua) con la ayuda de mochila fumigadora. La aplicación se realizó a los tratamientos T4, T5 y T6, y fue en tres oportunidades, la primera aplicación fue en fecha 26 de diciembre de 2014 cuando el cultivo alcanzó una altura de 15 cm., la segunda aplicación se realizó el 5 de febrero de 2015 cuando el cultivo se encontraba en la fase fenológica de ramificación y la tercera y última aplicación se completó el 25 de febrero de 2015, cuando las plantas se encontraban en floración (Foto 13).



Foto 13. Aplicación de Vigortop a los tratamientos correspondientes.

3.3.3. Fase de manejo del cultivo

3.3.3.1. Marbeteado de plantas

El marbeteo de las plantas se realizó en función de la altura cuando estas alcanzaron los 10 cm de altura identificando 10 muestras de cada unidad experimental de los cuales se realizó el seguimiento de la toma de datos de las variables planteadas en la investigación (Foto 14).



Foto 14. Marbeteado de las plantas muestra.

3.3.3.2. Labores culturales

a) Desmalezado

En fecha 26 de febrero de 2015 se procedió al desmalezado de la parcela que consistió en eliminar todas las especies de plantas atípicas y que generaban competencia de nutrientes con el cultivo de cañahua.

b) Control de plagas y enfermedades

Durante los meses que duró la investigación no se evidenció ataque de plagas insectiles. No obstante en la parcela de producción se mostraron algunos signos de mildiu (*Peronospora farinosa*) a causa de la humedad resultado de precipitaciones constantes en

toda la región, que como se mencionó no causo daño a la parcela de investigación ya que los signos fueron desvaneciendo a medida que bajaba la humedad.

3.3.4. Fase cosecha y poscosecha

3.3.4.1. Cosecha

La cosecha se realizó en las primeras horas de la mañana aprovechando el rocío matinal para reducir el desgrane. Esta actividad se realizó el 6 de abril de 2015 (167 a 168 días después de la siembra) cuando el grano alcanzó la madurez fisiológica en un 70% esto se comprobó haciendo la prueba de la resistencia del grano a presión. La cosecha fue manual, el corte se realizó desde el cuello del tallo con la ayuda del hoz seguidamente se introdujo en yutes con códigos escritos para cada unidad experimental y someterlos al secado.

Para determinar el rendimiento se cosechó una superficie de 12 m² respetando el área de efecto de bordura en cada unidad experimental, también se cosecharon las plantas marbeteadas y se las introdujo en bolsas nylon marcadas con su código respectivo para hacerlas secar y obtener rendimiento por planta.

3.3.4.2. Poscosecha

c) Trilla y venteo

Una vez secas las plantas 22 días después de la cosecha se procedió a la trilla y posteriormente al venteo, el material secado ya en estado de deshidratación se echó encima de manteles y se procedió con la trilla que constó de triturar manualmente el material, seguidamente se separó la broza y el grano. Posteriormente el grano mezclado con jipi fue cuidadosa mente separado por la acción de viento y luego se pesó el grano limpio (Foto 15 y 16).



Foto 15. Trilla



Foto 16. Venteo

3.3.5. Fase de evaluación del ensayo

3.3.5.1. Temperatura y humedad

Se realizó el registro de temperaturas máximas y mínimas, la humedad relativa de la zona de investigación con un instrumento meteorológico denominado HOBO que tiene la función de registrar y almacenar los datos que registra en el medio ambiente.



Foto 17. Instrumento meteorológico - Hobo

3.3.5.2. Precipitación

Para determinar las precipitaciones de la región se consultó las estaciones climáticas dependientes del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) cerca la región de estudio, el más próximo fue de la comunidad de Jiwacuta.

3.3.5.3. Variables fenológicas

3.3.5.3.1. Días de emergencia

Esta variable se determinó por el número de días transcurrido desde la siembra hasta que el 50% de las plántulas emergidas (IPGRI, 2005), se tomaron la superficie toda la unidad experimental luego se procedió a un conteo de plantas emergidas y se determinó el porcentaje de emergencia, esto se realizó para cada tratamiento y posteriormente se desarrolló el promedio para interpretación de resultados.



Foto 18. Días de emergencia (DE).

3.3.5.3.2. Días de floración

Se determinó por el número de días transcurrido después de la siembra hasta que el 50% de las plantas estén en plena floración en las ramas principales de las plantas, de toda la unidad experimental se realizó la evaluación de la floración para posteriormente determinar el porcentaje de floración para cada tratamiento y promediarla para su análisis. (IPGRI *et al.*, 2005).

3.3.5.3.3. Días de Madurez Fisiológica

Para determinar esta variable se evaluó el número de días transcurrido desde la siembra hasta que el 50% de las plantas presenten granos que ofrecen resistencia a presión, la resistencia a presión se realizó con la ayuda de las uñas de los dedos pulgares, se presionó los granos de las planta y se evaluó si está en la fase fenológica mencionada, se tomó toda la unidad experimental como superficie para luego hacer un conteo de plantas que llegaron a la madurez fisiológica (IPGRI *et al.*, 2005). Cabe aclarar que se procedió de la misma manera que las mencionadas variables.

3.3.5.4. Arquitectura de la planta

3.3.5.4.1. Altura de planta

Esta variable se determinó periódicamente cada catorce días a partir de la emergencia del cultivo, se procedió a medir desde el cuello de la raíz hasta la altura máxima alcanzado por la planta, la medición se realizó con la ayuda de un flexómetro y la unidad utilizada fue en centímetros (cm). Se tomó muestras de diez plantas de cada unidad experimental para el análisis de varianza se sistematizó el dato de la altura de la planta cuando el cultivo se encontró en la madurez fisiológica como indica (IPGRI, 2005).



Foto 19. Altura de planta (HP).

3.3.5.4.2. Diámetro de tallo central

Para esta variable también se procedió con la toma de datos periódicamente cada catorce días a partir de la emergencia del cultivo, la medición se realizó en la parte media del tercio inferior de la planta, los datos finales para el análisis de varianza fueron los datos tomados en la madurez fisiológica del cultivo, la medición se realizó con la ayuda de un calibrador o vernier, la unidad usada será en milímetros (mm). Para eso se tomarán 10 plantas por cada unidad experimental (IPGRI *et al.*, 2005).



Foto 20. Diámetro de tallo principal

3.3.5.4.3. Cobertura Vegetativa

Se procedió midiendo periódicamente cada catorce días, cuando el cultivo alcanzo la madurez fisiológica se realizó la última toma de datos y con estos se sistematizo para el análisis de varianza, se consideró la dimensión de cobertura más ancha de la planta, la medición se procedió con la ayuda de un flexo, la unidad empleada fue los centímetros (cm.) y se tomaron 10 plantas por cada unidad experimental (IPGRI *et al.*, 2005).



Foto 21. Cobertura vegetal

3.3.5.5. Variables de rendimiento

3.3.5.5.1. Rendimiento de Semilla por Planta (g/planta)

Esta variable se determinó pesando el grano ya trillado y venteado de las diez plantas muestra de cada unidad experimental, este procedimiento se realizó en la poscosecha el instrumento para la determinación fue una balanza digital y la unidad de medida fue en gramos (IPGRI *et al.*, 2005).

3.3.5.5.2. Rendimiento RDT0 (kg/ha)

Para determinar esta variable se procedió a pesar el grano limpio de las plantas que se encontraron en una superficie de 12 m² de cada unidad experimental se tuvo mucha precaución para no cosechar las superficies denominado efecto de bordura, la unidad a un inicio fue en gramos por metro cuadrado (g/m²) que posteriormente se realizó la conversión de unidades a kilogramos por hectárea (kg/m²) para el respectivo análisis de varianza.

3.3.5.5.3. Diámetro de grano (mm)

El diámetro de grano se determinó con la ayuda del vernier determinando la dimensión del grano de veinte semillas de cada planta consideradas muestra, para esto primero se eliminó el perigonio de las semillas (IPGR *et al.*, 2005). El procedimiento se determinó para cada tratamiento y se realizó el promedio de datos para los resultados de análisis de varianza.



Foto 22. Diámetro de grano.

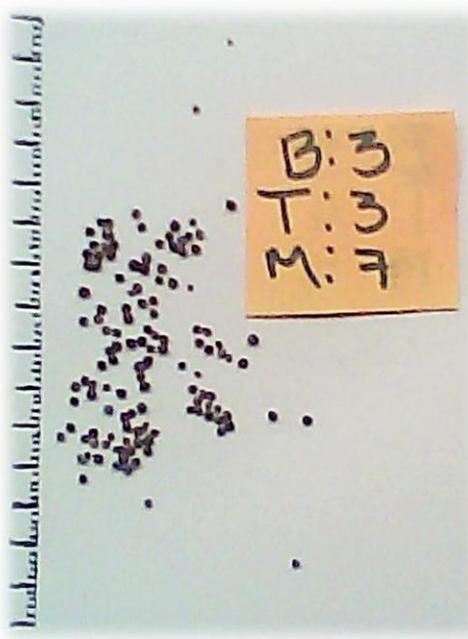


Foto 23. Grano sin perigonio

3.3.5.5.4. Peso de 1000 granos (g)

El peso de mil granos se determinó realizando el conteo de mil granos de cada muestra sin incluir el perigonio posteriormente se procedió al pesaje con la ayuda de la balanza digital, (IPGR *et al.*, 2005). El procedimiento se determinó para cada tratamiento y se realizó el promedio de datos para los resultados de análisis de varianza.



Foto 24. Peso de mil granos.

3.3.5.6. Variables económicas

3.3.5.6.1. Costos variables (Bs)

Esta variable se determinó en bolivianos (Bs), se identificó los insumos que varía en cada tratamiento y se realizó la sumatoria de estos para cada tratamiento como bien representa su formulismo matemático (Alaro, 2011).

$$CV = \sum \text{Insumos variables /trat}$$

3.3.5.6.2. Beneficio bruto (Bs/kg)

La variable beneficio bruto se expresa en bolivianos (Bs) se calculó realizando el producto del precio y el rendimiento de cada tratamiento, su representación matemática es la que se muestra a continuación. (Alaro, 2011).

$$\mathbf{Bb = precio \times rendimiento}$$

3.3.5.6.3. Beneficio neto (Bs)

Esta variable también se representa en bolivianos (Bs) y se obtuvo realizando la diferencia de costo variable y beneficio bruto, esta operación se determinó para cada tratamiento posteriormente se realizó un promedio para obtener resultados e interpretarlos (Alaro, 2011).

$$Bn = CV - Bb$$

3.3.5.6.4. Beneficio costo B/C

Para evaluar esta variable se efectuó el cociente de los valores de beneficio bruto y el costo variable, también como en las demás variables se procedió para cada tratamiento, se realizó el promedio general de los datos de cada tratamiento para realizar la interpretación de la variable (Alaro, 2011).

$$B/C = Bb/CV$$

3.3.5.7. Análisis de la información

3.3.5.7.1. Diseño experimental

El efecto de diferentes biofertilizantes fueron evaluadas en el marco del diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. El análisis estadístico se efectuó tomando en cuenta el modelo lineal aditivo sugerido por Calzada (1982).

Por lo que el modelo lineal aditivo es el siguiente:

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

Dónde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

α_i = Efecto de la i-ésimo Biofertilizante

β_j = Efecto de la j-ésimo bloque

ε_{ij} = Error experimental

En función al modelo lineal del diseño de bloques completamente al azar (Calzada, 1982), se realizó el análisis de varianza correspondiente a las variables de estudio con la ayuda del programa estadístico SAS (Statistical Analysis Software) versión 9.2, para la comparación de medias se utilizó el mismo programa estadístico.

3.3.5.7.2. Formulación de tratamientos

Los tratamientos aplicados en esta investigación así como formas, cantidades y momentos las detallamos a continuación:

T₁ = **Testigo:** No se aplicó ningún biofertilizante.

T₂ = **Biofert:** La dosis que se aplicó fue de 269 g en 29.25 m², el momento de la aplicación fue en la siembra y la forma de aplicación chorro continuo.

T₃ = **Biofert + Bs:** La dosis que se aplicó fue de 269 g en 29.25 m² momento de la aplicación fue en la siembra y la forma de aplicación chorro continuo.

T₄ = **Vigortop:** Se realizó tres aplicaciones en diferentes etapas fenológicas del cultivo, la primera aplicación se lo realizó cuando el cultivo, alcanzó 15 cm de altura, la segunda aplicación fue en la etapa fisiológica de ramificación y la tercera aplicación se aplicó antes de la floración, la dosis de aplicación es de 1L/19L Vigortop y la forma de aplicación fue por aspersion con la ayuda de una mochila.

T₅ = **Biofert + Vigortop:** Este tratamiento se realizó una combinación de los biofertilizantes Biofert y Vigortop. La dosis, momentos y forma de aplicación del Vigortop es de la misma forma como se menciona en el tratamiento 4, y con respecto a la dosis del Biofert se aplicó fue de 269 g en 29.25 m², el

momento de la aplicación fue en la siembra y la forma de aplicación chorro continuo.

T₆ = **Biofert con *Bacillus subtilis* + Vigortop**: En este tratamiento se realizó una combinación de los tratamientos Biofert con *Bacillus subtilis* y Vigortop, La dosis, momentos y forma de aplicación del Vigortop es de la misma forma como se menciona en el tratamiento 4, y con respecto a la dosis del Biofert con *Bacillus subtilis* se aplicó fue de 269 g en 29.25 m², el momento de la aplicación fue en la siembra y la forma de aplicación chorro continuo.

3.3.5.7.3. Croquis del ensayo

Las características de la parcela experimental se describen y se presenta en el croquis de campo.



Figura 2. Croquis del trabajo de investigación en la comunidad Jancohaque Tana Bajo.

Área total del experimento.	900 m ²
Área de bloque.	210 m ²
Largo de bloque.	30 m
Ancho de bloque.	7 m
Distancia entre surcos.	0.60 m
Pasillo entre bloques.	1 m
Número de surcos por parcela.	6
Número de parcelas por bloque.	6
Número de bloques por experimento.	4

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Registro de información climática

Se registraron datos de temperatura y precipitaciones el periodo agrícola 2014 – 2015 en la comunidad de Jancohaque Tana Bajo provincia Ingavi.

4.1.1. Temperaturas

La dinámica de las temperaturas máximas y mínimas de la región donde fue registrado con la ayuda de un lector automático de temperatura denominado HOBO que guardaba datos de cada treinta minutos, correspondiendo lecturas desde los meses de diciembre de 2014 a abril de 2015.

En la Figura 4, se presenta los promedios generales semanales de las temperaturas tomadas en la comunidad de Jancohaque Tana Bajo.

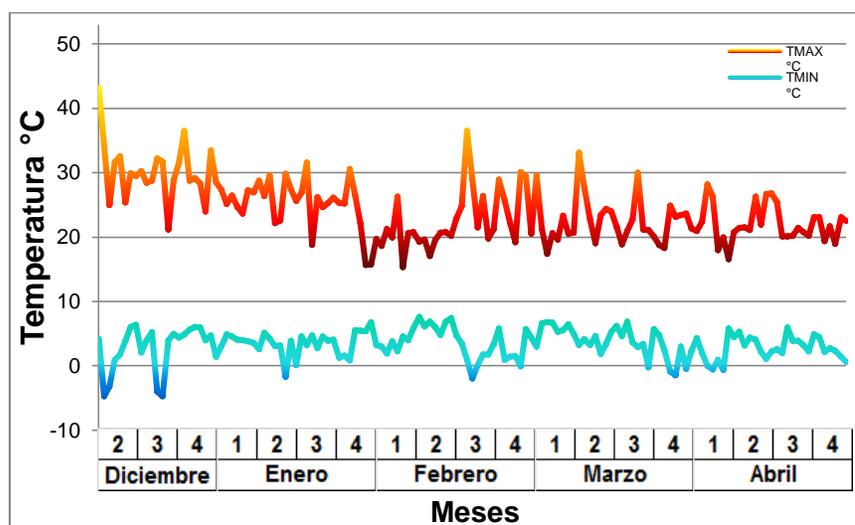


Figura 3. Temperaturas máximas y mínimas.

Se puede observar que las temperaturas mínimas registradas alcanzaron aproximadamente los 5°C bajo cero en los días 9 y 10 de diciembre de 2014 cuando el cultivo se encontraba en estado fenológico de ramificación. Se observó que no hubo efectos dañinos en el cultivo de la cañahua, en estos días de helada produjeron una muy leve alteración fisiológica que causó efectos de arrugamiento en la parte foliar de las plantas, no obstante se recuperaron en las próximas horas de la mañana.

Las más altas temperaturas se registraron el 9 de Diciembre de 2014 con 30°C y el 14 de febrero de 2015 con 35°C. Estas temperaturas registradas son características de la región ya que en el Plan de Desarrollo Municipal de Jesús de machaca reflejan datos similares.

Al respecto Pinto *et al.* (2008), mencionan que el cultivo de la cañahua se desarrolla en condiciones climáticas extremas soportando temperaturas bajas de hasta -3°C del altiplano boliviano y peruano. En esta investigación se evidencio que la cañahua se desarrolla hasta -5°C sin tener mostrar efectos negativos en la variable de rendimiento.

Penning de Vries *et al.* (1989), indican que el nivel de producción potencial de un cultivo se alcanza cuando la tasa de crecimiento del mismo depende solamente del estado fenológico del cultivo y del clima imperante, particularmente la radiación y las temperaturas.

4.1.2. Precipitación pluvial

Los datos de la información climática se obtuvieron del registro de la estación en la comunidad Jihuacuta próxima a la región de estudio misma que es dependiente del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), los datos adquiridos fueron de los meses de octubre de 2014 a marzo de 2015.

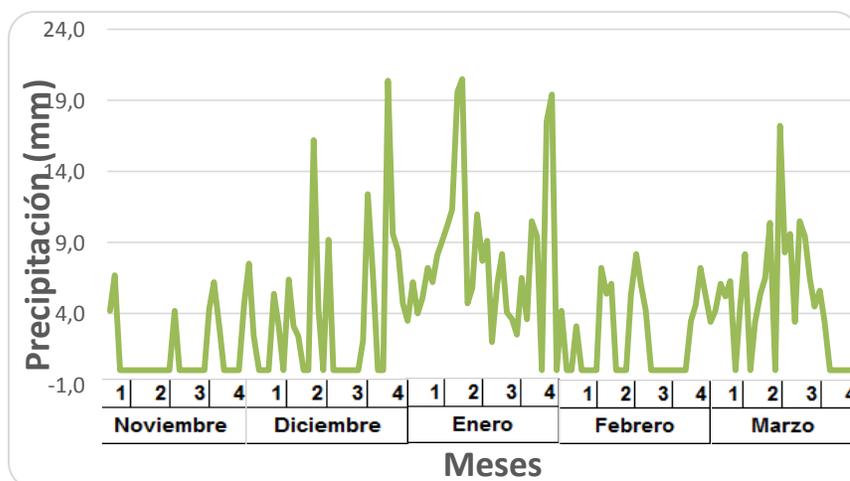


Figura 4. Comportamiento de las precipitaciones en la región de estudio.

La precipitación durante el presente trabajo fue variable ya que se puede observar que en el mes de noviembre no hubo mucha precipitación, la máxima registrada fue de 7.5 mm. el mes con más lluvias se presentó en la segunda semana de enero con 19.6 mm. En

promedio se puede decir que la variabilidad en la precipitación es muy evidente entre los meses de diciembre y enero. Las primeras lluvias empezaron en noviembre discontinuas (inicio del estado fenológico de ramificación). Según Romaní y Anchapuri (2011), mencionan que el cultivo de cañahua requiere de 400 a 600 mm de precipitación pluvial, tolera periodos prolongados de sequía y es susceptible al exceso de humedad en las primeras fases fenológicas. Las precipitaciones totales registradas o precipitación acumulada en esta campaña fueron de 643,9 mm. casi se encuentra en el rango que indica los autores, no obstante las precipitaciones sobre pasan el rango mencionado y evidenciamos síntomas de mildiu muy leve en el cultivo, (antes de la floración) esto por la causa de precipitaciones irregulares que provocaron humedades altas en la región.

4.2. Variables edáficas

El análisis físico-químico del suelo enviado al laboratorio IBTEN (Instituto Boliviano Tecnológico Nuclear) mostraron los siguientes datos (Anexo 3).

4.2.1. Análisis físico del suelo

4.2.1.1. Textura del suelo

En la Figura 5, se puede observar los resultados del análisis de la textura del suelo, que nos indica que es un suelo Franco Arenoso, con 68% de Arena, 16% de Limo y 16% de Arcilla, suelos con poca capacidad de retención de agua característicos de la región.

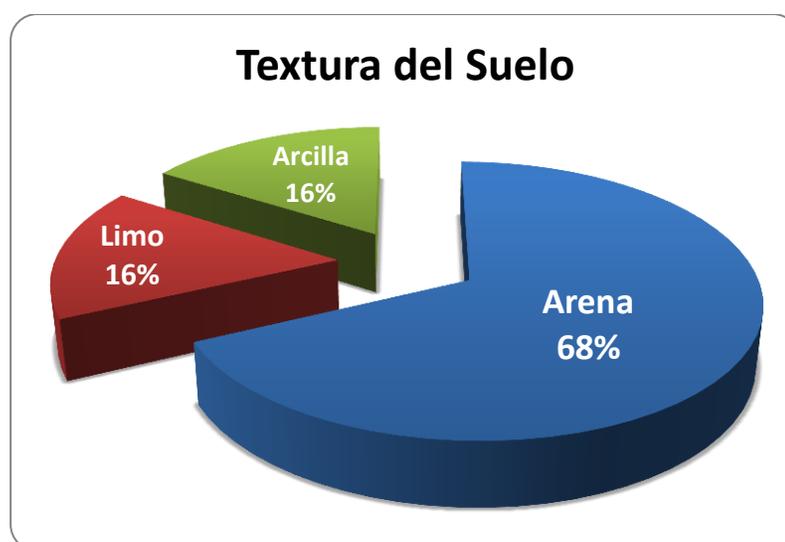


Figura 5. Análisis de la textura del suelo, comunidad Jancohaque Tana Bajo.

Al respecto la FAO (1990), menciona que la cañahua se cultiva en suelos de textura franco arcillo-arenosa, franco arcilloso, por lo cual podemos asumir que probablemente se obtenga mejores resultados cultivando el cultivo en suelos de textura franco arcilloso. No obstante la textura del suelo que se observa en los resultados no es desfavorable para la producción de cañahua ya que desde hace mucho se realiza la producción de este cultivo en la comunidad de Jancohaque Tana Bajo inclusive la región es identificada como una población productora de cañahua.

Por su parte Pinto *et al.* (2008), menciona que el requerimiento agroecológico para la producción de cañahua variedad Illimani hace referencia de la textura de suelo de la región productora, indicando que en texturas franco arenosas y arenosas el rendimiento es mejor con respecto a otras texturas.

4.2.1.2. Densidad aparente del suelo (Dap)

En el Cuadro 1, se observa los resultados de la densidad aparente del suelo, donde podemos verificar los valores antes de siembra y posteriormente valores después de la cosecha.

Cuadro 1. Densidad aparente del suelo

Descripción	m _{ss} (g)	Vol (cm ³)	Dap (g/cm ³)
Antes	46.45	32.04	1.45
T1	45.73	32.04	1.43
T2	45.68	32.04	1.43
T3	45.63	32.04	1.42
T4	45.81	32.04	1.43
T5	45.83	32.04	1.43
T6	45.71	32.04	1.43

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro podemos observar resultados de la densidad aparente del suelo antes de la actividad de roturación que fue 1.45 g/cm³, juntamente con los resultados de los tratamientos que son resultados de la muestra que se realizó en tiempo después de la

cosecha del cultivo obteniendo para T1, T2, T4, T5, T6 valores de 1.43 g/cm^3 y un valor de 1.42 g/cm^3 para T3.

Se puede evidenciar que no hay una diferencia significativa de valores de la densidad aparente del suelo de los tratamientos tomadas después de la cosecha con relación al resultado de la muestra tomada antes de la siembra, probablemente por la poca cantidad de biofertilizante aplicado directamente al suelo en los tratamientos T2, T3, T5 y T6, ya que los tratamientos T1 no se aplicó ningún biofertilizante y T4 la aplicación fueron foliarmente, ya que esta propiedad es alterada generalmente por el manejo mecanizado o muy tecnificado del suelo. Al respecto Conti (2005) menciona que, la Dap depende de la densidad de partículas y la ordenación de estas en el espacio formando agregados de todo tipo, varía con la textura, estructura, materia orgánica y manejo del suelo.

4.2.2. Análisis químico del suelo

4.2.2.1. pH del suelo

Los valores del pH del suelo varían en los distintos tiempos es decir antes de la siembra y después de la siembra y hay diferencias entre cada tratamiento, se puede apreciar los siguientes datos en la Figura 6.

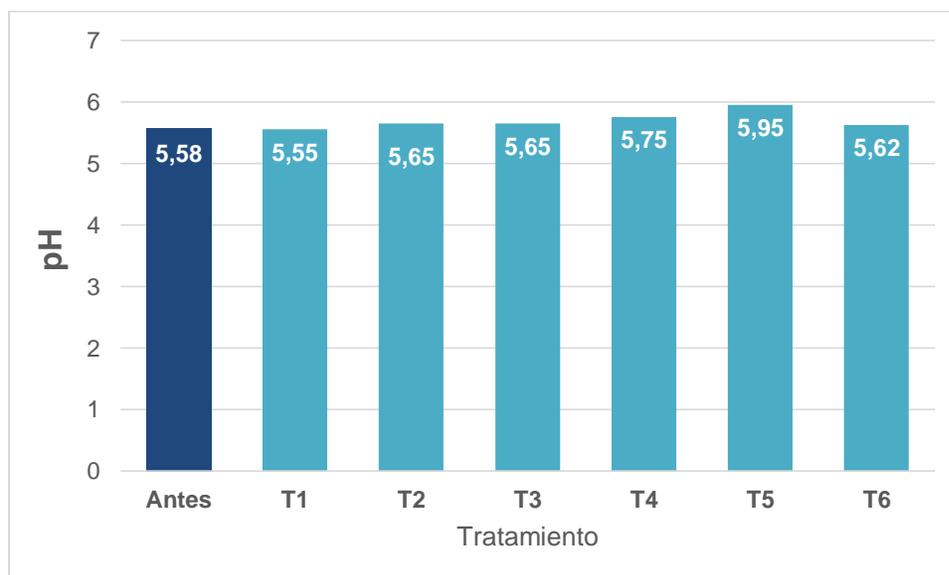


Figura 6. Comportamiento del pH del suelo en los periodos de evaluación.

Como se muestra en la Figura 6, se puede apreciar los valores del pH que incrementan de un valor inicial de 5.58 a un máximo de 5.95 que corresponde al T4, según Chilon (1997), el pH del suelo se encuentra en el rango de medianamente ácido. Con la aplicación de los biofertilizantes el comportamiento del pH tuvo una tendencia a incrementar de manera no tan significativa esto puede ser debido a los factores de descomposición y mineralización de la materia orgánica, podemos mencionar que el cultivo de la cañahua como otros cultivos requieren de nitrógeno y al extraer el nitrógeno del suelo este puede perder su acidez.

Según Cubillos y Vergara (2015), mencionan que la aplicación de abonos orgánicos en el suelo muestran aumento en los iones de hidrogeno, si la enmienda orgánica contiene fuentes de calcio logra una neutralización en el pH del suelo, indicando una mayor respuesta en el control de la acidez, cuando se aplican materiales con contenido de cal.

4.2.2.2. Materia orgánica (%)

Los resultados emitidos del análisis de suelo de los parámetros de la materia orgánica antes de la siembra es 0.82% y después de la cosecha los valores varía según la aplicación de los tratamientos como se observa en la Figura 7.

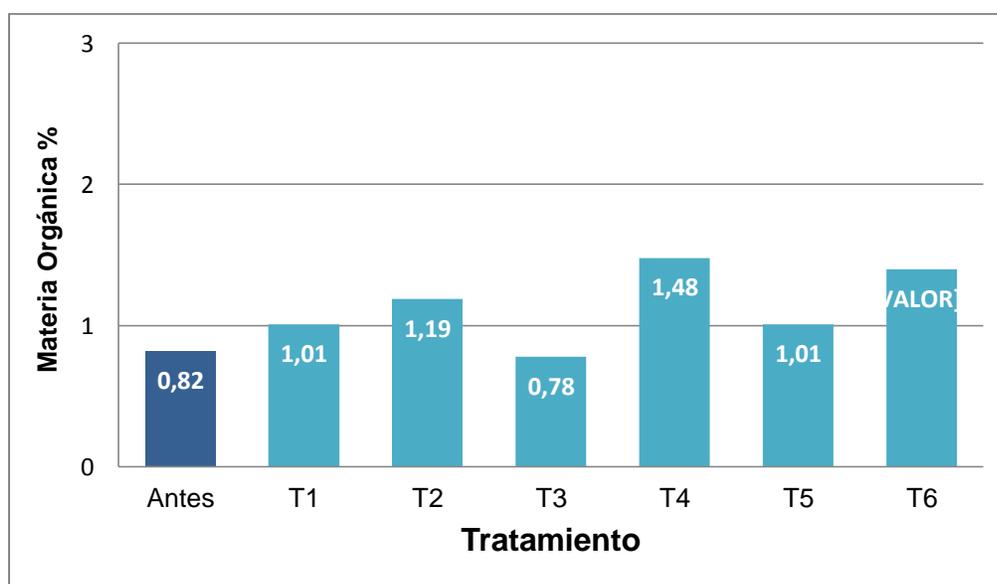


Figura 7. Comportamiento de la materia orgánica en dos periodos de evaluación.

La Figura 7, representa el comportamiento de la materia orgánica en el suelo con la aplicación de diferentes biofertilizantes, donde se puede apreciar las diferencias notorias en cada uno de los tratamientos, estos valores de MO con la aplicación de los diferentes biofertilizantes se encuentran en un contenido sumamente bajo, por su parte Dominguez (1978), corrobora esto quien establece que un contenido de 1 a 3% de MO, se encuentran en los valores más bajos, típico de suelos áridos y semiáridos.

El incremento no tan significativo de la MO, registrado después de la cosecha con respecto a los resultados antes de la siembra asumimos que se debe a que los biofertilizantes aplicados contienen nitrógeno, parece haber actuado de forma considerable aportando nutrientes mediante los procesos de mineralización, por otra parte se mantuvo una estabilidad en la actividad microbiana del suelo por la disponibilidad del nitrógeno. Al respecto Fuentes (1983), menciona que los microorganismos que descomponen la materia orgánica toman su energía de la misma.

4.2.2.3. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

En este parámetro los valores de CIC del suelo se mostraron de la siguiente manera: antes de la siembra se verifico 4.09 meq/100g, y como en el parámetro anterior el valor de la CIC después de la cosecha varía según los tratamientos aplicados.

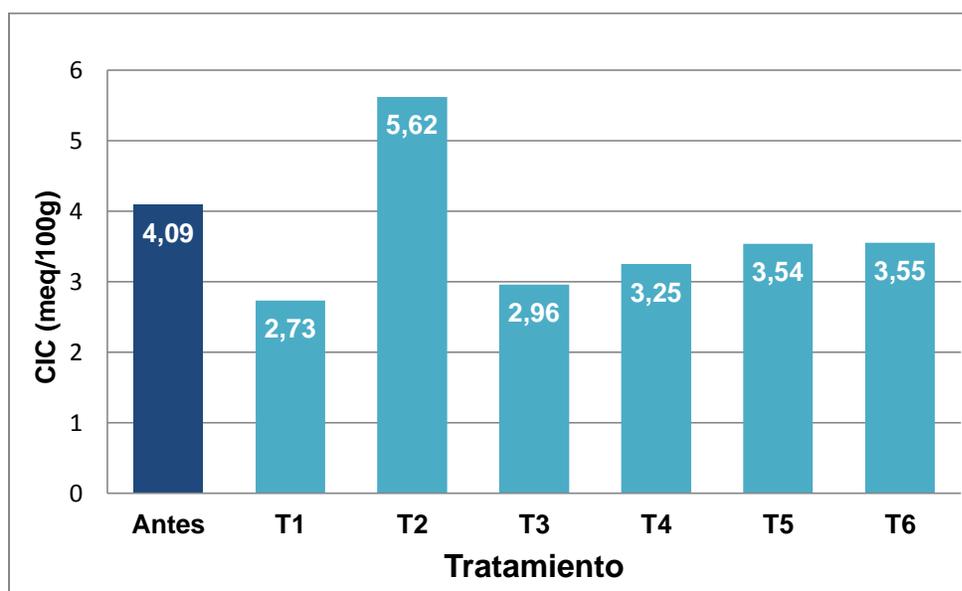


Figura 8. Comportamiento de la CIC en dos periodos de evaluación.

En la Figura 8, podemos observar los valores de la CIC en los dos momentos de muestreo donde se nota un comportamiento de disminución de los valores con respecto a la muestra tomada antes de la siembra, al respecto Chilon (1996), señala que contenidos de CIC por debajo de 15 meq/100 g, el suelo contiene un bajo contenido a la estabilidad del pH del suelo y la disponibilidad de cationes cambiabiles en las arcillas.

Se puede asumir que el descenso del valor de la CIC puede deberse a las precipitaciones ocurridas durante el desarrollo del cultivo, los cuales pudieron desarrollar lixiviación de las bases de cambio de cationes. Al respecto la FAO (1998), indican que la capacidad de intercambio catiónico influyen no solo el contenido de la materia sino el de arcilla y la naturaleza de los minerales que la constituyen, un ejemplo son los suelos tropicales que la materia orgánica es el componente que más contribuye a la CIC, ocurre un comportamiento contrario en los suelos áridos y semiáridos. Por su parte Tangara (2007), en su trabajo de investigación en el municipio de Umala tampoco encontró diferencias de CIC, al realizar la aplicación de fertilizantes orgánicos y minerales al suelo.

4.2.2.4. Conductividad eléctrica (dS/m)

En la figura 9, se muestran resultados de la conductividad eléctrica del suelo antes de la siembra 0.029 dS/m y después de la siembra con valores diferentes según los biofertilizantes aplicados.

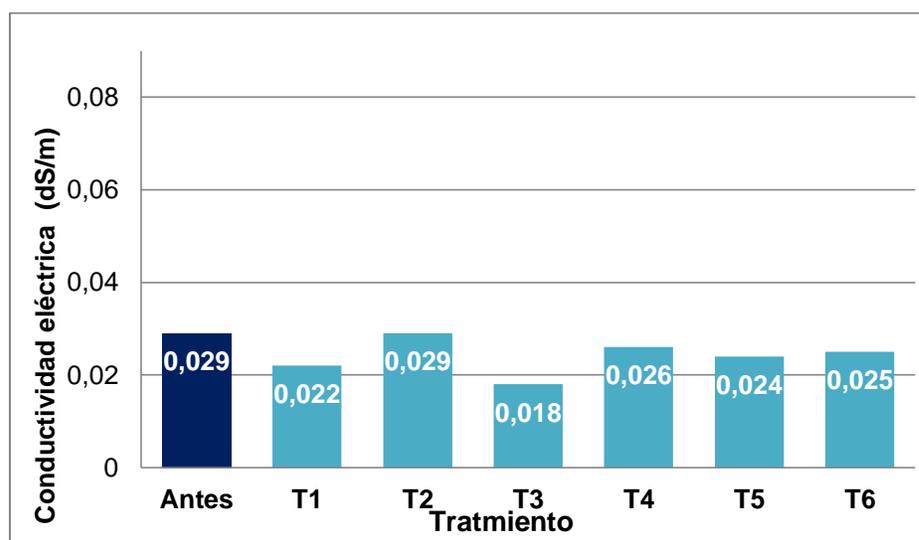


Figura 9. Comportamiento de la conductividad eléctrica en dos periodos de evaluación.

Los valores de CE que nos muestra la Figura 9, indican que se encuentran en el rango de bajos y que no tienen un efecto significativo en el desarrollo de los cultivos, haciendo una referencia de valores debajo de dos no influyen en el crecimiento de la planta (Porta, 2005), no obstante se evidencia una leve variación de la pérdida de la conductividad eléctrica respecto a los valores iniciales (antes de la siembra), esta variación asumimos que puede ser causada por la lixiviación de las sales en los meses de precipitación. A esto Combatt, *et al.* (2009) mencionan que la disminución de la CE es producida por la lixiviación a causa de los procesos de disolución de sales que se lixivian e inciden en la reducción este parámetro.

Al respecto Pizarro citado por Corina (2011), indica que la conductividad eléctrica es recíproca a la resistencia y el valor de esta aumenta con el contenido de sales. Una de ellas consiste en expresar la cantidad de sales disueltas en un volumen de solución. Una forma simple y suficiente a muchos efectos de estimar la salinidad de una solución es por medio de la conductividad eléctrica.

4.2.2.5. Nitrógeno total en el suelo (%)

Los valores de nitrógeno total mostrado en la Figura 10, muestra el porcentaje antes de la siembra y después de la cosecha en los tratamientos sometidos con la aplicación de distintos biofertilizantes.

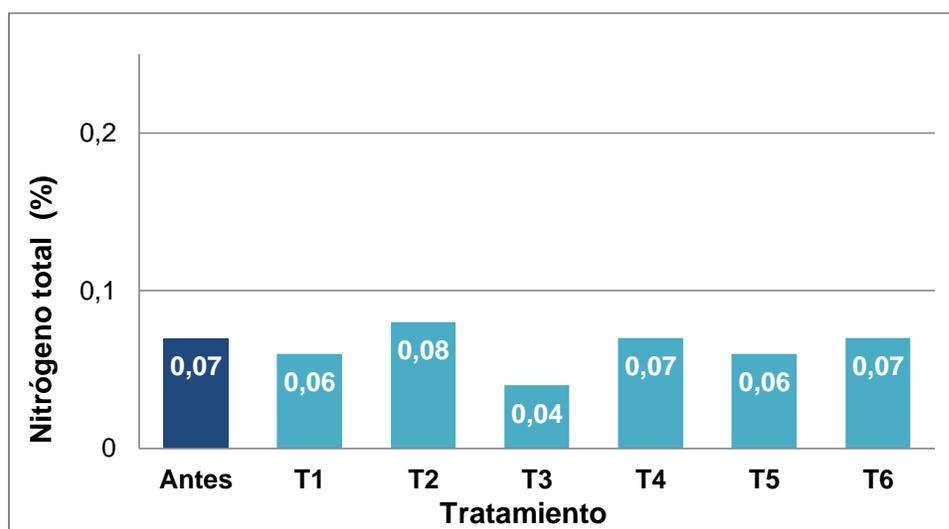


Figura 10. Comportamiento del Nitrógeno total del suelo en dos periodos de evaluación.

En la Figura 10, podemos observar el valor inicial del nitrógeno total 0.07% y diferentes valores en los tratamientos, apreciamos una diferencia del descenso de los valores de nitrógeno con respecto al valor inicial, podemos asumir esta diferencia de valores quizás sea a la absorción de nutrientes del suelo por parte del cultivo y entre los nutrientes está el nitrógeno total, también asumimos que el proceso de mineralización tiende a ser más lento en este tipo de piso ecológico, otra causa que podemos suponer sobre la pérdida de nitrógeno es la volatilización del nitrógeno que debió ocurrir en la zona a causa de la insolación.

A esto Bear citado por Huanca (2007), indica que una vez que el cultivo ya está en pleno desarrollo, todo el amonio y nitrato será virtualmente absorbido por sus raíces, tan rápidamente como se va produciendo, en cambio la fertilización orgánica es mucha más duradera en cuanto al contenido del nitrógeno y por cuanto existirá un efecto residual por más tiempo. Al respecto Paul y Clark citado por Sipe (2011), señala que la mineralización del nitrógeno puede llevar pérdidas por volatilización y lixiviación así como posible inmovilización por los microorganismos o por retención de las arcillas.

Al respecto Ferraris, *et al.* (2009) argumentan que evidenciaron pérdidas moderadas de nitrógeno por la volatilización que alcanzaron un rango de 3 a 19 kg/ha en la investigación que desarrollaron sobre pérdidas de nitrógeno por volatilización.

4.2.2.6. Potasio intercambiable en el suelo (meq/100g)

Los valores del potasio intercambiable del suelo antes de la siembra fue 0,39 meq/100g y después de la cosecha los valores varían según los diferentes biofertilizantes aplicados.

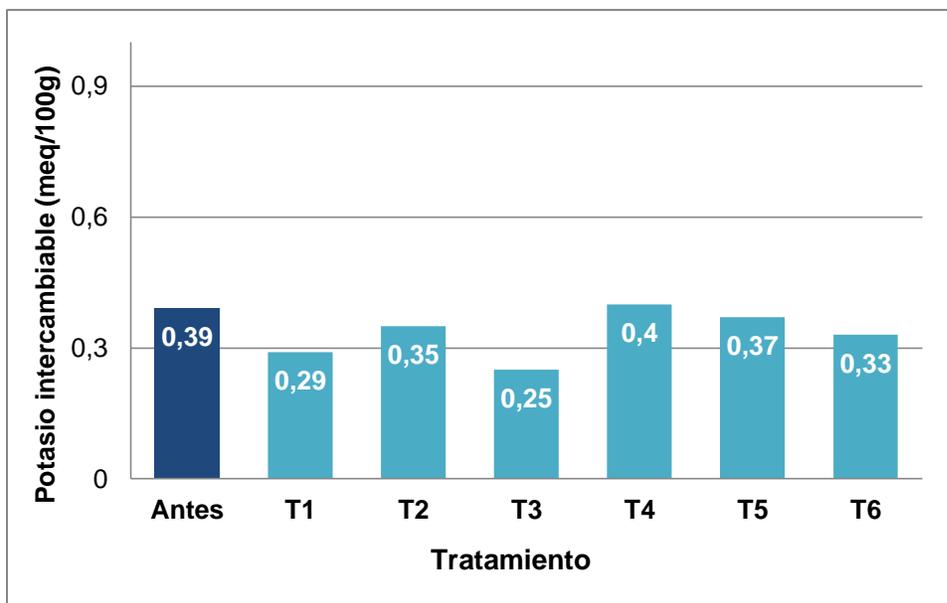


Figura 11. Comportamiento del contenido de Potasio (K) en dos periodos de evaluación.

En la Figura 11, mostramos los resultados del contenido de potasio intercambiable del suelo, en la misma se aprecia un comportamiento similar al elemento del nitrógeno observándose un leve descenso de los valores respecto al valor inicial de la muestra tomada antes de la siembra, podemos asumir que este comportamiento posiblemente se debe a la cantidad de potasio asimilable extraído por la planta para su desarrollo ya que los biofertilizantes aplicados no contienen este elemento, también asumimos que está perdida podría ser ocasionado por la lixiviación debido a la precipitación ocurrida en la etapa de cosecha.

Así mismo Vidal (2003), menciona que el potasio intercambiable puede sustraerse por medio de; absorción de las plantas (en cultivos anuales la mayor absorción de potasio ocurre durante la floración) y la otra forma es la lixiviación (este fenómeno se presenta principalmente en los suelos arenosos altamente permeables), por su parte Benigna (1979), indica que lógicamente, el potasio que toma la planta y que no es suministrado por las formas lábiles ha de proceder de las transformaciones (pérdidas) de potasio durante el desarrollo del cultivo.

4.2.2.7. Fósforo asimilable en el suelo (ppm)

En la Figura 12, se puede observar los resultados de fósforo asimilable en ppm en los dos momentos de muestreo, apreciando una leve disminución no significativa.

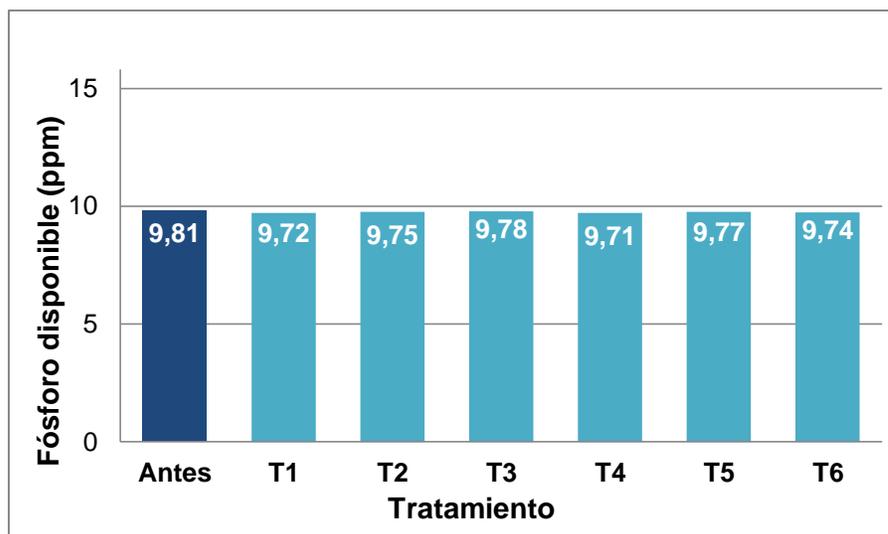


Figura 12. Comportamiento del contenido de Fósforo (P) en dos periodos de evaluación.

En estos resultados de la Figura 12, podemos indicar que los suelos del altiplano boliviano contienen bajo contenido de fósforo asimilable. La cantidad de fósforo encontrado en el lugar del estudio, se encuentran en un rango relativamente baja respecto a la clasificación que realiza Pardavé (2004), quien señala que los valores de fósforo disponible son: 0 a 8 ppm muy bajo, 8 a 16 ppm bajo, 16 a 24 ppm medio y mayor a 24 ppm alto.

En la Figura 12, también podemos observar una disminución paulatina de fósforo en el suelo, esto probablemente se deba a la absorción por las plantas y a posibles pérdidas por percolación en el suelo por efecto a las precipitaciones ocurridas durante duro la investigación.

Al respecto Tangara (2007), en un estudio realizado por la aplicación de abonos orgánicos en el cultivo de papa en la comunidad de Umala señala que la pérdida de fósforo en el suelo se debe a la absorción y lixiviación de este elemento cooperado por un menor aporte en la fertilización. En un estudio similar realizado por Sipe (2011), reporta una disminución paulatina del fósforo en el suelo que se debe a la absorción por las plantas.

4.3. Variables agronómicas

4.3.1. Días de emergencia

El Cuadro 2, muestra los resultados del análisis de varianza de los días transcurridos desde la siembra a la emergencia de las plantas donde se evidencia que no existen diferencias significativas entre los tratamientos y bloques con un rango de error de ($\alpha=0.05$), los resultados estadísticos presentados indican que los días de emergencia no están influenciados por la aplicación de los biofertilizantes, el coeficiente de variación fue de 1.234%, indicando que no existe variación en los datos recolectados.

Cuadro 2. Análisis de varianza de días de emergencia.

FV	GL	SC	CM	Fvalue	Pr>F
Bloque	3	0,33	0,11	0,63	0,6098 ns
Biofertilizantes	5	0,33	0,066	0,38	0,8580 ns
Error	15	2,67			
Total	23	3,33			
CV (%)		1,23			

FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, *existe significancia al Pr<0.05 de probabilidad.

Con respecto al promedio de los días de emergencia de las plantas de cañahua se tiene dos valores que agrupa a los siguientes tratamientos; T1 y T6 con un valor de 34 días, los tratamientos T2, T3, T4 y T5 muestra un valor de 34,25 días, cabe mencionar que de acuerdo a los resultados del ANVA podemos decir que no existen efectos significativos en los días de emergencia del cultivo (Figura 14).

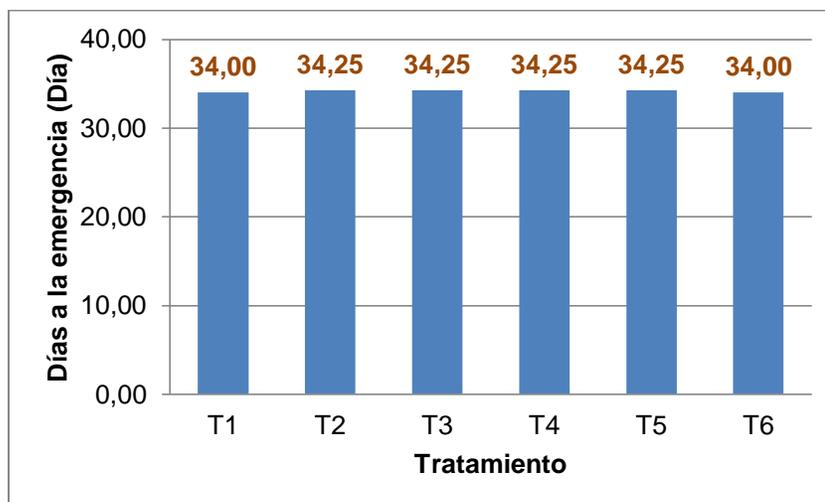


Figura 13. Comparación de medias de los días de emergencia.

En la Figura 13, se muestra los valores de los resultados de la variable días de emergencia estos valores hacen referencia a una tardía emergencia, podemos suponer que debió ser ocasionada por el periodo de las precipitaciones que ocurrió en la región donde se desarrolló el ensayo, por otra parte podemos verificar una diferencia no significativa entre tratamiento, este comportamiento se puede asumir debido a que los biofertilizantes aplicados en esta investigación no tiene un efecto directo en la fenología del cultivo.

Al respecto Sipe (2011), menciona en su investigación que efectivamente que la aplicación de diferentes abonos orgánicos como ser estiércol de vacuno, ovino y compost no influyen en la emergencia del cultivo de papa. A esto Corina (2011), en su trabajo evaluación de cuatro bioinsumos aplicadas; biofert, fertitrap soluble, fertitrap sólido y trichoderma para la producción de papa (*Solanum tuberosum ssp andigenum*) indica que la aplicación de estos bioinsumos no muestran diferencias significativas en las fechas de evaluación, por lo que decimos que los días de emergencia no fue influido por los bioinsumos. Por su parte Huacara (2014), expresa que la aplicación de abonos orgánicos no tiene diferencias significativas en la emergencia de las plántulas, esto se explica porque las plántulas se encuentran en primera fase en la que los niveles de materia orgánica poco o nada pueden influir sobre la variable evaluada.

4.3.2. Días de floración

Se conoce como el momento fenológico de la fase floración al tiempo que requiere las plantas para alcanzar la evolución, y se caracteriza por presentar inflorescencia en cada rama lateral, la floración se inicia en el ápice de la planta dirigiéndose a la parte basal.

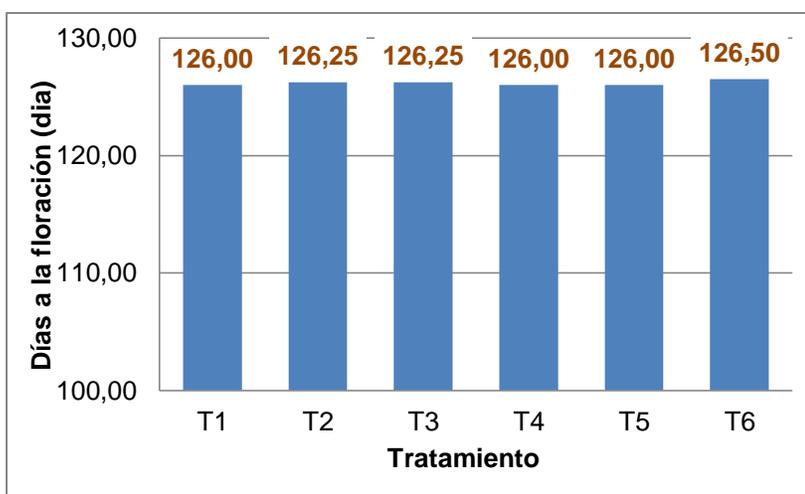
El Cuadro 3, nos muestra los resultados del análisis de varianza respecto a la variable fenológica días a la emergencia, el cual indica estadísticamente con un rango de error ($\alpha=0.05$) que los días a la floración después de la que la aplicación de los biofertilizantes no tiene efecto en mencionada variable, el coeficiente de variación es de 0.32%, el cual indica que no existe variación en los datos recolectados.

Cuadro 3. Análisis de varianza de días a la floración.

FV	GL	SC	CM	Fvalue	Pr>F
Bloque	3	0,0000	0,00	0,00	0,0000
Biofertilizantes	5	0,83	0,17	1,00	0,4509 ns
Error	15	2,50			
Total	23	3,33			
CV (%)	0,32				

FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, *existe significancia al $Pr < 0.05$ de probabilidad.

En la Figura 14, se observa los promedios de la variable días de floración evidenciando una leve diferencia no significativa entre tratamiento, mostrando el valor mínimo de 126 y el mayor de 126.5 días.

**Figura 14. Comparación de medias de los días de floración.**

Con respecto a esta variable días a floración podemos indicar que los resultados no muestran diferencias estadísticamente significativas, de tiempo que demora en llegar a la fase de floración es característica de la variedad, no obstante en esta investigación nos muestran datos de mayores con respecto a sus características fenológicas del cultivo, a esto podemos asumir que la demora en llegar a esta fase fenológica es ocasionado como en la variable de días de emergencia las precipitaciones pluviales tardías.

En la Figura 14, observamos una leve variación de los valores del tratamientos, esto podemos asumir mencionando como la anterior variable que la aplicación de los distintos biofertilizantes no tiene un efecto directo en la fenología de la variedad de cañahua, a esto

Huiza (2008), en su trabajo de tesis efecto de siembra y abono orgánico en el comportamiento agronómico de la cebada indica que la aplicación de abonos orgánicos no existe inferencia en las variables fenológicas. Al respecto Callisaya (2015) argumenta en su investigación que la aplicación de materia orgánica y niveles de abonamientos no tiene efecto en la floración del cultivo de la cañahua.

4.3.3. Días de madurez fisiológica

La madurez fisiológica es la fase fenológica generalmente caracterizada por la formación de granos que acumulan un máximo de materia seca y máximo tamaño de grano, se presenta cuando el 5% de los granos estén por desgranarse. La cañahua es muy susceptible al desgrane en ocasiones llega a desgranarse hasta el 50% si la cosecha no es practicada en el respectivo tiempo.

El Cuadro 4, muestra los resultados del ANVA para la madurez fisiológica del cultivo, donde se evidencia que entre tratamientos no se registran diferencias significativas ($\alpha=0.05$). Estos análisis de probabilidad realizados indican que los días de madurez fisiológica no se encuentra influenciado por la aplicación de los biofertilizantes, su coeficiente de variación de 0.39%, indica que no existe variación en los datos recolectados.

Cuadro 4. Análisis de varianza de madurez fisiológica.

FV	GL	SC	CM	F value	Pr > F
Bloque	3	0.33	0.11	0.29	0.8290 ns
Tratamiento	5	1.33	0.27	0.71	0.6280 ns
Error	15	5.67	0.38		
Total	23	1.67			
CV (%)			0.39		

FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, *existe significancia al $Pr < 0.05$ de probabilidad.

El promedio de los días transcurridos para llegar a la madurez fisiológica presenta una variación desde los 162 a 162.8 días después de la siembra, si bien no existe diferencias estadísticamente, se evidencia una leve variación y esto podemos asumir que los distintos biofertilizantes aplicados no realizaron un efecto en la madurez fisiológica, y los días que

demoraron en llegar a esta fase fenológica fue directamente influenciado por las precipitaciones pluviales como en los anteriores variables fenológicas del cultivo.

Por su parte Huanca (2008), menciona en su investigación con la temática de la aplicación de niveles de abono y riego que en las observaciones fenológicas del cultivo de quinua no evidenció diferencias significativas por la aplicación de niveles de abono orgánico, afirma que no se tiene un efecto instantáneo tanto en las variables fenológicas.

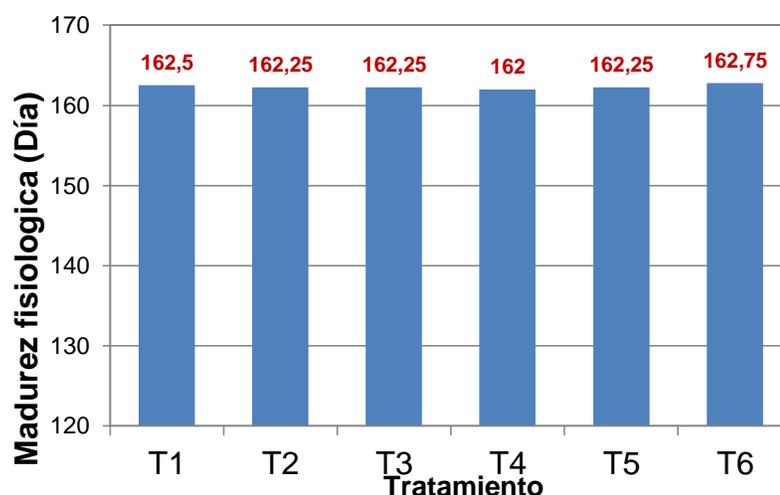


Figura 15. Comparación de medias de la madurez fisiológica como efecto de la aplicación de los biofertilizantes.

Estos resultados obtenidos en el presente estudio, están en el rango que obtuvo Calle (1980), reportó en el altiplano central de Bolivia valores para la madurez fisiológica de 160.00 días para accesiones precoces y 170.00 días para accesiones tardías. Por su parte Arteaga (1996), reporta valores de madurez fisiológica de 101.00 a 141.00 días, y Mamani (1994), reporta valores para la madurez fisiológica en las variedades saihuas de 150.00 a 165.00 días y las variedades lastas de 140.00 a 155.00 días después de la siembra.

4.3.4. Altura de planta

El análisis de varianza (Cuadro 5), mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($\alpha=0.05$). Estos análisis de probabilidad realizados indicaron que las alturas de planta observadas en al menos uno de los tratamientos fueron diferentes. El

coeficiente de variación de 5.3%, indicando que no existe variación en los datos recolectados.

Cuadro 5. Análisis de varianza de altura de planta.

FV	GL	SC	CM	Fvalue	Pr>F
Bloque	3	166.2	55.4	30.66	<.0001 **
Tratamiento	5	134.7	26.9	14.98	<.0001 **
Error	15	27.1	1.8		
Total	23	328.0			
CV (%)	5.2				

FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, *existe significancia al $Pr < 0.05$ de probabilidad.

La prueba de Duncan ($\alpha=0.05$) que se observa en la Figura 16, muestran diferencias estadísticamente diferentes entre tratamientos. Las menores alturas de planta fueron observados en los tratamientos T1 (testigo), T2 (Biofert) y T3 (Biofert con *Bacillus subtilis*). Contrariamente las mejores alturas de planta estuvieron constituidos por los tratamientos T4 (Vigortop), T5 (Vigortop + biofert) y T6 (Vigortop + Biofert con *Bacillus subtilis*), esta diferencia se puede asumir que los biofertilizantes aplicados desarrollaron un efecto positivo en altura de planta respecto al testigo ya sea por acción de los microorganismos que contiene el biofert, el biofert con *Bacillus subtilis* y el vigortop, podemos resaltar que los tratamientos aplicados con el biofertilizante vigortop mostraron un mejor comportamiento a esto podemos atribuir que las características del vigortop como los ácidos húmicos demuestran un efecto positivo.

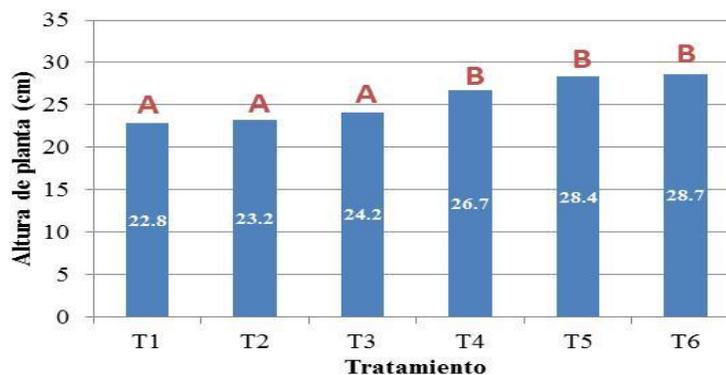


Figura 16. Comparación de medias de la altura de planta como efecto de la aplicación de los biofertilizantes.

Al respecto un estudio realizado por Angulo *et al.* (2013), indican que las sepas de *Bacillus pumillus* y *PaeniBacillus odorifer* mostraron un aumento en alturas de planta de quinuas con respecto de las plantas testigo sin inoculación.

Chipana (2015), en su estudio de aplicación de Vigortop en el cultivo de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) atribuye que los ácidos húmicos y fúlvicos demuestran que la aplicación de Vigortop tiene un efecto positivo sobre el comportamiento de la altura de la planta, otorgándole mayor crecimiento. Otro estudio en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cycla*) desarrollado por Villalva (2013), corrobora que con la aplicación de Vigortop se tiene mejores resultados sobre la altura de planta con respecto a los tratamientos sin aplicación de este biofertilizante.

Al respecto La Fuente (1980), reporta alturas de planta que varía entre 30.00 a 40.00 cm. Mientras, Mamani (1994), reportó que las alturas de planta fluctúan de 20.80 a 21.80 cm para las variedades lasta y para las variedades saihua de 28.00 a 30.00 cm. Por su parte Arteaga (1996), reporta alturas de planta de 15.50 a 57.80 cm para las diferentes accesiones, y Quisbert (2000), quién menciona que varía de 32.02 a 49.10 cm entre plantas con hábito lasta y saihua. Estas diferencias probablemente se deban a sus condiciones genotípicas y fenotípicas de cada accesión ya que todos estos materiales genéticos se encuentran afectados por factores climáticos de la zona durante su desarrollo vegetativo.

4.3.5. Diámetro de Tallo Central DTC (mm)

Esta variable registro un promedio de 5,6 mm con coeficiente de variación de 7,81% que representa un nivel de grado de aceptable para esta característica así mismo, el rango de variación fluctúa entre 4,9 mm a 6,3 mm, sin embargo se puede notar que los tratamientos aplicados con Vigortop registraron diámetros mayor a 6 mm como se puede ver en el cuadro 6.

El análisis de varianza (Cuadro 6), muestra resultados para la variable estudiada Diámetro de Tallo Central que se puede observar diferencias ligeramente significativas entre las repeticiones y tratamientos. El coeficiente de variación que muestra el análisis de varianza para esta variable es 7.81%. Lo cual indica que no hay variabilidad en los datos recolectados.

Cuadro 6. Análisis de varianza de Diámetro de tallo central.

FV	GL	SC	CM	Fvalue	Pr>F
Bloque	3	5,66	1,89	9,57	<0,0009**
Biofertilizantes	5	5,48	1,1	5,56	<0,0043**
Error	15	2,96	0,2		
Total	23	14,1			
CV (%)			7,81		

FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios,

CM: Cuadrados medios, ** es altamente significativa al $Pr < 0.05$ de probabilidad

La prueba de Duncan para el diámetro de tallo central (Figura 17) refleja la formación de diferentes grupos con valores casi similares, el primer grupo que se puede apreciar son los tratamientos T1, T2 y T3 que muestran diámetros menores a 6 mm, identificando el valor de menos magnitud al tratamiento T1 con un valor de 4,9 mm de diámetro, y el otro grupo que muestra el grafico son los tratamientos T4, T5 y T6 que superan el valor de 6 mm de este segundo grupo podemos evidenciar el tratamiento que resalta de los tres que es el tratamientos es T6 aplicado con Vigortop + Biofert con *Bacillus subtilis*, con 6,3 mm de diámetro de tallo central.

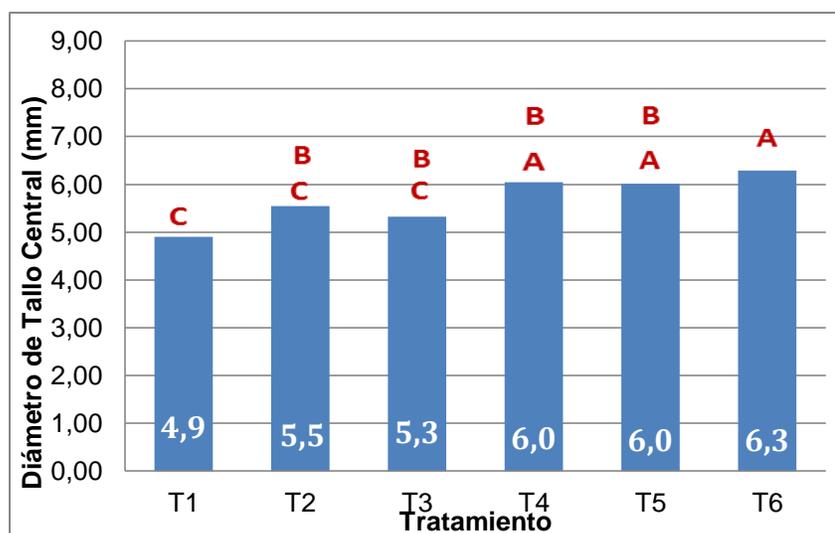


Figura 17. Comparación de medias del diámetro de tallo central como efecto de la aplicación de los biofertilizantes.

Las diferencias causadas por la aplicación de diferentes biofertilizantes que nos muestra la Figura 17, podemos asumir que se debió al efecto de la aplicación de los biofertilizantes, ya sea por la acción de los microorganismos que poseen estos (Biofert y

Biofert con *Bacillus subtilis*) que ofrece a la planta mayor absorción de nutrientes y las propiedades vigorizantes que contiene el Vigortop.

Al respecto Justo (2014), menciona que la inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno en el cultivo de quinua variedad J'acha grano evidenció diferencias significativas sobre el diámetro de tallo respecto a un testigo (sin inoculación). Por otra parte Quispe (2015), demostró que con la aplicación de Vigortop en el cultivo de la quinua obtuvo resultados favorables para que la planta sea más vigorosa puesto que el diámetro de tallo confiere el vigor a la planta.

Algunos autores sostienen que los abonos influyen positivamente incrementando la productividad del cultivo (Camacho, 2006 y Chilon, 2011), por otra parte, estas diferencias podrían atribuirse también a la asimilación de nutrientes de nitrógeno en mayor proporción (Chilon, 1997).

4.3.6. Cobertura vegetativa (cm²)

La cobertura vegetativa está referida al desarrollo de las ramas laterales que expresa la arquitectura morfológica de la planta, lo que permite cubrir mayor superficie y de esta manera captar mayor cantidad de luz para realizar el proceso de fotosíntesis (Mamani, 2003).

Los resultados del análisis de varianza señalados en el cuadro 7, muestran diferencias altamente significativas ente las diferentes repeticiones y tratamientos ($\alpha=0.05$). Con un coeficiente de variación de 15.97%, indicando que no existe variación en los datos recolectados en campo.

Cuadro 7. Análisis de varianza de cobertura vegetal.

FV	GL	SC	CM	Fvalue	Pr>F
Bloque	3	1050479.8	129077.6	17.89	<.0001 **
Tratamiento	5	645388.1	350159.9	6.60	<.0001 **
Error	15	293536.2	195669.1		
Total	23	328.0			
CV (%)				15.97	

FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, **alta mente significativo al $Pr<0.05$ de probabilidad

La prueba de medias para la variable cobertura vegetal, realizado a través de Duncan ($\alpha=0.05$), verifica la existencia de diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos aplicados sobre el cultivo de la cañahua (Figura 18). Se aprecia que la menor cobertura vegetal, fue observado en el tratamiento T1 con 678.1 cm^2 , contrariamente los mejores valores, estuvieron constituidos por los tratamientos T4, T5 y T6, que registraron promedios de 907.7 , 1070.31 y 1101.3 cm^2 , respectivamente. Nuevamente se evidencia que la aplicación combinada de los diferentes Biofertilizante como el Vigortop, Biofert y Biofert con *Bacillus subtilis*, también tuvieron su efecto en lograr un incremento en la cobertura vegetal.

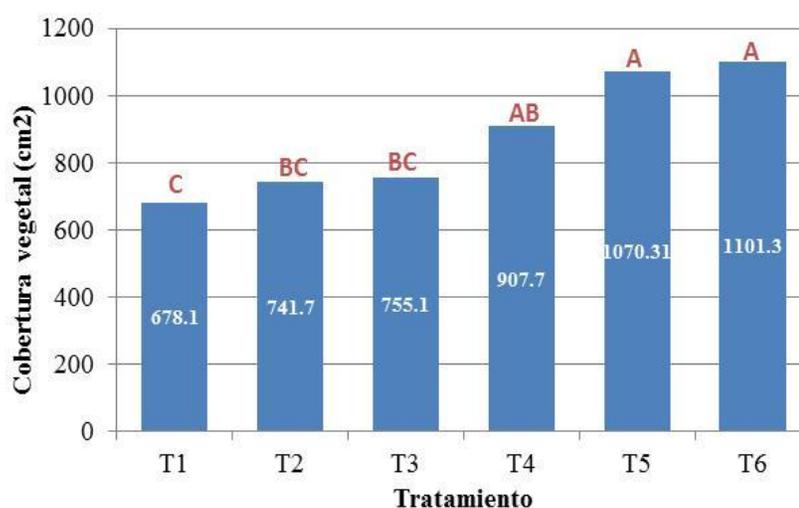


Figura 18. Comparación de medias de la cobertura vegetativa.

La notable diferencia de la cobertura vegetativa entre los tratamientos puede atribuirse a la absorción de nitrógeno disponible del suelo y la acción de los biofertilizantes aplicados en el presente ensayo, se puede apreciar que los tratamientos T4, T5 y T6 obtuvieron mayores resultados, este comportamiento se puede asumir al efecto de la aplicación del Vigortop ya que es un biofertilizante foliar que posee las características de incrementar el follaje en las plantas y es un bioestimulante y promotor de crecimiento (Ortuño *et al.*, 2009).

Corina (2011), afirma que la aplicación de Biofert con incorporación de abonos orgánicos favorece al cultivo para una mayor absorción de nitrógeno y desarrollar amplia cobertura vegetativa. Por otra parte Chipana (2014), argumenta que la aplicación del Vigortop

influye en el número de tallos laterales, este efecto está relacionado con la división celular ya que estimulan el crecimiento por ende la ramificación.

Por su parte Pinto (2008), señala que la variedad Illimani alcanza 907 cm² como promedio de cobertura vegetativa, información obtenida en varias gestiones, mediante evaluaciones participativas.

4.3.7. Diámetro de grano (mm)

El análisis estadístico para el diámetro de grano que se muestra en el Cuadro 8, con un 5% de probabilidad se puede apreciar que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos (Biofertilizantes) que se aplicaron en el cultivo, el coeficiente de variación para esta variable muestra un valor de 4.04% el cual nos indica que los diámetros de grano no difieren entre ellos.

Cuadro 8. Análisis de varianza de Diámetro de grano.

FV	GL	SC	CM	Fvalue	Pr>F
Bloque	3	0,0167	0,0056	0,30	0,9053 ns
Biofertilizantes	5	0,0033	0,0007	2,50	0,0991 ns
Error	15	0,0333			
Total	23	0,0533			
	CV (%)	4,04			

FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, *existe significancia al Pr<0.05 de probabilidad

En la Figura 19 muestra valores respecto a diámetros de grano que fluctúan de 1.15 mm con los tratamientos T1 y T6, y un valor de 1.18 mm los tratamientos T2, T3, T4 y T5.

Aruquipa (2005), afirma que los diámetros de grano de cañahua varían entre 1.1 mm a 1.2 mm, existiendo variabilidad de acuerdo al germoplasma. Pinto *et al.* (2008), en la ficha técnica denominado Variedad de Cañahua Illimani menciona que el diámetro de grano de la variedad tiene un valor de 1.2 mm, por lo que el presente trabajo se asemeja a este valor, no se encontraron trabajos al respecto para realizar comparaciones.

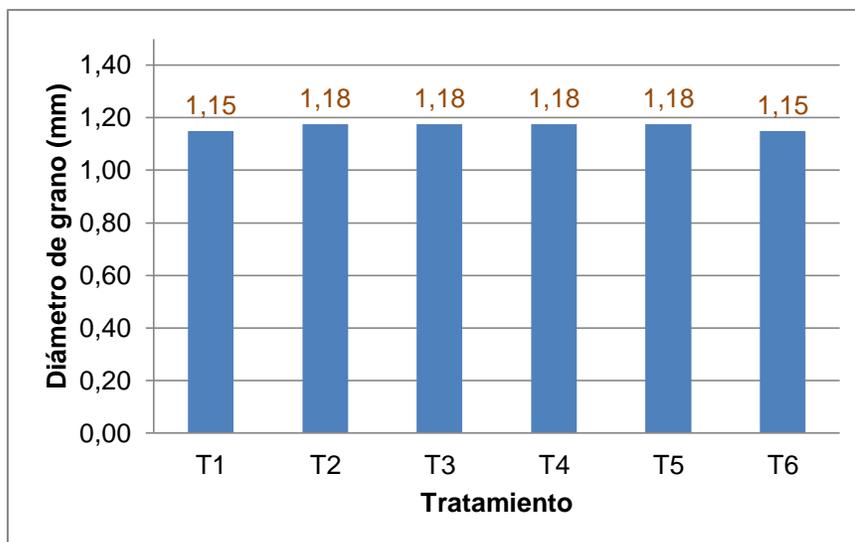


Figura 19. Comparación de medias del peso de mil granos.

En la Figura 19, se puede evidenciar el comportamiento del diámetro de grano con valores casi semejantes, la aplicación de los biofertilizantes no mostraron efecto en la variable de estudio, esto tal vez sea porque la dimensión del diámetro de grano es característico definida de la variedad, también asumimos que el tipo y nivel de fertilización no tiene un efecto directo en el diámetro de grano.

Ticona (2011), indica que la aplicación de biofertilizantes (Fertisol, Biol y Vigortop) no tiene efectos significativos en el diámetro de grano en el cultivo de cañahua. Al respecto Callisaya (2015), indica que la aplicación de diferentes niveles de turba como abono no muestra efecto significativo en el tamaño de grano en el cultivo de cañahua. Por otra parte Huascara (2014), complementa que la aplicación de abonos orgánicos en Ajara (*Chenopodium* sp.) no evidenciaron diferencias estadísticas y revela que los efectos son similares para la variable de tamaño de grano.

4.3.8. Rendimiento de semilla por planta (g/planta)

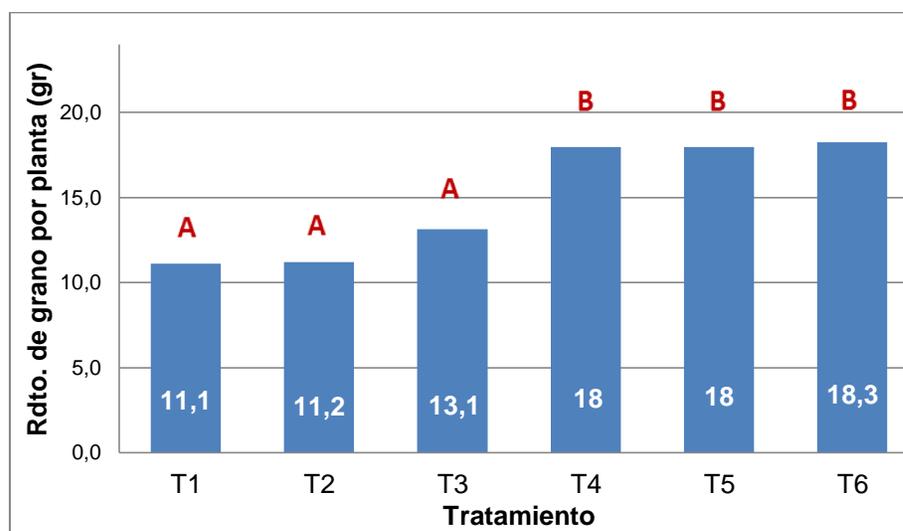
El análisis de varianza que muestra el Cuadro 9, hace referencia al rendimiento de semilla por planta, en el cual se observa diferencias significativas entre los diferentes biofertilizantes y sus respectivas combinaciones aplicadas en esta investigación, estos mismos tuvieron influencias en esta variable al 5% de error experimental, el coeficiente de variación de este análisis de varianza es de 8,61%, indicando que no existe variación en los datos recolectados en campo.

Cuadro 9. Análisis de varianza de rendimiento de semilla por planta.

FV	GL	SC	CM	Fvalue	Pr>F
Bloque	3	10,23	3,41	2,08	0,145 ns
Biofertilizantes	5	237,18	47,44	28,93	0,0001 **
Error	15	24,60			
Total	23	1,64			
CV (%)		8,61			

FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, **altamente significativa al Pr<0.05 de probabilidad

La variable de rendimiento de grano por planta, muestra diferencias de peso entre tratamientos (biofertilizantes) de acuerdo a la Figura 21, las cuales variaron dentro de un rango de 11,1 a 18,3 g/planta. La comparación de medias por el método Duncan al 5% de probabilidad estadística, refleja que el tratamiento T6: Vigortop + Biofert con *Bacillus subtilis* con peso de 18,3 g/planta es estadísticamente superior que los otros tratamientos (Biofertilizantes) aplicados en el cultivo de la cañahua, por otra parte el tratamiento T1: Testigo muestra un valor de peso 11,1 g/planta representa que estadísticamente es el de menor valor entre los tratamientos aplicados.

**Figura 20. Comparación de medias de rendimiento de grano por planta.**

Podemos asumir que el comportamiento de rendimiento de grano por planta (Figura 20), por el efecto de los biofertilizantes se debe al efecto de la aplicación de los biofertilizantes,

por un lado el incremento de los tratamientos T2 y T3 tal vez se asume a las propiedades del Biofert caracterizado por su contenido de nitrógeno, los tratamientos T4, T5 y T6 son los que muestran mejores resultados posiblemente se debió por el efecto de la aplicación de Vigortop, ya que podemos atribuir a estos resultados el incremento de la cobertura vegetativa o por el mayor número de ramas que desarrollaron por la aplicación de este biofertilizante.

Los pesos de grano por planta individual obtenidos presentan valores reportados por Mamani (2000), en el sentido de que las líneas de cañahua experimentadas en la E. E. Belén alcanzaron valores de 9.4 a 14.0 g/planta.

Los rendimientos obtenidos en el trabajo de investigación de Mayta (2012), muestran valores de 12.28 g/planta como un valor menor y 16.6 g/planta como el promedio mayor, y los valores obtenidos en el presente trabajo están casi por estos valores por el autor citado.

Probablemente los resultados diferenciados obtenidos en este experimento que muestra un mayor desarrollo en tratamientos aplicados con el Vigortop se deben a que este es un bioestimulante y promotor de crecimiento. Promueve el crecimiento y el incremento de follaje en las plantas, siendo también un vigorizante que disminuye la caída de flores e incrementando el rendimiento de los cultivo (Ortuño *et al.*, 2009).

4.3.9. Rendimiento (kg/ha)

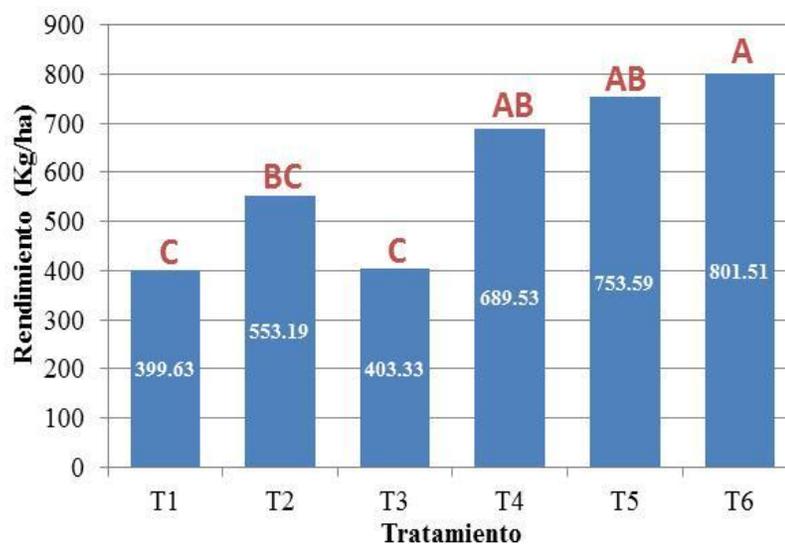
En el análisis de varianza para el rendimiento de grano Cuadro 10, muestra diferencias altamente significativas entre los diferentes tratamientos y sus respectivas repeticiones. Este análisis estadístico de probabilidad realizados indican que los rendimientos observados al parecer fueron influenciados por la aplicación de los diferentes tratamientos (Biofertilizantes), su coeficiente de variación es de 21.6%, indicando que no existe variación en los datos recolectados en campo.

Cuadro 10. Análisis de varianza de rendimiento por superficie.

FV	GL	SC	CM	Fvalue	Pr>F
Bloque	3	183740,88	61246,96	3,63	0,0377 *
Biofertilizantes	5	612909,58	122581,92	7,27	0,0012 **
Error	15	253051,80	16870,12		
Total	23	796650,46			
CV (%)		21,60			

FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, *existe significancia al $Pr < 0.05$ de probabilidad.

Como se muestra en la Figura 21, la prueba de Duncan (5%), se observa los resultados de rendimiento en kg/ha, donde estadísticamente el mayor valor de rendimiento fue reportado por el tratamiento T6: Vigortop + Biofert con *Bacillus subtilis*, con 801,51 kg/ha, y el más bajo fue el T1: Testigo con un rendimiento de 399.63 kg/ha,

**Figura 21. Comparación de medias de rendimiento por superficie.**

Los resultados representados del análisis de varianza de la Figura 22 muestran los valores de rendimiento del presente ensayo donde podemos apreciar diferencias significativas entre tratamientos, podemos asumir estos valores al efecto de los biofertilizantes aplicados, por un lado el biofert realizó un incremento respecto al testigo, esto tal vez por los nutrientes que los microorganismos sintetizaron y ofrecido a la planta, como ser el nitrógeno y potasio. Por otro lado se observa un mejor incremento de

rendimiento los tratamientos aplicados Vigortop, a esto podemos asumir que posiblemente fue causado por las propiedades que este biofertilizante muestra, asumimos también estos rendimientos a que el biofertilizante según Chipana (2015), incrementa tallos laterales y por ende se presume mejor ramificación y mayor número de inflorescencias obteniendo más rendimiento.

Al respecto Ticona (2011), corrobora que con la aplicación de biofertilizantes (biol, Fertisol, vigortop) se obtiene buenos rendimientos de grano de cañahua. Similares resultados fueron reportados por Navia (2010), en la evaluación de microorganismos benéficos en la producción de quinua donde el efecto fue altamente positivo por la aplicación de bioinsumos en base a microorganismos benéficos como bacterias y hongos aplicados con materia orgánica y complementada con fertilizantes orgánicos en el desarrollo y rendimiento del cultivo de la quinua.

Por su parte Aracena y Bitancor (2015), señalan que la aplicación de la fertilización orgánica permite incrementar los rendimientos del cultivo de la quinua llegando a ser aceptables, donde se evaluó 4 fertilizantes en la producción de quinua donde obtuvo valores de rendimientos de 1132.69 kg/ha como el valor más bajo (testigo) y 1151.15 kg/ha como un valor alto en rendimientos (trichoderma), cabe resaltar que la comparación de rendimientos no es correcta ya que son distintas especies, más hacemos referencia de estos rendimientos para tener la idea del efecto que causa la aplicación de abonos orgánicos en los cultivos.

4.3.10. Peso de 1000 granos (mg)

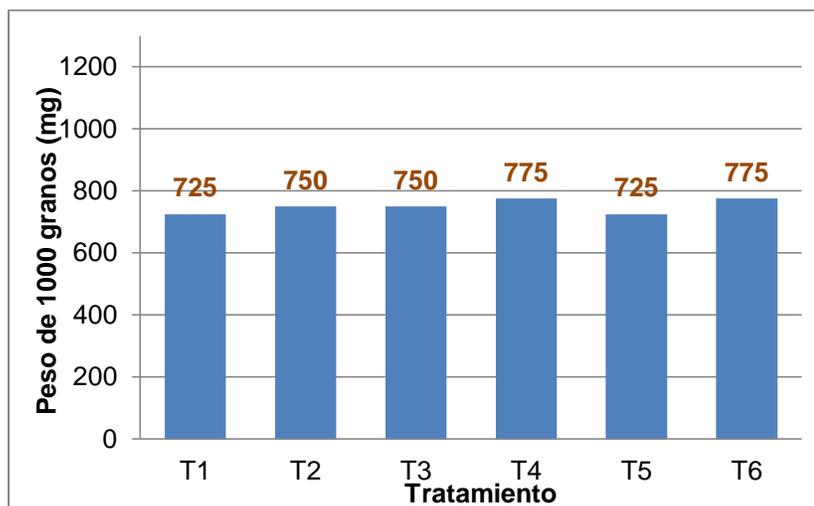
Los resultados del análisis de varianza para la variable peso de 1000 granos visto en el Cuadro 11, muestran que no hay diferencias significativas por la aplicación de los biofertilizantes, tampoco así como en sus repeticiones, con los cuales analizados con la Prueba de Duncan al nivel de 5% de probabilidad estadística, el coeficiente de variación tiene un valor de 10.14% datos indicando que no existe variación en los datos recolectados en campo.

Cuadro 11. Análisis de varianza de peso de 1000 granos.

FV	GL	SC	CM	Fvalue	Pr>F
Bloque	3	23333,33	7777,78	0,35	0,8768 ns
Biofertilizantes	5	10000,00	2000,00	1,35	0,2970 ns
Error	15	86666,67			
Total	23	120000,00			
CV (%)		10,14			

FV: Fuente de Variación, gl: grados de libertad, SC: Suma de Cuadrados Medios, CM: Cuadrados medios, *existe significancia al $Pr < 0.05$ de probabilidad.

En la Figura 22, nos muestra que el mayor de peso de 1000 granos corresponde a los tratamientos T4: Vigortop con 775 mg y T6: Vigortop + Biofert con *Bacillus subtilis*, también con un peso de 775 mg, aunque estadísticamente no son diferentes entre los tratamientos tampoco entre repeticiones.

**Figura 22. Comparación de medias del peso de 1000 granos**

Por su parte Ramírez *et al.* (2016), en su trabajo de Aplicación de Biol y riego por goteo en diferentes cultivares de cañahua obtuvo resultados de 0.66 g y 0.61 g haciendo referencia que la diferencia de los pesos probablemente se debe a las características genéticas de cada cultivar.

En el trabajo de Mayta, (2012), también hace referencia la variabilidad de resultados al material genético obteniendo datos de peso de 1000 granos; de 1.05 g como el peso más alto y 0,57 g como el valor mínimo.

Mamani y Bonifacio (2011), indica con la investigación del efecto del estiércol de llama mejorado en la calidad de grano de quinua, que el análisis de varianza para la variable de peso de 100 semillas no presenta diferencias estadísticas significativas para los tratamientos con abonos de llama, lo que refiere que sus efectos del tratamiento no influyen significativamente o no fueron detectados.

No contando con suficientes investigaciones es este cultivo podemos relacionar Rodríguez y Martínez (2010), en su trabajo de la aplicación de cuatro fuentes de materia orgánica en el cultivo de amaranto mencionan que el análisis de varianza para el peso de granos se encuentran valores no significativos, por la aplicación de materia orgánica enfatizando que estos resultados se deben a las diferencias genéticas y fisiológicas de las líneas.

4.4. Variables económicas

Los costos de producción derivados del presente estudio se basan en la determinación de costos variables obtenidos de Riquelme (2011). Los detalles del cálculo de costos se encuentran en el siguiente Cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis económico de la investigación.

Nº	TRATAMIENTO	Rendimiento (kg/ha) 1	Precio / oportunidad (Bs./kg) 2	Total costo Variable (Bs.) 3	Total Beneficio Bruto (Bs.) 4 = 1*2	Total Beneficio Neto (Bs.) 5 = 4-3	Relación Beneficio/costo (Bs/Bs) 6 = 4/3
1	T1: TESTIGO	399,63	14,13	4.797,50	5.646,95	849,45	1,18
2	T2: BIOFERT	553,19	14,13	5.148,00	7.816,82	2.668,82	1,52
3	T3: BIOFERT CON <i>Basillus subtilis</i>	403,33	14,13	5.320,50	5.699,23	378,73	1,07
4	T4: VIGORTOP	689,53	14,13	5.357,50	9.743,36	4.385,86	1,82
5	T5: VIGORTOP + BIOFERT	753,59	14,13	5.776,50	10.648,55	4.872,05	1,84
6	T6: VIGORTOP + BIOFERT CON (<i>Basillus subtilis</i>)	801,51	14,13	5.779,00	11.325,68	5.546,68	1,96

En el Cuadro 12, se observa que para la producción de una hectárea de cañahua el tratamiento T1 es el de menor inversión con un valor de Bs. 4,797.50 y el tratamiento T6 tiene la mayor inversión con 5,779.00 Bs.

En referencia a los beneficios brutos para la producción de una hectárea de cañahua el valor más alto obtuvo el tratamiento T6 con Bs. 11,325.68, y el más bajo en cuestión al beneficio bruto es del tratamiento T1 con un valor de Bs 5,646.95.

Al respecto a los beneficios netos el valor más alto se determinó en el tratamiento T6, con un valor de Bs. 5,546.68, y el valor más bajo mostró el tratamiento T3 con Bs. 378.73. Con esto indicamos que con el tratamiento T6 se percibe mejores ingresos económicos.

El mejor resultado de la relación beneficio costo que muestra el Cuadro 12, es el tratamiento T6 con un valor de 1.96 esto manifiesta que por cada boliviano que se invierte, se obtiene una ganancia de 0.96 bolivianos, por otra parte el menor valor de beneficio costo lo registra el tratamiento T3 con 1.07, que indica que por cada boliviano invertido se logra una ganancia de 0.07 bolivianos, lo que significa que los valores de los beneficios es superior a los costos de producción, como también representa que los

tratamientos recuperan la inversión y se realiza un lucro económico por la producción de una hectárea de cañahua. Riquelme (2011), indica que si los valores de la relación beneficio costo superan el valor de la unidad es recomendable aceptar la ejecución de la inversión.

.

5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos y por las interpretaciones efectuadas, se tiene las siguientes conclusiones:

- En la variable fenológica días de emergencia los valores muestran que no existen diferencias significativas estadísticamente, registrando un valor de emergencias de las plantas de 34 días después de la siembra, cabe reiterar que el tiempo que tardaron en emerger fue sujeto a los factores climáticos de la región y la campaña agrícola.
- El análisis de varianza de los días de floración después de la siembra muestran que no existe significancias estadísticas por el efecto de la aplicación de los biofertilizantes, ya que el valor promedio de esta variable es de 126 días.
- El promedio de los días de la madurez fisiológica fue de 162 a 162.8 días después de la siembra, el análisis de varianza muestran que no hay efectos significativos, podemos mencionar que la aplicación de los biofertilizantes aplicados en esta investigación no desarrollan un efecto en los factores fenológicos del cultivo de la cañahua.
- Las variables de altura de planta y cobertura vegetal mostraron un comportamiento similar teniendo un rango de valores de altura de planta de 28.7 cm aplicado con Vigortop más Biofert con *Bacillus subtilis*, y con un valor de 22.8 cm de altura el tratamiento testigo del experimento, con respecto a la cobertura vegetal el tratamiento aplicado con Vigortop más Biofert con *Bacillus subtilis* mostro el mejor valor con 1101.3 cm², el testigo mostro el valor inferior de todos los tratamientos aplicados con un valor de 687.1 cm², indicamos que la aplicación de los biofertilizantes si desarrollan un efecto en el cultivo de la cañahua.
- En el rendimiento por superficie se observaron diferencias significativas entre los biofertilizantes aplicados en la investigación, donde el tratamiento aplicado con Vigortop mas Biofert con *Bacillus subtilis* alcanzó el mayor valor de 801.51 Kg/ha, el testigo presentó menor valor de rendimiento con 399.63 51 Kg/ha, a esto atribuimos las tardías precipitaciones que presentó la región.
- Respecto a los costos de producción y el análisis económico de Beneficio Costo (B/C), el tratamiento T6 aplicado con la combinación de Vigortop más Biofert con *Bacillus subtilis* obtuvo un valor de 1.96 y el tratamiento T3 testigo logró el valor

1.07 de beneficio estimando la producción de cañahua en la campaña agrícola de las gestiones de 2014 – 2015.

6. RECOMENDACIONES

- En el trabajo de investigación realizado en la comunidad de Jancohaque, se recomienda la aplicación de la combinación de biofertilizantes (Vigortop + biofert con *Bacillus subtilis*) como alternativa para incrementar sus rendimientos de cañahua, el mismo es una aceptable alternativa en su análisis económico para los agricultores de la región.
- Se recomienda desarrollar un trabajo similar en condiciones de riego controlado ya que en la presente investigación se tuvo dificultades con las precipitaciones tardías que ocurrieron en la campaña agrícola 2014 – 2015 en la región, posiblemente corroborarían el efecto de los biofertilizantes en la fenología del cultivo de cañahua.
- Realizar otras investigaciones en el cultivo de cañahua con los biofertilizantes aplicados en el presente trabajo de investigación desarrollando temas como dosis de aplicación en caso del Vigortop, dosis, métodos y momentos de aplicación del Biofert y Biofert con *Bacillus subtilis*.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, E. 2003. Sustentabilidad en cultivos anuales: Cero labranza, manejo de rastrojos. Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp. 18.
- AGUAYO, G. 2012. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Bajío (INIFAP). Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. Celaya Guanajuato, México.
- ALANOCA, C., FLORES, J., MAMANI, E., PINTO, M. Y ROJAS, W. (2008). Preparación del terreno y siembra. Manejo tradicional del cultivo de cañahua. Conservación de la agrobiodiversidad en sistemas tradicionales de cultivo. Serie N°1. Fundación PROINPA regional La Paz. La Paz, Bolivia. pp. 15.
- ALAHNA, C. 2005. Estudio morfológico y fisiológico de los cultivos de quinua, cañahua, tarwi, oca, olluco, izaño y maca para entender los mecanismos de adaptación a factores abióticos adversos. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 73.
- ALARO, J. 2011. Evaluación de tres variedades de frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.) con aplicación de fertirriego relacionado a las fases fenológicas en técnica de cultivos verticales en ambiente atemperado. Tesis de Ing. Agr. Universidad Pública de El Alto La Paz, Bolivia.
- ANGULO M. *et al.* (2013). Efecto de diferentes cepas de bacterias promisorias en plantas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de invernadero. Congreso científico de la quinua, La Paz, Bolivia. pp. 185-255.
- APAZA, V. (2010). Manejo y Mejoramiento de Kañiwa. Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno, Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente-CIRNMA, Biodiversity International y el International Found Agricultural Development-IFAD. Puno, Perú. pp. 7-39.
- ARACENA, G Y BITANCOR, M. (2015). Evaluación de cuatro fertilizantes en la producción de quinua. Artículo. INTA – IPAF NOA. Jujuy, Argentina.

- ARTEAGA, J. 1996. Caracterización preliminar y evaluación agronómica de 480 accesiones de germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la Estación Experimental Patacamaya. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Agronomía La Paz, Bolivia. 72 p.
- ARO, M. 2015. Evaluación de la dehiscencia de granos desde la antesis hasta la madurez fisiológica en seis cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el dentro experimental de Choquenaira provincia Ingavi, La Paz. Tesis de licenciatura. UMSA. La Paz, Bolivia.
- BENIGNA, M. 1979. Liberación del potasio en los suelos y su toma por la planta. Artículo. Zaragoza, España. pp. 555.
- BIOTOP, 2012. Folleto informativo de Vigortop. Fundación PROINPA. Oruro, Bolivia.
- CALLE, CH. E. 1980. Morfología y variabilidad de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) cultivada en el Altiplano Boliviano Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Cbba, Bolivia. 88 p.
- CALLISAYA, V. 2015. Efecto de niveles de abonamiento con turba en el comportamiento agronómico de la qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) bajo ambiente atemperado en K'iphakiphani-Viacha provincia Ingavi. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- CAMACHO, N. 2006. Manual de buenas prácticas de manejo de cuencas hidrográficas s.n.t. pp. 45-55.
- CANO, V. 1973. El cultivo de la cañihua. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Boletín N°2. Puno, Perú. pp. 1-8.
- CHILON, E. 1996. Manual de edafología. Edición CIDAT, La Paz, Bolivia. pp. 290.

- CHILON, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas de campo y laboratorio. La Paz, Bolivia. Ed. CIDAT. pp. 250.
- CHILON, E. 2011. Compostaje alto andino, seguridad alimentaria y cambio climático.
- CHIPANA, D. (2015). Aplicación del vigortop en el cultivo de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) en ambiente protegido en ventilla, municipio de Achocalla. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- COMBAT, E. *et al.* 2009. Alteración química de la solución de un suelo sulfatado ácido, con enclamiento y lavado en columna disturbadas. Artículo científico. Revista U.D.C.A. Córdoba, Colombia. pp. 106.
- CONTI, M. 2005. Principios de edafología. Segunda reimpresión. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- CORINA, D. 2011. Evaluación de cuatro bioinsumos como alternativa para la sostenibilidad de los sistemas tradicionales de producción de papa (*Solanum tuberosum ssp andigenum*) en Cariquina grande, provincia Camacho. Tesis de licenciatura. Universidad Pública de El Alto. La Paz, Bolivia. 45-46.
- CUBA, E. 2005. Proceso Productivo del Cultivo de la Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Comunidades del Ayllu Majasaya Mujlli. Tesis de Licenciatura. UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- CUSI, M. 2010. Administración de empresas agropecuarias. La Paz, Bolivia. pp. 170-183.
- DOMINGUEZ, V. A. (1978). Abonos Minerales. Quinta edición (Revista y ampliada). Madrid, España. pp. 61-71.
- ECOCAMPO, 2007. *Basillus subtilis*. Boletín de EcoCampo. Lima, Perú. pp. 1.
- ENA. 2008. Encuesta Nacional Agropecuario. La Paz, Bolivia.

- ESPINOZA, J. 2005. Caracterización del proceso de crecimiento de *Bacillus subtilis* bajo condiciones anaerobias. Tesis Doctoral. UNAM, Cuernavaca, Mexico. pp. 17.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1983. El reciclaje de la materia orgánica en la agricultura de América Latina. Boletín de suelos de la FAO N° 51. Roma, Italia. pp. 12-13.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1990. Aumento del rendimiento mediante el uso de fertilizantes y otros insumos. Roma, Italia. pp. 50.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1998. Soil map of the world. Revised legend. World Soil Resources. Roma, Italia. pp. 60.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. 1997. Análisis de sistemas de producción animal. Tomo 2: las herramientas básicas. Departamento de agricultura. Roma, Italia.
- FLORES, R. 2007. Evaluación participativa de líneas y accesiones promisorias de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en dos comunidades del canton Chachacomani. Tesis de licenciatura. UMSA. La Paz, Bolivia.
- FLORES, J., ALANOCA, C., MAMANI, E., PINTO, M. Y ROJAS, W. 2008. Labores de cultivo y control de insectos y enfermedades. Manejo tradicional del cultivo de cañahua. Conservación de la agrobiodiversidad en sistemas tradicionales de cultivo. Serie N°1. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 18.
- FUENTES, Y. *et al.* (1989). El suelo y los fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. pp. 88.
- Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (Fundación PROINPA). 2002. Una herencia de Bolivia para el mundo. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp: 7 – 8

- GERRARIS, G. 2009. Pérdidas de nitrógeno por volatilización y su implicancia en el rendimiento del cultivo de maíz en pergamino (BS AS). Efectos de fuente, dosis uso de inhibidores. Artículo. Buenos Aires, Argentina. pp. 6.
- GUTIERREZ, J., et. al. 2000. Efecto del manejo de suelo sobre la densidad aparente y la resistencia mecánica a la penetración. Universidad Nacional del Nordeste. Las Breñas – Chaco, Argentina. pp. 1.
- HERRERA, T. A. 2010. Suelos con Énfasis del Altiplano. Talleres de la Unidad de Publicaciones – UNA. Puno, Peru. pp. 133, 435-436.
- HUACARA, G. 2014. Evaluación agronómica de la ajara (*Chenopodium* sp.) con la aplicación de abono orgánico en la comunidad chuca provincia Pacajes – Altiplano central. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- HUANCA, A. 2008. Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico y riego deficitario sobre el desarrollo y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano central. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 75 – 110.
- HUANCA, V. 2007. Incorporación de tres especies como abono verde y su efecto en el rendimiento de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 46-54.
- HUIZA, A. 2008. Efecto de la densidad y abono orgánico en el comportamiento agronómico de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el altiplano norte. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 29.
- INE. Instituto Nacional de Estadística. 2008. Encuesta Nacional Agropecuario: 2008.
- IPGRI, PROINPA e IFAD. 2005. Descriptores para cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; International Fund for Agricultural Development, Roma, Italia. pp. 26-34.

- JUSTO, I. (2014). Efecto de la incorporación de estiércol de ovino y biofertilizante microbiano sobre el comportamiento agronómico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en el municipio de Papel Pampa, del Dpto. de La Paz. Tesis de Licenciatura. UMSA. La Paz, Bolivia.
- KENT, N. 1983. Technology of Cereals. Third Edition. Pergamon Press. Oxford, New Cork- USA.
- LA FUENTE, R. 1980. Ensayo comparativo de 5 ecotipos y 5 líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el altiplano central, Tesis de grado, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. pp. 20 – 35.
- MAMANI, F. 1994. Efecto de la densidad de siembra en cuatro variedades de qañawa (*Chenopodium pallidicaule*, Aellen) en el altiplano norte. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 71 p.
- MAMANI, F. 2000. Informe de caracterización de líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) del Programa Granos Andinos. La Paz, Bolivia. 15 p.
- MAMANI, F. 2003. Componentes de rendimiento en la producción de grano de seis cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis M. Sc. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. pp. 67.
- MAMANI, F. 2017. Estado de arte del cultivo de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Bolivia. Primer congreso nacional de saberes y conocimientos en cañahua. Memoria. La Paz, Bolivia. pp. 23-27.
- MAMANI, I. Y BONIFACIO, A. 2011. Efecto del estiércol de llama (*Lama glama*) mejorado en la calidad de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). La Paz, Bolivia.
- MAMANI, E., FLORES, J., ALANOCA, C., PINTO, M. Y ROJAS, W. 2008. Cosecha, pososecha y selección de semilla. Manejo tradicional del cultivo de cañahua.

Conservación de la agrobiodiversidad en sistemas tradicionales de cultivo. Serie N°1. Fundación PROINPA. Regional altiplano. La Paz, Bolivia. pp. 15.

MARTINEZ, B. Y RODRIGUEZ, S. 2010. Evaluar la aplicación de cuatro fuentes de materia orgánica en el cultivo del amaranto (*Amaranthus spp*) en dos localidades de la provincia Cotopaxi. Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga, Ecuador. pp.90.

MAYTA, A. 2012. Evaluación agromorfológica y componentes de rendimiento de doce accesiones de cañahua en condiciones de kallutaca. Tesis de grado. Universidad Pública de El Alto. La Paz, Bolivia. 36 p.

NAVIA, O. 2010, Incorporación de bioinsumos en base a Microorganismos benéficos en la Producción Orgánica de Quinoa. Artículo FUNDACIÓN PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

ORTUÑO, N., NAVIA, O. Y MENESES, E. 2009. Catálogo de Bioinsumos. Para mejorar la productividad de los cultivos ecológicos y convencionales. PROINPA-BIOTOP. Cochabamba, Bolivia.

PARDAVÉ, C. 2004. Cultivo y comercialización de papa. Primera edición. Editorial Palomino E.I.R.L. Perú. pp. 133.

PAUCARA, L. 2016. Comportamiento agronómico de quince líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en la estación experimental de Quipaquipani del departamento de La Paz. Tesis de Licenciatura. UMSA. La Paz, Bolivia.

PINTO, M. Y ROJAS, W. 2013. Illimani y Kullaca: las primeras variedades de cañahua en Bolivia. Artículo. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.

PINTO, M. Y ROJAS, W. 2017. Variabilidad genética de la colección de germoplasma de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Artículo científico, vol. 3, n° 4. La Paz, Bolivia. pp. 16.

- PINTO, M., ROJAS, W. Y SOTO, J. 2008. Variedad de Cañahua ILLIMANI. Cartillas de Información. Fundación PROINPA. Cochabamba-Bolivia. pp. 1-2.
- Plan de Desarrollo Municipal (PDM). 2009. Municipio de Jesús de Machaca.
- PORTA, C. *et al.* (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ra edición. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 731.
- QUISBERT, M. L. 2003. Evaluación agronómica preliminar de 20 accesiones de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 26 – 65.
- QUISPE, H. 2015. Evaluación de variedad precoces de quinua con fertilización foliar en K'iphak'iphani, Viacha departamento de La Paz. Tesis de licenciatura. UMSA. La Paz, Bolivia. pp. 359- 588.
- QUISPE, L. 2007. Análisis de la variabilidad fenotípica de 244 accesiones de germoplasma de cañahua (*Chenipodium pallidicaule* Aellen), en la localidad de Quipquipani provincia Ingavi. Tesis de licenciatura. UMSA. La Paz, Bolivia.
- SIPE, J, 2011. Relación carbono: nitrógeno en los suelos del altiplano central producto de la aplicación de abonos orgánicos e inorgánicos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. pp. 47-150.
- SOROA, M. 2003. Estudio del efecto de aplicación de biofertilizantes sobre algunas variables de crecimiento y rendimiento en *Gerbera jamesonii* cv. Bolus. Cultivos tropicales. Vol. 24. pp. 2.
- SOTO, J. Y CARRASCO, E. 2008. Estudio del valor real y potencial de la biodiversidad de los granos andinos (quinua, caahua y amaranto) en Bolivia. Informe NUS – IFAD II. La Paz, Bolivia. pp. 5-37.

- RIQUELME, C. 2011. Formulación y evaluación de proyectos. Primera edición. La Paz, Bolivia. pp. 94-104.
- ROMANI, R. Y ANCHAPURI, V. 2011. Proyecto regional cultivos andinos. Folleto producción de Kañiwa. Edición N° 01. Puno, Perú.
- TAMBO, R. 2004. Manual del consultor. Universidad Católica Boliviana San Pablo. La Paz, Bolivia. pp. 245-249.
- TANGARA, E. 2007. Efecto de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en las propiedades físicas y químicas del suelo sobre el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en tres comunidades del altiplano central de Bolivia. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- TAPIA, M. 1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte en la Alimentación. FAO. 2da ed. Santiago, Chile. 273 p.
- TICONA, J. 2011. Efecto de la biofertilización en dos líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en Calasaya provincia Los Andes. Tesis de licenciatura. UMSA. La Paz, Bolivia.
- TRINIDAD, A. 1987. Abonos orgánicos, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGRAPA). Texcoco, México. pp. 4
- VIDAL, J. 2003. Dinámica del potasio en el suelo y su requerimiento por los cultivos. Proyecto de investigación nivel maestría. Colegio de postgrados. Texcoco, Mexico. pp. 6-17.
- VILLALVA, R. 2013. Rendimiento de cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. *cykla*), en relación a diferentes formas de aplicación de un bioinsumo, en base a ácidos húmicos y fúlvicos, bajo ambiente protegido. Tesis de licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 112.

8. ANEXOS

Anexo 1. Contenido de aminoácidos y proteína en los granos andinos

Nº	AMINOÁCIDOS	QUINUA	CAÑAHUA	AMARANTO	ARROZ	TRIGO
1	Ácido aspártico	7,8	7,9	7,4	8	4,7
2	Treonina	3,4	3,3	3,3	3,2	2,9
3	Serina	3,9	3,9	5	4,5	4,6
4	Ácido glutámico	13,2	13,6	15,6	16,9	31,3
5	Prolina	3,4	3,2	3,4	4	10,4
6	Glicina	5	5,2	7,4	4,1	6,1
7	Aranina	4,1	4,1	3,6	5,2	3,5
8	Valina	4,2	4,2	3,8	5,1	4,6
9	Isoteucina	3,4	3,4	3,2	3,5	4,3
10	Leucina	6,1	6,1	5,4	7,5	6,1
11	Tirocina	2,5	2,3	2,7	2,6	3,7
12	Fenilalanina	3,7	3,7	3,7	4,8	4,9
13	Lisina	5,6	5,3	6	3,2	2,8
14	Histidiina	2,7	2,7	2,4	2,2	2
15	Arginina	8,1	8,3	8,2	6,3	4,8
16	Metionina	3,1	3	3,8	3,6	1,3
17	Cistina	1,7	1,6	2,3	2,5	2,2
18	Triptofano	1,1	0,9	1,1	1,1	1,2
19	% de N del grano	2,05	2,51	2,15	1,52	2,24
20	% de Proteína	12,8	15,7	13,4	9,5	14

Fuente: Apaza, V. 2010

Anexo 2. Presentación de la investigación a la gerencia de la Fundación PROINPA



Foto 25. Exposición en campo

Anexo 3. Resultado del análisis de suelo antes de la siembra.



MINISTERIO DE EDUCACION

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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *FUNDACION PROINPA*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia: JESUS DE MACHACA,
Comunidad: INCAWARA

NO SOLICITUD: *044B / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *20 / Febrero / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *13 / Marzo / 2015*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Comunidad Inca Wara*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
143-01 /2015	T E X T U R A	ARENA	68	%	Hidrómetro de Bouyoucos
143-02 /2015		ARCILLA	16	%	Hidrómetro de Bouyoucos
143-03 /2015		LIMO	16	%	Hidrómetro de Bouyoucos
143-04 /2015		CLASE TEXTURAL	FA	-	Hidrómetro de Bouyoucos
143-05 /2015		GRAVA	0,0	%	Gravimetría
143-06 /2015	CARBONATOS LIBRES	P	-	Reacción ácida	
143-07 /2015	pH en agua 1:5	5,58	-	Potenciometría	
143-08 /2015	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,029	dS/m	Potenciometría	
143-09 /2015	Potasio intercambiable	0,39	meq/100 g	Emisión atómica	
143-10 /2015	Capacidad de Intercambio Catiónico	4,09	meq/100 g	Volumetría	
143-11 /2015	Materia Orgánica	0,82	%	Walkley Black	
143-12 /2015	Nitrógeno total	0,07	%	Kjeldahl	
143-13 /2015	Fósforo asimilable	9,81	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

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

CARBONATOS LIBRES; A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso
L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso
A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso

FA : Franco Arenoso. YL : Arcilloso Limoso
AF : Arenoso Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso
FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.

Anexo 4. Resultado del análisis de suelo del Tratamiento 1.

**MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA**

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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *CESAR LUIS TOLA CRUZ*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Comunidad INCAWARA
FUNDACION PROINPA

NO SOLICITUD: *100A / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *12 / Mayo / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *15 / Junio / 2015*

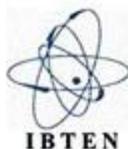
DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Incawara CT - 101*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
304-01 /2015	Fósforo asimilable	9,72	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
304-02 /2015	Materia Orgánica	1,01	%	Walkley Black
304-03 /2015	Nitrógeno	0,06	%	Kjeldahl
304-04 /2015	Potasio intercambiable	0,29	meq/100 g	Emisión atómica
304-05 /2015	Capacidad de Intercambio Catiónico	2,73	meq/100 g	Volumetría
304-06 /2015	pH en agua 1:5	5,56	-	Potenciometría
304-07 /2015	Conductividad eléctrica 1:5	0,220	mS / cm	Conductancia

OBSERVACIONES.- Potasio intercambiable extraído con acetato de amonio 1N.

RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUNGARA C.

Anexo 5. Resultado del análisis de suelo del Tratamiento 2


MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *CESAR LUIS TOLA CRUZ*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Comunidad INCAWARA
FUNDACION PROINPA

NO SOLICITUD: *100B / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *12 / Mayo / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *15/ Junio / 2015*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Incawara CT - 102*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
305-01 /2015	Fósforo asimilable	9,95	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
305-02 /2015	Materia Orgánica	1,19	%	Walkley Black
305-03 /2015	Nitrógeno	0,08	%	Kjeldahl
305-04 /2015	Potasio intercambiable	0,35	meq/100 g	Emisión atómica
305-05 /2015	Capacidad de Intercambio Catiónico	5,62	meq/100 g	Volumetría
305-06 /2015	pH en agua 1:5	5,65	-	Potenciometría
305-07 /2015	Conductividad eléctrica 1:5	0,029	mS / cm	Conductancia

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

Anexo 6. Resultado del análisis de suelo del Tratamiento 3


MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

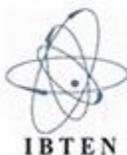
INTERESADO : *CESAR LUIS TOLA CRUZ*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Comunidad INCAWARA
FUNDACION PROINPA

NO SOLICITUD: *100C / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *12 / Mayo / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *15 / Junio / 2015*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Incawara CT - 103*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
306-01 /2015	Fósforo asimilable	9,78	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
306-02 /2015	Materia Orgánica	0,78	%	Walkley Black
306-03 /2015	Nitrógeno	0,04	%	Kjeldahl
306-04 /2015	Potasio intercambiable	0,25	meq/100 g	Emisión atómica
306-05 /2015	Capacidad de Intercambio Catiónico	2,96	meq/100 g	Volumetría
306-06 /2015	pH en agua 1:5	5,65	-	Potenciometría
306-07 /2015	Conductividad eléctrica 1:5	0,018	mS / cm	Conductancia

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


MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *CESAR LUIS TOLA CRUZ*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Comunidad INCAWARA
FUNDACION PROINPA

NO SOLICITUD: *100D / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *12 / Mayo / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *15 / Junio / 2015*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Incawara CT - 104*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
307-01 /2015	Fósforo asimilable	9,71	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
307-02 /2015	Materia Orgánica	1,48	%	Walkley Black
307-03 /2015	Nitrógeno	0,07	%	Kjeldahl
307-04 /2015	Potasio intercambiable	0,40	meq/100 g	Emisión atómica
307-05 /2015	Capacidad de Intercambio Catiónico	3,25	meq/100 g	Volumetría
307-06 /2015	pH en agua 1:5	5,75	-	Potenciometría
307-07 /2015	Conductividad eléctrica 1:5	0,026	mS / cm	Conductancia

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


MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *CESAR LUIS TOLA CRUZ*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Comunidad INCAWARA
FUNDACION PROINPA

NO SOLICITUD: *100E / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *12 / Mayo / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *15 / Junio / 2015*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Incawara CT - 105*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
308-01 /2015	Fósforo asimilable	9,77	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
308-02 /2015	Materia Orgánica	1,01	%	Walkley Black
308-03 /2015	Nitrógeno	0,06	%	Kjeldahl
308-04 /2015	Potasio intercambiable	0,37	meq/100 g	Emisión atómica
308-05 /2015	Capacidad de Intercambio Catiónico	3,54	meq/100 g	Volumetría
308-06 /2015	pH en agua 1:5	5,95	-	Potenciometría
308-07 /2015	Conductividad eléctrica 1:5	0,024	mS / cm	Conductancia

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


MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

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

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELOS

INTERESADO : *CESAR LUIS TOLA CRUZ*
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia INGAVI,
Comunidad INCAWARA
FUNDACION PROINPA

NO SOLICITUD: *100F / 2015*
FECHA DE RECEPCION : *12 / Mayo / 2015*
FECHA DE ENTREGA : *15 / Junio / 2015*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : Incawara CT - 106*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
309-01 /2015	Fósforo asimilable	9,74	ppm	Espectrofotometría UV-Visible
309-02 /2015	Materia Orgánica	1,40	%	Walkley Black
309-03 /2015	Nitrógeno	0,07	%	Kjeldahl
309-04 /2015	Potasio intercambiable	0,33	meq/100 g	Emisión atómica
309-05 /2015	Capacidad de Intercambio Catiónico	3,55	meq/100 g	Volumetría
309-06 /2015	pH en agua 1:5	5,62	-	Potenciometría
309-07 /2015	Conductividad eléctrica 1:5	0,025	mS / cm	Conductancia

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

RESPONSABLE DE LABORATORIO

Anexo 10. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 1.

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 1

CULTIVO: CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*)

Superficie: 1 Ha

Rendimiento: 399,63 kg/ha = 8,69 qq/ha Precio de venta (Bs.) 650,00

n e	DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Bs.	COSTO TOTAL Bs.
1	PREPARACIÓN DE SUELOS				
	Roturado (c/tractor)	ha	1	500,00	500,00
	Rastrado (c/tractor)	ha	1	350,00	350,00
2	SIEMBRA				
	Siembra (c/tractor)	ha	1	320,00	320,00
	Alquiler de sembradora Tipi Top	jornal	1	100,00	100,00
	Mano de obra	jornal	0,5	80,00	40,00
3	INSUMOS DE SIEMBRA				
	Semilla	kg	6	30,00	180,00
4	LABORES CULTURALES				
	Desmalezado	jornal	1	80,00	80,00
5	COSECHA				
	Mano de obra	jornal	10	80,00	800,00
	Alimentación	global	10	15,00	150,00
6	INSUMOS DE COSECHA				
	Lona de carpa (6X5 m)	pieza	1	800,00	800,00
7	POST COSECHA				
	Trillado				
	Mano de obra	jornal	4	80,00	320,00
	Tamizado				
	Mano de obra	jornal	3	80,00	240,00
	Venteadado				
	Mano de obra	jornal	3	80,00	240,00
8	INSUMOS POST COSECHA				
	Palo rollizo	pieza	8	20,00	160,00
	Zaranda	pieza	1	300,00	300,00
	Sacos de 50 kg (yute)	sacos	7	2,50	17,50
	Transporte	global	1	200,00	200,00
COSTO DE PRODUCCIÓN DE CAÑAHUA EN GRANO					4.797,50

ITEM	UNIDAD	
1 RENDIMIENTO	kg/ha	399,63
2 PRECIO VENTA/OPORTUNIDAD	Bs./qq	14,13
3 COSTO VARIABLE O TOTAL DE PR	Bs.	4.797,50
4 PRECIO BRUTO	Bs.	5.646,95
5 BENEFICIO NETO	Bs.	849,45
6 BENEFICIO - COSTO	Bs./Bs.	1,18

Anexo 11. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 2.

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 2

CULTIVO: CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*)

Superficie: 1 Ha

Rendimiento: 553,19 kg/ha = 12,03 qq/ha

Precio de venta (Bs./qq)= 650,00

nº	DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Bs.	COSTO TOTAL Bs.
1	PREPARACIÓN DE SUELOS				
	Roturado (c/tractor)	ha	1	500,00	500,00
	Rastrado (c/tractor)	ha	1	350,00	350,00
2	SIEMBRA				
	Siembra (c/tractor)	ha	1	320,00	320,00
	Alquiler de sembradora	jornal	1	100,00	100,00
	Mano de obra (Siembra)	jornal	0,5	80,00	40,00
	Mano de obra (Biofert)	jornal	0,5	100,00	50,00
3	INSUMOS DE SIEMBRA				
	Semilla	kg	6	30,00	180,00
	Biofert	qq	2	184,00	368,00
4	LABORES CULTURALES				
	Desmalezado	jornal	1	80,00	80,00
5	COSECHA				
	Mano de obra	jornal	10	80,00	800,00
	Alimentación	global	10	15,00	150,00
6	INSUMOS DE COSECHA				
	Lona de carpa (6X5 m)	pieza	1	800,00	800,00
7	POST COSECHA				
	Trillado				
	Mano de obra	jornal	4	80,00	320,00
	Tamizado				
	Mano de obra	jornal	3	80,00	240,00
	Venteadado				
	Mano de obra	jornal	3	80,00	240,00
8	INSUMOS POST COSECHA				
	Palo rollizo	pieza	4	20,00	80,00
	Zaranda	pieza	1	300,00	300,00
	Sacos de 50 kg (yute)	sacos	12	2,50	30,00
	Transporte	global	1	200,00	200,00
COSTO DE PRODUCCIÓN DE CAÑAHUA EN GRANO					5.148,00

	ITEM	UNIDAD	
1	RENDIMIENTO	kg/ha	553,19
2	PRECIO VENTA/OPORTUNIDAD	Bs./qq	14,13
3	COSTO VARIABLE O TOTAL DE PRODUCC	Bs.	5.148,00
4	PRECIO BRUTO	Bs.	7.816,82
5	BENEFICIO NETO	Bs.	2.668,82
6	BENEFICIO - COSTO	Bs./Bs.	1,52

Anexo 12. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 3.

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 3

CULTIVO: CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*)

Superficie: 1 Ha

Rendimiento: 403,33 kg/ha = 8,77 qq/ha

Precio de venta (Bs./qq)= 650,00

nº	DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Bs.	COSTO TOTAL Bs.
1	PREPARACIÓN DE SUELOS				
	Roturado (c/tractor)	ha	1	500,00	500,00
	Rastrado (c/tractor)	ha	1	350,00	350,00
2	SIEMBRA				
	Siembra mullido (c/tractor)	ha	1	320,00	320,00
	Alquiler de sembradora Tipi Top	jornal	1	100,00	100,00
	Mano de obra (Siembra)	jornal	0,5	80,00	40,00
	Mano de obra (Biofert+ <i>Basillus</i>)	jornal	0,5	100,00	50,00
3	INSUMOS DE SIEMBRA				
	Semilla	kg	6	30,00	180,00
	Biofert	qq	2	184,00	368,00
4	LABORES CULTURALES				
	Desmalezado	jornal	1	80,00	80,00
5	COSECHA				
	Mano de obra	jornal	10	80,00	800,00
	Alimentación	global	10	15,00	150,00
6	INSUMOS DE COSECHA				
	Lona de carpa (6X5 m)	pieza	1	800,00	800,00
7	POST COSECHA				
	Trillado				
	Mano de obra	jornal	5	80,00	400,00
	Tamizado				
	Mano de obra	jornal	4	80,00	320,00
	Venteadado				
	Mano de obra	jornal	3	80,00	240,00
8	INSUMOS POST COSECHA				
	Palo rollizo	pieza	5	20,00	100,00
	Zaranda	pieza	1	300,00	300,00
	Sacos de 50 kg (yute)	sacos	9	2,50	22,50
	Transporte	global	1	200,00	200,00
COSTO DE PRODUCCIÓN DE CAÑAHUA EN GRANO					5.320,50

	ITEM	UNIDAD	
1	RENDIMIENTO	kg/ha	403,33
2	PRECIO VENTA/OPORTUNIDAD	Bs./kg	14,13
3	COSTO VARIABLE O TOTAL DE PRODUCCIÓN	Bs.	5.320,50
4	PRECIO BRUTO	Bs.	5.699,23
5	BENEFICIO NETO	Bs.	378,73
6	BENEFICIO - COSTO	Bs./Bs.	1,07

Anexo 13. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 4.

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 4

CULTIVO: CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*)

Superficie: 1 Ha

Rendimiento: 689,53 kg/ha = 14,99 qq/ha

Precio de venta (Bs./qq)= 650,00

nº	DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Bs.	COSTO TOTAL Bs.
1	PREPARACIÓN DE SUELOS				
	Roturado (c/tractor)	ha	1	500,00	500,00
	Rastrado (c/tractor)	ha	1	350,00	350,00
2	SIEMBRA				
	Siembra (c/tractor)	ha	1	320,00	320,00
	Alquiler de sembradora Tipi Top	jornal	1	100,00	100,00
	Mano de obra (Siembra)	jornal	0,5	80,00	40,00
3	INSUMOS DE SIEMBRA				
	Semilla	kg	6	30,00	180,00
4	LABORES CULTURALES				
	Desmalezado	jornal	1	80,00	80,00
	Vigortop	lt	12	15,00	180,00
	Aplicación de Vigortop	jornal	1	80,00	80,00
5	COSECHA				
	Mano de obra	jornal	10	80,00	800,00
	Alimentación	global	10	15,00	150,00
6	INSUMOS DE COSECHA				
	Lona de carpa (6X5 m)	pieza	1	800,00	800,00
7	POST COSECHA				
	Trillado				
	Mano de obra	jornal	6	80,00	480,00
	Tamizado				
	Mano de obra	jornal	4	80,00	320,00
	Venteado				
	Mano de obra	jornal	4	80,00	320,00
8	INSUMOS POST COSECHA				
	Palo rollizo	pieza	6	20,00	120,00
	Zaranda	pieza	1	300,00	300,00
	Sacos de 50 kg (yute)	sacos	15	2,50	37,50
	Transporte	global	1	200,00	200,00
COSTO DE PRODUCCIÓN DE CAÑAHUA EN GRANO					5.357,50

	ITEM	UNIDAD	
1	RENDIMIENTO	kg/ha	689,53
2	PRECIO VENTA/OPORTUNIDAD	Bs./kg	14,13
3	COSTO VARIABLE O TOTAL DE PRODUCCIÓN	Bs.	5.357,50
4	PRECIO BRUTO	Bs.	9.743,36
5	BENEFICIO NETO	Bs.	4.385,86
6	BENEFICIO - COSTO	Bs./Bs.	1,82

Anexo 14. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 5.

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 5

CULTIVO: CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*)

Superficie: 1 Ha

Rendimiento: 753,59 kg/ha = 16,38 qq/ha

Precio de venta (Bs./qq)= 650,00

nº	DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Bs.	COSTO TOTAL Bs.
1	PREPARACIÓN DE SUELOS				
	Roturado (c/tractor)	ha	1	500,00	500,00
	Rastrado (c/tractor)	ha	1	350,00	350,00
2	SIEMBRA				
	Siembra (c/tractor)	ha	1	320,00	320,00
	Alquiler de sembradora Tipi Top	jornal	1	100,00	100,00
	Mano de obra (Siembra)	jornal	0,5	80,00	40,00
	Mano de obra (Biofert)	jornal	0,5	100,00	50,00
3	INSUMOS DE SIEMBRA				
	Semilla	kg	6	30,00	180,00
	Biofert	qq	2	182,00	364,00
4	LABORES CULTURALES				
	Desmalezado	jornal	1	80,00	80,00
	Vigortop	lt	12	15,00	180,00
	Aplicación de Vigortop	jornal	1	80,00	80,00
5	COSECHA				
	Mano de obra	jornal	10	80,00	800,00
	Alimentación	global	10	15,00	150,00
6	INSUMOS DE COSECHA				
	Lona de carpa (6X5 m)	pieza	1	800,00	800,00
7	POST COSECHA				
	Trillado				
	Mano de obra	jornal	6	80,00	480,00
	Tamizado				
	Mano de obra	jornal	4	80,00	320,00
	Venteado				
	Mano de obra	jornal	4	80,00	320,00
8	INSUMOS POST COSECHA				
	Palo rollizo	pieza	6	20,00	120,00
	Zaranda	pieza	1	300,00	300,00
	Sacos de 50 kg (yute)	sacos	17	2,50	42,50
	Transporte	global	1	200,00	200,00
COSTO DE PRODUCCIÓN DE CAÑAHUA EN GRANO					5.776,50

ITEM	UNIDAD	
1	RENDIMIENTO	kg/ha 753,59
2	PRECIO VENTA/OPORTUNIDAD	Bs./kg 14,13
3	COSTO VARIABLE O TOTAL DE PRODUCCIÓN	Bs. 5.776,50
4	PRECIO BRUTO	Bs. 10.648,55
5	BENEFICIO NETO	Bs. 4.872,05
6	BENEFICIO - COSTO	Bs./Bs. 1,84

Anexo 15. Resultado del análisis de costos de producción del Tratamiento 6.

ANALISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN TRATAMIENTO 6CULTIVO: CAÑAHUA (*Chenopodium pallidicaule*)

Superficie: 1 Ha

Rendimiento: 801,51 kg/ha = 17,42 qq/ha

Precio de venta (Bs./qq)= 650,00

nº	DESCRIPCIÓN	Unidad de medida	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Bs.	COSTO TOTAL Bs.
1	PREPARACIÓN DE SUELOS				
	Roturado (c/tractor)	ha	1	500,00	500,00
	Rastrado (c/tractor)	ha	1	350,00	350,00
2	SIEMBRA				
	Siembra (c/tractor)	ha	1	320,00	320,00
	Alquiler de sembradora Tipi Top	jornal	1	100,00	100,00
	Mano de obra (Siembra)	jornal	0,5	80,00	40,00
	Mano de obra (Biofert+ <i>Basillus</i>)	jornal	0,5	100,00	50,00
3	INSUMOS DE SIEMBRA				
	Semilla	kg	6	30,00	180,00
	Biofert	qq	2	182,00	364,00
4	LABORES CULTURALES				
	Desmalezado	jornal	1	80,00	80,00
	Vigortop	lt	12	15,00	180,00
	Aplicación de Vigortop	jornal	1	80,00	80,00
5	COSECHA				
	Mano de obra	jornal	10	80,00	800,00
	Alimentación	global	10	15,00	150,00
6	INSUMOS DE COSECHA				
	Lona de carpa (6X5 m)	pieza	1	800,00	800,00
7	POST COSECHA				
	Trillado				
	Mano de obra	jornal	6	80,00	480,00
	Tamizado				
	Mano de obra	jornal	4	80,00	320,00
	Venteadado				
	Mano de obra	jornal	4	80,00	320,00
8	INSUMOS POST COSECHA				
	Palo rollizo	pieza	6	20,00	120,00
	Zaranda	pieza	1	300,00	300,00
	Sacos de 50 kg (yute)	sacos	18	2,50	45,00
	Transporte	global	1	200,00	200,00
COSTO DE PRODUCCIÓN DE CAÑAHUA EN GRANO					5.779,00

	ITEM	UNIDAD	TOTAL
1	RENDIMIENTO	kg/ha	801,51
2	PRECIO VENTA/OPORTUNIDAD	Bs./kg	14,13
3	COSTO VARIABLE O TOTAL DE PRODUCCIÓN	Bs.	5.779,00
4	PRECIO BRUTO	Bs.	11.325,68
5	BENEFICIO NETO	Bs.	5.546,68
6	BENEFICIO - COSTO	Bs./Bs.	1,96

Anexo 16. Panorama de la parcela de investigación**Foto 26. Unidades experimentales**