



UNIVERSIDAD ANDINA SIMÓN BOLÍVAR
SEDE CENTRAL
Sucre – Bolivia

DIPLOMADO EN AGROECOLOGÍA Y PRODUCCIÓN
ECOLÓGICA
Gestión 2016

EFFECTO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS
ENDÓFITOS EN EL DESARROLLO SANIDAD Y
RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE QUINUA
(Chenopodium quinoa Willd.) EN LA COMUNIDAD
ANCASOCA, MUNICIPIO DE CHALLAPATA DEPTO. DE
ORURO

Monografía presentada para optar al
Diplomado en Agroecología y
Producción Ecológica

ESTUDIANTE: JENNY CELIA COLQUE SANTOS

Oruro - Bolivia

2021

DEDICATORIA

A Jehova

Mi señor por su amor eterno, por estar presente en todo momento de mi vida y cuando más lo necesite sin él, tal vez este trabajo no sería posible. Mi vida y mi trabajo todo se lo debo a él, por conducirme y guiarme en el sendero de la integridad.

A mi familia

A mis adorados padres Lucio Colque y Fidelia Santos por su sacrificio, comprensión cariño infinito por darme su apoyo incondicional para conseguir las metas propuestas durante mi vida estudiantil. Con cariño a mis queridos hermanos Edgar, Maritza, Wilson y Javier por ser parte de mi vida y estar en los momentos más difíciles, brindándome su apoyo incondicional.

A mis hijos y esposo

*Mucho más a mis hijos **ADHEMAR** y **JOHANN** quienes son mi bendición desde que llegaron a mi vida, llenándome de esperanza de un mañana mejor, mi fortaleza y principal inspiración para mí de seguir en la vida y de continuar existiendo. A Freddy Celio Cota, por su apoyo incondicional, por seguir a mi lado aun sin importar los problemas, gracias.*

AGRADECIMIENTOS

Expreso un especial agradecimiento a la Facultad de Ciencias Agrarias y Veterinarias, en cuyas aulas adquirí conocimientos, formación y donde compartimos muchas experiencias así también al plantel docente por compartir no solo sus conocimientos, sino también el ánimo para seguir adelante en mi vida profesional.

A la (UASB) Universidad Andina Simón Bolívar por haberme permitido mi formación posgrado por los conocimientos inculcados en los cursos.

A todos los docentes del diplomado de la universidad Andina Simón Bolívar por el intercambio de experiencias y el desarrollo de la monografía

Agradezco a mis padres, que siempre me han dado su confianza y su apoyo incondicional, este logro es tan mío como de ellos.

A mis hijos que con cada sonrisa me inspiraron y me llenaron de confianza. A mi esposo Ing. Freddy C. Cota L. por brindarme su apoyo y estar a mi lado en los momentos más difíciles de mi vida por compartir alegrías y tristezas.

RESUMEN

Los organismos endófitos han recibido una creciente atención en los años recientes. Este grupo de microorganismos vive asintóticamente dentro de tejidos vegetales sanos, y ha mostrado poseer un gran potencial económico en áreas como la agronomía,

Asimismo la producción de quinua orgánica en la actualidad reviste una gran importancia económica para los agricultores del altiplano, pero su producción se ve afectada por el ataque de enfermedades y plagas por condiciones climáticas adversas. Si bien la aplicación de fertilizantes y plaguicidas aumentaron los rendimientos, el equilibrio ambiental se ha visto comprometido; hoy en día una creciente tendencia a la preservación del medio ambiente y el control ecológico ha tomado más fuerza.

Durante la campaña agrícola 2015 – 2016, en la Comunidad Ancasoca de la Provincia Avaroa del Departamento de Oruro, la fundación PROINPA, implementando proyectos de investigación donde se llevó adelante el trabajo de estudio, en el cultivo de la quinua con el siguiente rotulo, **“Efecto de Microorganismos Benéficos Endófitos en el Desarrollo Sanidad y Rendimiento del Cultivo de Quinua (*Chenopodium quínoa* Willd.) en la Comunidad Ancasoca, Municipio de Challapata, Depto. Oruro.”**

El trabajo de investigación se llevó adelante con el objetivo de determinar el efecto de las aplicaciones de los microorganismos benéficos, en el desarrollo, sanidad y el rendimiento, microorganismos que se encuentran en los bioinsumos, que a su vez están divididos de la siguiente manera: biofungicidas, bioinsecticidas, biofertilizantes.

El material genético que se utilizó es quinua de la variedad kellu, siendo una variedad medianamente susceptible al ataque de plagas y enfermedades como el mildiu *Peronospora farinosa*

La siembra se realizó el 15 de Septiembre de 2015, con una densidad de 6 kg/ha, posteriormente las aplicaciones de los bioinsumos se hicieron en seis oportunidades de enero a marzo, en base a un diseño de experimental.

Para la evaluación de Crecimiento y Desarrollo: En Altura Planta, Longitud Panoja, son altamente significativos, donde el T3 es el que sobresale y obtiene los

promedios más altos, sin embargo para Diámetro Panoja y Diámetro Tallo no existen diferencias; al no existir diferencias se concluye que son similares a las variables de aplicación.

Los mayores porcentajes de Cobertura Foliar se observan en los tratamientos aplicados con biobacillus, donde el tratamiento T3 sobresale con 83.67% seguidos de T5 y T2 con 77% y 76% respectivamente.

Para determinar la eficiencia de los tratamientos se evaluó el Porcentaje de Área Foliar afectada, donde la mejor eficiencia registrada, se obtuvo con las aplicaciones de biobacillus, donde T3 con 21,75% y T2 y T4 con 25,00 y 25,50% de Área Foliar afectada, lo contrario al testigo que presenta el 60% del área afectada.

Los mejores rendimientos se obtuvieron con las aplicaciones de Biobacillus donde el tratamiento T3 alcanzó un rendimiento de 1529,80 kg/ha, y finalmente con el menor rendimiento se registra al tratamiento T6 con solo 540,50 kg/ha.

La tasa de ingreso marginal superior corresponde a los tratamientos aplicados con biobacillus donde sobresale el T3 con 25,20 Bs/ha, seguido por los tratamientos T1, T5, con 22,36 y 21,79 Bs/ha, que muestran un ingreso marginal muy atractivo para la economía de los productores.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	JUSTIFICACIÓN	1
1.2	OBJETIVOS	2
1.2.1	Objetivo General	2
1.2.2	Objetivos específicos.	2
1.3	METODOLOGÍA.....	2
1.3.1	Manejo de campo.....	3
1.3.2	Metodología de evaluación de la enfermedad.....	3
1.3.3	Estrategia bioinsumos.	5
1.3.4	Variables de respuesta.....	5
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1	La agricultura sostenible.	9
2.1.1	Agricultura orgánica	9
2.2	Microorganismos benéficos endófitos	10
2.2.1	Investigación sobre microorganismos en el departamento de Cochabamba	11
2.2.2	Microorganismos antagonistas para el desarrollo de la planta	11
2.2.3	Bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPB's)	11
2.2.4	Bacterias endófitas.....	12
2.3	El Género <i>Bacillus</i>	13
2.3.1	Características generales de <i>Bacillus subtilis</i>	13
2.3.2	Clasificación científica.	14
2.3.3	Antagonismo. <i>B. subtilis</i>	15
2.3.4	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	15
2.3.5	<i>Bacillus thurgiensis</i> Kurstaqui	16
2.3.6	Microorganismos como control biológico	16
2.4	Origen y distribución geográfica de la quinua	17
2.5	Descripción morfológica	17
2.5.1	La planta.....	17
2.5.2	Valor nutritivo del grano de quinua.....	18
2.5.3	Requerimientos del cultivo	19

2.5.3.1	Preparación del terreno	19
2.5.3.2	Siembra.....	19
2.5.3.3	Siembra mecanizada	20
2.5.3.4	Fertilización.....	20
2.5.3.5	Biofertilización.....	20
2.5.3.6	Biofertilizantes con microorganismos rizosféricos nativos para una producción Orgánica de Quinoa en Bolivia.....	21
2.6	Plagas y enfermedades más importantes del cultivo	22
2.6.1	Plagas	22
2.6.2	Daños que causa al cultivo	22
2.6.3	Métodos de control ecológico de las plagas.....	23
2.7	Enfermedad.....	23
2.7.1	Variables para la cuantificación de las enfermedades	23
2.7.1.1	Incidencia.....	23
2.7.1.2	Severidad.....	24
2.7.2	Mildiu de la quinua	24
2.7.2.1	Taxonomía del patógeno	25
2.7.2.2	Síntomas.....	25
2.7.2.3	Ciclo de la enfermedad.....	26
2.7.2.4	Control	26
2.7.2.5	Uso de microorganismos en el control de enfermedades.....	26
2.8	Características de bioinsumos	27
2.8.1	Biofungicidas	27
2.8.1.1	Biobacillus.....	27
2.8.1.2	Modo de acción.....	27
2.8.1.3	Formas de aplicación.....	28
2.8.1.4	Fungitop.....	28
2.9	Bioinsecticidas.....	28
2.9.1	Acaritop	28
2.9.2	Biobat	29
2.9.2.1	Forma de aplicación.....	29
2.10	Biofertilizantes	29

2.10.1	Vigortop	30
2.10.2	Fertisol.....	30
2.11	Cosecha	30
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
3.1	Evaluación del crecimiento y desarrollo del cultivo de quinua	30
3.1.1	Altura planta	32
3.1.2	Longitud panoja, diámetro panoja, diámetro tallo.....	33
3.1.3	Cobertura vegetal en la fase de ramificación, panojamiento y floración ...	34
3.2	Evaluación de la sanidad del cultivo de quinua.....	34
3.2.1	Porcentaje de Severidad	35
3.3	Evaluación rendimiento del cultivo de quinua	36
3.3.1	Rendimiento en grano kg/Ha.....	36
3.3.2	Rendimiento por categorías en kg/ha.....	37
3.4	Análisis económico.....	38
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
4.1	Conclusiones.....	40
4.2	Recomendaciones.....	41
5	BIBLIOGRAFÍA	43
	ANEXOS	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Frecuencia de aplicaciones de los bioinsumos	4
Cuadro 2: Bioinsumos y dosis.....	4
Cuadro 3: Escala usada para la evaluación de daños de las hojas en el campo	6
Cuadro 4: Taxonomía de <i>B. subtilis</i>	14
Cuadro 5: Composición nutricional de la quinua en comparación con otros granos en 100gr	18
Cuadro 6: Tabla nutricional (100 Grs. de producto), contenido de nutrientes en quinua	19
Cuadro 7: Taxonomía del patógeno.....	25
Cuadro 8: Composición del biobacillus	27
Cuadro 9: Composición del biobat.....	29
Cuadro 10: Análisis económico de los tratamientos del cultivo de la quinua.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estrategia de manejo orgánico de la quinua.....	5
Figura 2: Cepa de <i>Bacillus subtilis</i>	15
Figura 3: Adultos y larvas del “complejo ticona”	22
Figura 4: Enemigo natural del complejo ticona	23
Figura 5: Esporangióforo y esporangios de <i>Peronospora farinosa</i>	25
Figura 6: Promedios de altura planta en cm	32
Figura 7: Promedios de longitud panoja, diámetro panoja y diámetro tallo en cm..	33
Figura 8: Porcentaje de cobertura foliar en %.....	34
Figura 9: Porcentaje de severidad en %.....	35
Figura 10: Rendimiento en kg/Ha categoría grande, mediano y pequeño.....	37
Figura 11: Tasa de Ingreso Marginal frente a los Costos Variables y Beneficios Netos.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ubicación Geográfica de la Comunidad Ancasoca Municipio de Challapata del Departamento de Oruro	51
Anexo 2: Vista satelital de la Comunidad Ancasoca Municipio de Challapata del Departamento de Oruro	52
Anexo 3: Rendimiento en kg/ha incluyendo totales y promedios de los tratamientos y la prueba de Duncan	53
Anexo 4: Costos de producción de la quinua orgánica en hectárea	54
Anexo 5: Fotografías durante el trabajo de investigación, desde la siembra hasta la cosecha de los tratamientos	56
Anexo 6: Fotografía de los bioinsumos aplicados en el cultivo.....	59

1 INTRODUCCIÓN

La quinua se constituye en un cultivo estratégico para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria debido a su calidad nutritiva, su amplia variabilidad genética, su adaptabilidad y su bajo costo de producción (PROINPA y FAO, 2011).

La quinua como producto ofrece un alto valor nutritivo al consumirse. Va destinado a mercados donde actualmente uno de sus intereses principales es la alimentación saludable (IBCE, 2010).

Por todo lo mencionado la demanda por la quinua está aumentando en Norteamérica, Europa y Asia, este incremento ha generado expectativas en los países de producción, sobre todo en Bolivia, en la región de los intersalares de Uyuni y Coipasa, donde los volúmenes de exportación cada año son mayores.

Sin embargo la producción ecológica es insuficiente para cubrir esta demanda es por eso que las fronteras agrícolas deben ampliarse pero enfocándonos en la producción de quinua orgánica, ya que el mercado internacional exige cultivos ecológicos.

Investigaciones anteriores, afirman que los microorganismos endófitos responden de una manera eficiente en los cultivos, los cuales utilizan para obtener cultivos ecológicos, también repoblar de microorganismos benéficos al suelo.

El término microorganismo endófito se refiere a bacterias y hongos que colonizan los tejidos internos (raíz, hojas y tallos) de las plantas sin causarles enfermedades aparentes, también las beneficia reforzando su tolerancia a condiciones adversas para su desarrollo.

Recientemente, este tipo de microorganismos ha atraído la atención de los científicos en busca de estrategias biotecnológicas para la agricultura, que permitan disminuir el uso de plaguicidas en las plantaciones comerciales y, con ello, lograr un mayor rendimiento en la producción.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Una apreciable parte del sistema actual de producción es carente de buenas prácticas agrícolas y conlleva entre otros al uso indiscriminado de maquinaria y más que todo el uso de productos químicos agrícolas como fertilizantes, fungicidas, plaguicidas, que los productores utilizan para fertilizar el terreno, para

las enfermedades comunes que se presentan en el cultivo, además de la incidencia negativa de plagas, que en conjunto coadyuvan al bajo rendimiento de la producción de quinua.

El mercado internacional, conociendo las propiedades que ofrece el grano de quinua y ante los procesos realizados anteriormente, exige cultivos sanos o ecológicos (sin residuos químicos).

Ante los argumentos citados se observa la necesidad de realizar trabajos de investigación donde se pueda evaluar insumos alternativos en el cultivo de quinua a los productos químicos agrícolas, con el objetivo de generar un cultivo saludable mediante la aplicación de bioinsumos, los cuales no afectan al medio ambiente, y son accesibles a los productores (BIOTOP, 2012).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

- Determinar la respuesta del cultivo de quinua, en términos de desarrollo, sanidad y rendimiento ante la aplicación de microorganismos benéficos endófitos.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Definir los parámetros adecuados para la determinación de indicadores de desarrollo y sanidad.
- Realizar el análisis económico, para ver la factibilidad económica de utilizar los bioinsumos que contienen microorganismos benéficos endófitos, en el cultivo de la quinua.

1.3 METODOLOGÍA

El estudio contempla la implementación y evaluación del efecto de microorganismos benéficos endófitos insumos biológicos durante el desarrollo sanidad y rendimiento dentro las fases del cultivo de quinua en la comunidad de Ancasoca Municipio de Challapata, Provincia Avaroa, que está ubicado en el Altiplano Central y sobre las faldas de la cordillera de los Azanaques y al sudoeste de la ciudad de Oruro a 120 Km., y a 3.720 m. s. n. m.

El diseño experimental empleado fue Completamente al Azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. La implementación y evaluación de los microorganismos benéficos endófitos se realizó en el campo en condiciones del agricultor, es decir que no se modificaron las prácticas agrícolas del agricultor. Se utilizó un área de terreno para el diseño y recibió los siguientes tratamientos

- T1. = Bioacillus (foliar) 2 aplicaciones
- T2 = Bioacillus (foliar) 4 aplicaciones
- T3 = Bioacillus (foliar) 6 aplicaciones
- T4 = Biobat (foliar)
- T5 = Estrategia bioinsumos (foliar)
- T6 = Testigo

1.3.1 Manejo de campo.

La preparación del terreno en la zona se la efectuó en el mes de febrero, empleando un tractor agrícola con arado de disco, las unidades experimentales fueron distribuidas al azar, en el momento de la siembra se aplicó abono orgánico por lo general, también se realizó la fertilización foliarmente con bioinsumos que contienen los microorganismos benéficos, En las etapas de seis hojas, ramificación, panojamiento, floración y grano lechoso.

Se utilizó la semilla de quinua de la variedad Real Ecotipo Kellu a una densidad de 6 kg/ha.

- **Control de plagas.** Para el control de plagas se aplicaron bioinsecticidas naturales de contacto como el acaritop y biobat, realizando evaluaciones de larvas no se encontró presencia de ticonas y k'cona k'cona.
- **Control de enfermedades.** La enfermedad que se presentó en el cultivo de quinua con mayor intensidad es el Mildiu *Peronospora farinosa* se realizaron aplicaciones preventivas con biofungicidas como el biobacillus y fungitop.

1.3.2 Metodología de evaluación de la enfermedad.

La evaluación se realizó de la siguiente manera: se evaluó observando desde los cuatro vértices hacia el centro de cada unidad experimental dándole valores en %,

sumado estos valores y dividiendo por el número de vértices medidos (4), se encuentra el promedio que nos sirve como dato del % de severidad causado por *Peronospora farinosa*. Durante el periodo del cultivo, se efectuaron cuatro evaluaciones, en los cuales se realizaron las aplicaciones de los tratamientos correspondientes.

Cuadro 1: Frecuencia de aplicaciones de los bioinsumos

TRATAMIENTOS	APLICACIONES FOLIARES					
	45 dde	60 dde	75 dd	90 dd	105 dd	120dd
T1 2A-BIO	Biobacillus	Biobacillus				
T2 4A-BIO	Biobacillus	Biobacillus	Biobacillus	Biobacillus		
T3 6A-BIO	Biobacillus	Biobacillus	Biobacillus	Biobacillus	Biobacillus	Biobacillus
T4 BIOBAT	Biobat	Biobat	Biobat	Biobat	Biobat	Biobat
T5 ESTRAT. B.	Acaritop Vigortop	Fungitop Fertisol	Fungitop Vigortop	Fertisol Biobat Fungitop	Vigortop Acaritop	Fertisol Biobat Fungitop
T6 TESTIGO	Sin Ninguna aplicación					

dde: días después de la emergencia. **dd:** días después.

Fuente: Proinpa 2012.

Cuadro 2: Bioinsumos y dosis

Biofertilizantes	Dosis
Fertisol	1 lt/ 20 lt de agua
Vigortop	1 lt/20 lt de agua
Estiércol	25 bolsas de yute/ha
Biofungicidas	
Fungitop	0.5 lt/20 lt de agua
Biobacillus	2 kg/200 lt/ha

Bioinsecticidas	
Acaritop	0.5 lt/20 lt de agua
Biobat	3 kg/200 lt./

Fuente: Proinpa 2012.

1.3.3 Estrategia bioinsumos.

Figura 1: Estrategia de manejo orgánico de la quinua



Fuente: Proinpa 2012

1.3.4 Variables de respuesta.

Las variables de respuesta fueron evaluadas durante todo el ciclo vegetativo de la quinua, desde la emergencia hasta la madurez fisiológica de la planta, la lectura se realizó en las etapas fenológicas de ramificación, panojamiento, floración y madurez fisiológica. Estas variables y la metodología de evaluación se detallan a continuación.

Cobertura foliar. Se evaluó con la ayuda de un marco cuadrado (Bastidor) en tres puntos fijos de lectura en cada unidad experimental. A los 55, 71 y 99 días después de la siembra cuando la planta se encontraba en las etapas fenológicas de ramificación, panojamiento y floración respectivamente.

Altura planta. Se determinó con la ayuda de un flexómetro, midiendo desde la base del tallo principal de la planta, hasta el ápice de la planta, se midieron al azar

diez plantas de los cuatro surcos centrales de cada una de las unidades experimentales, a los 55, 99, 167 días en las etapas fenológicas de panojamiento, floración y madurez fisiológica.

Severidad del cultivo. El efecto de los tratamientos se midió comparando el área afectada por unidad experimental con la unidad experimental susceptible (testigo). La evaluación se realizó en las etapas fenológicas de: ramificación, panojamiento, floración y grano lechoso a los 55, 71, 99, 125 días después de la siembra. Se utilizó una escala de 1-9 (de 0-100% Área afectada). Posicionándose y observando las cuatro esquinas de cada unidad experimental dándole valores en (%) empleando la escala y hallando el promedio del área afectada en el cultivo de la quinua.

Cuadro 3: Escala usada para la evaluación de daños de las hojas en el campo

Escala	Promedio	% Área afectada	Descripción de daño
1	0	0.0	No se observa ninguna lesión.
2	1.55	0.1-3	Muy pocas plantas con una lesión dentro de una parcela grande. No más de diez lesiones por planta.
3	6.55	3.1-10	Hasta 30 lesiones pequeñas por planta o hasta una lesión por cada 20 folíolos.
4	17.55	10.1-25	La mayoría de las de las plantas están visiblemente afectadas. Pocas lesiones múltiples por folíolo.
5	37.55	25.1-50	Casi todos los folíolos con lesiones. La parcela luce verde pero todas las plantas están afectadas.
6	62.55	50.1-75	La parcela luce verde con manchas pardas. Las hojas de la mitad inferior de la planta están destruidas.
7	82.55	75.1-90	La parcela no está predominantemente verde ni parda. Solo las hojas superiores están verdes.
8	93.55	90.1-97	La parcela se ve parda. Unas cuantas hojas superiores aun presentan algunas áreas verdes.
9	98.55	97.1-100	Todas las hojas y tallos están muertos.

Fuente: (Ortuño, 2000)

Longitud de panoja. Se determinó, en la fase de madurez fisiológica antes de la cosecha tomándose la medición con un flexómetro, desde la base de la panoja hasta el ápice de la misma. Se midió diez plantas de los cuatro surcos centrales de cada unidad experimental.

Diámetro de panoja. Se determinó de las mismas plantas, del primer tercio inferior de la panoja midiendo con la ayuda de un calibrador Vernier en cm en la fase de madurez fisiológica.

Diámetro de tallo. Se determinó con la ayuda de un calibrador Vernier en cm realizando la medición en la parte basal de la planta, el mismo se realizó una vez que la planta haya llegado a la madurez fisiológica.

Rendimiento en grano. Se determinó cuando las plantas completaron su etapa fisiológica, se pesó en una balanza de precisión de 1 gr Los granos cosechados de 11 m², donde se transformó el peso de campo expresado en kg/Ha. Para realizar el pesaje del 25% del total de granos cosechados de 11 m² los cuáles fueron sometidos a un calibrador donde se efectuó la selección de granos por tamaños mediante tamizado:

Posteriormente, con los datos obtenidos de las variables de respuesta evaluadas en campo, se realizó el ANVA 1 a 5% de la probabilidad estadística, para comparar las diferencias entre tratamientos se realizó la prueba de rangos múltiples DUNCAN al 5% de probabilidad estadística, estos datos se procesaron mediante el programa SAS.

Análisis económico. Tiene la finalidad de ver la factibilidad económica de cada uno de los tratamientos frente al testigo, en este sentido se realizó en base a las pautas del modelo CIMMYT (1988), considerando las siguientes partes para el presente trabajo de investigación.

- Rendimiento en grano (kg/Ha).
- Beneficio Bruto (Bs.).
- Total Costo Variable (TCV) Bs.
- Costo Marginal = $(TCV_{\text{tratamiento}} - TCV_{\text{testigo}})$.
- Ganancia sobre el TCV = Ingreso Total – TCV.

■ Ingreso Marginal = (Ingreso total _{tratamiento} – Ingreso total _{testigo}).

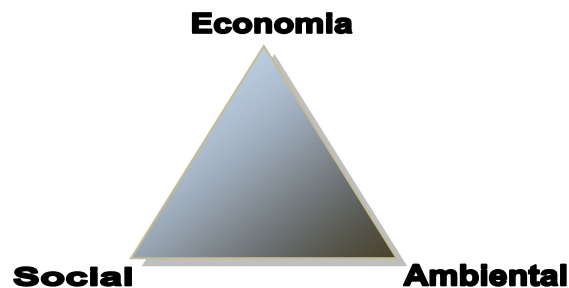
■ Tasa de Ingreso Marginal = Ingreso Marginal / Costo Marginal

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 La agricultura sostenible.

Uno de los elementos importantes en la práctica de la Agricultura Sostenible es el uso eficiente de los insumos (suelo, agua, material vegetal, etc.)

Los pilares son:



Puede ser definida como un sistema integrado de prácticas de producción, cuya aplicación es ambiente o localidad – dependiente, que a largo plazo pueda satisfacer las necesidades de alimentos y fibras de la población mediante la utilización eficiente de insumos y tecnologías agrarias, sin comprometer la conservación de los recursos naturales, la calidad del medio ambiente y la competitividad de los productos en los precios y cualidades que requiere el comercio internacional (Ortuño 2000).

2.1.1 Agricultura orgánica

La Agricultura Ecológica, también conocida como Biológica, Orgánica, etc., se ha definido como una agricultura alternativa que se propone obtener unos alimentos de máxima calidad nutritiva respetando el medio y conservando la fertilidad del suelo, mediante una utilización óptima de los recursos locales sin la aplicación de productos químicos sintéticos (ECOTENDA, 2013).

Según Soto (2003), la agricultura orgánica rescata las prácticas tradicionales de producción, pero no descarta los avances tecnológicos no contaminantes, sino más bien los incorpora, adaptándolos a cada situación particular. La agricultura orgánica es la conjunción de prácticas ancestrales, como el uso de terrazas por los incas, con la agricultura tradicionalmente biodiversa de nuestros campesinos, vinculada a nueva tecnología apropiada.

La agricultura orgánica no rechaza el valor de los conocimientos científicos que son útiles para la humanidad pero cuestiona su orientación reflejada en la agricultura convencional que ha alterado profundamente las estructuras socio-económicas y culturales de la sociedad moderna, observando a la planta desde su estructura material, olvidándose de su existencia de un lado interno que ordena los componentes materiales en función del medio ambiente y del cosmos, razón que obliga a reconocer, e incentivar y respetar las leyes naturales (Navia *et al*, 2007).

Restrepo (1998) añade, que la fabricación de abonos orgánicos fermentados se entiende como un proceso de descomposición aeróbica y termofílica de insumos orgánicos a través de poblaciones de microorganismos, quimio organotróficas existentes en dichos insumos, bajo 3 condiciones controladas, que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables. Los biofertilizantes o biopreparados se originan a partir de la fermentación.

2.2 Microorganismos benéficos endófitos

La etimología de la palabra endófito viene de endo (dentro) y fito (planta), literalmente “significa en la planta”. Wilson y colaboradores (1995) definieron el término endófito en referencia a hongos o bacterias que durante parte o todo su ciclo de vida invaden los tejidos de plantas vivas sin provocar enfermedad.

Pérez (2010), indica que el término microorganismo endófito se refiere a bacterias y hongos que colonizan los tejidos internos (raíz, hojas y tallos) de las plantas sin causarles enfermedades aparentes, además de beneficiarlas al reforzar su tolerancia a condiciones adversas para su desarrollo. Este tipo de microorganismos ha atraído la atención de los científicos en busca de estrategias biotecnológicas para la agricultura, que permitan disminuir el uso de plaguicidas en las plantaciones comerciales y, con ello, lograr un mayor rendimiento en la producción.

Según Muñoz *et al* (2003), mencionan que los microorganismos endófitos comprenden a los hongos y bacterias que viven sin causar daño en el interior de células o tejidos de plantas superiores durante una parte considerable de su ciclo de vida. En general, los microorganismos endófitos pueden localizarse en espacios intracelulares, intercelulares o en el tejido vascular.

Los organismos endófitos, particularmente los hongos, han recibido una creciente atención en los años recientes. Este grupo de microorganismos vive asintóticamente dentro de tejidos vegetales sanos, y ha mostrado poseer un gran potencial económico en áreas como la agronomía y la medicina. También se han usado como grupo modelo para estudiar aspectos teóricos de la ecología de comunidades y de la interacción planta microorganismo (Gamboa, 1997).

2.2.1 Investigación sobre microorganismos en el departamento de Cochabamba

La Fundación PROINPA con el propósito de contribuir a solucionar los problemas que afectan la producción de cultivos, han efectuado estudios sobre la preparación de abonos orgánicos e identificación de microorganismos del suelo para el desarrollo de biofertilizantes, mediante la ejecución del proyecto “Producción sostenible de cultivos en áreas urbanas y peri-urbanas de los Andes por la combinación de biocompostamiento e inoculantes microbiales” (COMMINANDES), (Franco *et al*, 2007).

2.2.2 Microorganismos antagonistas para el desarrollo de la planta

Existe un grupo importante de hongos y bacterias que presentan efectos antagónicos con otros microorganismos y esta acción puede ser aprovechada como una forma de control biológico de patógenos vegetales.

Los microorganismos antagonistas son aquellos agentes biológicos capaces de interferir en el proceso de la vida de los patógenos vegetales, pueden ser hongos, bacterias, nematodos, etc. Son equivalentes a los “enemigos naturales” usados en control biológico.

Los antagonistas, pueden disminuir o impedir la germinación de los propagulos de los patógenos y causar la degradación de los micelios, inhibir el crecimiento y desarrollo de la biomasa del patógeno, por la producción de antibióticos o por el entrelazamiento de las hifas, competir por alimento (Hidratos de carbono y nitrógeno), tanto como por espacio u oxígeno (Baker, 1985).

2.2.3 Bacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPB's)

El término de bacterias promotoras de crecimiento vegetal PGPB's (Plant growth promoting bacteria) fue acuñado por Joe Kloepper en 1980, en la Universidad de

Auburn de Estados Unidos de América, haciendo referencia a un grupo de microorganismos benéficos para el desarrollo de las plantas los cuales se pueden encontrar o no asociadas a diversos tejidos vegetales (Tenuta, 2005). Las bacterias promotoras de crecimiento tienen la capacidad para estimular el crecimiento en las plantas, a través de mecanismos, tales como la fijación de nitrógeno atmosférico (Döbereiner *et al*, 1995).

Producción de sustancias reguladoras de crecimiento, inducción de resistencia sistémica a patógenos, inhibición del crecimiento de organismos antagónicos e interacción sinérgica con otros microorganismos del suelo (Bashan y Holguin, 1998).

Las rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas (PGPR), como *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefasciens*, son microorganismos de vida libre que poseen efectos favorables sobre las plantas al colonizar sus raíces. El concepto de PGPR ha ganado aceptación en la última década y varios de sus posibles mecanismos ha sido propuesto por sus efectos. Estos incluyen efectos tales como la supresión de enfermedades de plantas (Smith *et al*, 1999), la exclusión de patógenos de la raíz por competencia favorecer la liberación de nutrientes limitadamente disponibles en el suelo. (Idriss *et al*, 2002) y la liberación de sustancias reguladoras del crecimiento de plantas, tales como el ácido indol-3-acético.

2.2.4 Bacterias endófitas

Pérez *et al* (2009), mencionan que las bacterias endófitas residen en tejidos de las plantas, principalmente en espacios **inter**celulares, raramente en espacios **intra**celulares y dentro de tejidos vasculares sin causar síntomas de enfermedad en la planta. Las discusiones sobre el origen de las bacterias endófitas y la forma de penetración, además de los mecanismos de colonización, consideran la hipótesis de que se originaron desde semillas, de la rizosfera.

La mayoría de las plantas naturalmente propagadas crecen en campos o en macetas, estos suelos son colonizados por las comunidades endofíticas de bacterias, que abarcan una gran variedad de especies y géneros. Algunas beneficiosas, neutras, y perjudiciales. Estas asociaciones pueden aumentar el

crecimiento de las plantas, acelerar el desarrollo o mejorar la resistencia al estrés ambiental (Sturzet *al*, 2000).

2.3 El Género *Bacillus*

El género *Bacillus* cuenta con 88 especies a la fecha. El género *Bacillus* fue descubierto por Cohn en 1872. Estos microorganismos fueron de los primeros en ser caracterizados, siendo de gran importancia en el desarrollo de la microbiología (Márquez, 2007).

Su habitat primario es el suelo, pero se encuentran también en alimentos, plantas y agua fresca o estancada (Cuervo, 2010).

2.3.1 Características generales de *Bacillus subtilis*

B. subtilis es el microorganismo Gram positivo más ampliamente estudiado (Espinosa, 2005), tanto por ser un modelo de estudio de fisiología y desarrollo bacterianos como por sus aplicaciones industriales (Zeigler y Perkins, 2009).

B. subtilis es un bacilo mediano de aproximadamente 0,7 a 0,8 μm por 2 a 3 μm , móvil, con flagelos largos peritricos. Las endosporas son elipsoidales y terminales o sub-terminales y se liberan por lisis de la célula madre. Ha sido caracterizado como mesófilo, aunque puede crecer tanto a temperaturas bajas (de 5 a 20°C) como altas (de 45 a 55°C) (Zeigler y Perkins, 2009). Durante mucho tiempo se consideró como estrictamente aerobio, pero se ha reportado que puede crecer en condiciones anaerobias mediante respiración de nitrato (Espinosa, 2005).

Según Gonzales y Fragoso (2002), Es una forma de spora móvil y es un organismo aeróbico obligado (aunque en condiciones con medios de cultivo complejos que contienen glucosa, se desarrollan como anaeróbicos con crecimiento débil y puede ocurrir fermentación).

Gonzales y Fragoso (2002), señalan que las características de la bacteria *B. subtilis* son:

- Corresponde a una bacteria gram positiva.
- Producen endosporas, las que son termorresistentes, resisten a factores físicos como la desecación, la radiación, los ácidos y los desinfectantes químicos.

- Muchos bacilos producen enzimas hidrofílicas extracelulares que descomponen polisacáridos, ácidos nucleicos y lípidos, permitiendo que el organismo emplee estos productos como fuente de carbono y donadores de electrones.
- Muchos bacilos producen antibióticos y son ejemplos de estos la bacitracina, polimixina, tirocidina, gramicidina y circulina.
- Son fermentativas, usualmente fermentan caseína y almidón.
- Viven dentro de los límites de 55 a 70°C.
- El límite inferior de pH para género *Bacillus* es de 2 a 3.

Esta bacteria cuando entra en simbiosis con la planta, libera una enzima llamada Iturin A1, la cual induce una resistencia sistémica natural en la planta contra patógenos bacterianos y fungos, propiedad llamada Resistencia Sistémica Adquirida (SAR).

Esta propiedad hace que tenga un efecto supresor de patógenos de suelo y fundamentalmente promueve el crecimiento de la planta haciéndola más vigorosa y se obtenga mejores rendimientos. También tiene potencial para la solubilización de Fosforo del suelo, así ayuda al reciclaje de nutrientes para la planta (Ortuño *et al*, 2010).

2.3.2 Clasificación científica.

Cuadro 4: Taxonomía de *B. subtilis*

Reino:	Bacteria
Fylum:	Firmicutes
Clase:	Bacilli
Orden:	Bacillales
Familia:	Bacillaceae
Género:	<i>Bacillus</i>
Especie:	<i>B. subtilis</i>
Nombre binomial:	<i>Bacillus subtilis</i>

Fuente: Fritze, 2004



Figura 2: Cepa de *Bacillus subtilis*

2.3.3 Antagonismo. *B. subtilis*.

Shoda (2000), indica que la especie del género *Bacillus* poseen características antagonistas especiales que lo hacen buenos candidatos como agentes de control biológico. Su utilización para el biocontrol es de gran interés, debido a la capacidad que presentan estas bacterias para producir antibióticos y otras sustancias con capacidad antibacteriana y antifúngica que impiden el establecimiento de patógenos vegetales. Con respecto a *bacillus* se ha estudiado la liberación de compuestos con propiedades antifúngicas como la subtilina y otros antibióticos de la familia de las iturinas.

2.3.4 *Bacillus amyloliquefaciens*.

El nombre de *Bacillus amyloliquefaciens* fue propuesto por Fukumoto en 1943, y no fue publicado hasta 1980 (Priestet *al*, 1987) comparte características fenotípicas con *B. subtilis*, tiene la capacidad de crecer en presencia de 10% de NaCl Productora de grandes cantidades de enzimas extracelulares, Se ha demostrado que algunas fitohormonas, ácido indol acético, producidas por los microorganismos rizosféricos pueden provocar un aumento de la superficie de la raíz, permitiendo a la planta una mayor absorción de nutrientes. La protección podría ser a través de efectos antagónicos, debido a la producción de sustancias que inhiben el crecimiento de los patógenos o bien, por el desencadenamiento de una respuesta de defensa de la planta en contra de patógenos inducida por el endófito, en forma similar a la que se observa con algunas rizobacterias. (Welker y Campbell 1967).

2.3.5 *Bacillus thuringiensis* Kurstaqui

Es una bacteria Gram-positiva, aerobia, que se ha aislado del suelo, agua, hojas de plantas, insectos, etc., ha desarrollado una serie de factores de virulencia que le permiten infectar a sus blancos con mayor eficiencia, función (Soberón y Bravo, 1999).

El género *Bacillus* presenta el mayor número de especies conocidas con propiedades insecticidas, entre las que destaca *B. thuringiensis*. Los insecticidas biológicos de uso agrícola, en reemplazo de los químicos, se sustentan porque son más limpios ecológicamente y por lo tanto, menos contaminantes. Estos compuestos no son tóxicos para las plantas, animales ni el hombre y por ser biodegradables no constituyen riesgo de contaminación. Es un agente de biocontrol que representa el 90% del mercado mundial de bioinsecticidas (Emment, 1999).

2.3.6 Microorganismos como control biológico

En los últimos años, para reducir al máximo el uso de fungicidas, PROINPA ha trabajado en la utilización “Resistencia Sistémica Adquirida” y la “Resistencia Sistémica Inducida”. Es una nueva e innovativa forma de protección de las plantas adicionalmente a la de los fungicidas, no es solo un nuevo fenómeno sino una nueva tecnología.

El sistema de defensa llamado “**Resistencia Sistémica Adquirida (SAR)**” es activada en toda la planta. Esta forma particular de resistencia puede ser activada por agentes bióticos y abióticos, y resulta en una protección sistémica de toda la planta contra una gama de enfermedades causadas por hongos y bacterias (Navia, 2010).

Investigaciones señalan otro sistema de defensa, denominado “**Resistencia Sistémica Inducida**”. Este fenómeno, se refiere al incremento en la resistencia de una planta hacia los patógenos, después de que la planta ha estado expuesta o tratada con organismos o químicos que pueden provocar esta respuesta (Navia, 2010).

2.4 Origen y distribución geográfica de la quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) el grano sagrado de Los Andes, cuyo origen remonta a 5000 años a.C., fue el principal alimento de antiguas culturas bolivianas y actualmente es el alimento perfecto para el mundo entero, por su valioso aporte en proteínas, vitaminas y minerales y el balance existente entre estos.

Bolivia ha merecido la denominación de centro de origen de la Quinua Real, característica que ha posesionado al país como el principal productor y exportador de esta variedad al mercado internacional (PROINPA, 2009).

Según la Fundación PROINPA (2011), la quinua es una planta andina originaria del Altiplano Boliviano y Peruano, que muestra la mayor diversidad de genotipos y progenitores silvestres en los alrededores del Lago Titicaca. El cultivo de quinua es una herencia prehispánica, de culturas que habitaban en las riveras de los salares de Uyuni y Coipasa.

FAUTAPO (2008), Indica según estudios realizados por PROQUIPO (Programa Quinua Potosí) y la Fundación Altiplano, la producción de quinua en Bolivia está concentrada en los Departamentos de Potosí, Oruro y La Paz. En los otros departamentos del país este cultivo es poco frecuente. Se ha establecido que la quinua es la especie nativa mayormente distribuida en el callejón interandino y que los centros de mayor variabilidad son:

2.5 Descripción morfológica

2.5.1 La planta

Gandarillas (1979), menciona que la quinua, es una planta herbácea, anual erguida de más de un metro de altura, **La raíz** en principio es pivotante y luego se vuelve ramificado según ecotipo o profundidad del suelo (León, 2003). El **Tallo**. Es cilíndrico y herbáceo anual a la altura del cuello la altura es variable de acuerdo a las variedades y siempre terminan en una inflorescencia (León, 2003). Las **Hojas**. Ramírez (1990), señala que la coloración de las hojas varía desde amarillo verduzco, púrpura y las intermedias combinaciones, **Inflorescencia**. Según León (2003), Es de tipo racimosa y por la disposición de las flores se le denomina panoja. De acuerdo a la forma de panoja, se clasifican amarantiforme, y glomérulada. La **Flor**. Son pequeñas y carecen de pétalos, se encuentran

agrupadas a lo largo del eje principal en número de 20 o más. (Yugcha, 1988). El **Fruto**. Es un aquenio, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm (Gallardo *et al*, 1997). La **Semilla**. La semilla constituye el fruto maduro sin el perigonio, es pequeña, aproximadamente mide 2 mm de ancho y 1mm de espesor, está cubierta por el pericarpio (Mújica *et al*, 2004).

2.5.2 Valor nutritivo del grano de quinua.

La quinua posee un alto valor nutricional según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), su contenido de proteínas la convierte en excelente sustituto de la carne, lácteos y huevos e ideal para la alimentación de la población con bajos niveles nutricionales, población resistente al gluten, mujeres en gestación, madres lactantes, niños, población de la tercera edad; expertos han considerado como un nutriente fundamental en el ámbito del deporte internacional y como alimento para los astronautas en sus viajes espaciales. Ha tomado una mayor importancia en la nutrición ya que es importante en la seguridad y soberanía alimentaria, por sus valores nutricionales, por su consumo de la población rural y el reciente consumo de la población urbana se destaca como el grano de oro del Altiplano boliviano, como se observa en el cuadro 2 y 3 (Promueve Bolivia, 2010).

Cuadro 5: Composición nutricional de la quinua en comparación con otros granos en 100gr

Alimentos	Energía (kcal.)	Proteínas (gr.)	Grasa (gr.)	Carbohidratos (gr.)	Calcio (mgr.)	Fosforo (mgr.)	Hierro (mgr.)
Trigo	353	12,40	1,59	72,34	55,60	237,30	3,68
Amaranto	382	13,20	7,00	76,50	249,30	459,00	6,60
Cañahua	352	14,06	3,88	65,15	128,20	361,00	12,80
Quinua	374	12,46	6,32	66,91	119,30	275,20	5,70

Fuente: (Promueve Bolivia, 2010)

Cuadro 6: Tabla nutricional (100 Grs. de producto), contenido de nutrientes en quinua

AMINOACIDOS	QUINUA	TRIGO	LECHE
Histidina	4,6	1,7	1,7
Isoleucina	7	3,3	4,8
Leucina	7,3	5,8	7,3
Lisina	8,4	2,2	5,6
Metionina	5,5	2,1	2,1
Fenilalanina	5,3	4,2	3,7
Treonina	5,7	2,7	3,1
Triptófano	1,2	1	1
Valina	7,6	3,6	4,7
Acidoaspartico	8,6	..	..
Acidoglutamico	16,2	..	..
Cisteína	7	..	..
Serina	4,8	..	..
Tirosina	6,7	..	..
Arginina	7,4	3,6	2,8
Prolina	3,5	..	..
Alanita	4,7	3,7	3,3
Glicina	5,2	3,9	2

Fuente: (AEDES, 2006)

2.5.3 Requerimientos del cultivo

2.5.3.1 Preparación del terreno

Se puede realizar en forma manual, actualmente con tractor. Se debe arar a fines del periodo lluvioso (febrero y marzo), un pase de rastra antes de la siembra (octubre) y si es posible una nivelación del suelo (Bonifacio *et al*, 2003).

2.5.3.2 Siembra

Operación que consiste en colocar la semilla en un terreno debidamente preparado para facilitar su desarrollo. Seguidamente tapar con una capa delgada de aproximadamente de 2.0 cm de espesor de tierra para evitar el contacto directo con la semilla, la cual puede quemar la semilla, la época de siembra varíade

acuerdo a la zona, también depende de las lluvias y la humedad del suelo (León, 2003). La densidad varía también según la preparación del suelo, sistema de siembra y calidad de la semilla entre 7 a 8 kg/Ha o 6 a 7 kg/Ha (Bonifacio *et al*, 2003). La profundidad se recomienda de 2 a 3 cm de profundidad pudiendo llegar hasta 5cm., (León, 2003

2.5.3.3 Siembra mecanizada

Actualmente la siembra mecanizada en el Altiplano Sur alcanza por lo menos el 70% y se lo realiza con la sembradora satiri dos, los surcos abiertos son paralelos y están distanciados entre sí de 0,80 a 1 m, en los surcos la semilla se deposita por golpes a una distancia de 0.8 m a 1 m (Bonifacio *et al*, 2003).

2.5.3.4 Fertilización

Según Tapia *et al* (2007), La Agricultura Orgánica, propone alimentar al suelo para que los microorganismos que ahí están presentes después de atacar a la materia orgánica y mineral que se incorpora, tornen asimilables a los nutrientes que ella contiene y de esta manera puedan ser absorbidos por las raíces de las plantas, para propiciar su desarrollo y fructificación.

La alimentación del suelo se puede hacer mediante la incorporación de materiales orgánicos tanto de origen vegetal como animal y algunos elementos minerales puros complementarios permitidos por los organismos internacionales de "Agricultura Orgánica",

La incorporación de estos materiales fertilizantes se deberá hacer por lo menos dos meses antes de la siembra mediante la labor de rastra.

Bonifacio *et al* (2006), mencionan aprovechar el efecto residual del estiércol aplicado para el cultivo de papa o aprovechar la fertilidad natural de suelos "purumas" o descansados para la quinua.

2.5.3.5 Biofertilización

Anteriormente se realizaron pruebas en invernadero, donde se confirmaron las propiedades de algunos microorganismos como bacterias y hongos benéficos para la agricultura. Con ese antecedente, se iniciaron estudios para la multiplicación masiva, pero en forma piloto, de los microorganismos seleccionados, para lo cual se tuvo que desarrollar protocolos de producción a mayores volúmenes, respecto

al laboratorio, donde se evaluó diferentes medios de cultivos, sólidos y líquidos, siempre procurando disponer de ingredientes que estén ampliamente disponibles en el mercado tradicional y que sean aceptados en la producción orgánica certificada (Ortuño *et al*, 2006).

Uribe (2004), menciona que los biofertilizantes son aquellos que en su componente activo presentan organismos vivos, que son beneficiosos para las plantas, tanto en el crecimiento y desarrollo.

2.5.3.6 Biofertilizantes con microorganismos rizosféricos nativos para una producción Orgánica de Quinoa en Bolivia.

Ante la necesidad y la demanda por los productores de quinoa del Altiplano boliviano, inicialmente se diseñó una estrategia de investigación para el desarrollo de bioinsumos.

Específicamente en este caso se presenta estudios de desarrollo de biofertilizantes. Se iniciaron investigaciones haciendo prospecciones en la microbiología del suelo, para lo cual se muestrearon suelos de la rizosfera de las plantas de quinoa. Se aislaron cerca de 50 microorganismos, entre los cuales se obtuvieron Hongos del género *Trichoderma*, *Beauveria* y *Metarizium*; y las bacterias del género *Bacillus*, *Azotobacter* y *Azospirillum*.

Los cuales al ser evaluados en laboratorio usando medios específicos para encontrar su actividad funcional con la planta, utilizándose cultivos para fijadoras de nitrógeno solubilizadoras de fósforo y promotoras de crecimiento.

Se utiliza en esta ocasión como estudio a la bacteria *B. subtilis* donde se presentan 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 de quinoa del altiplano boliviano (Ortuño *et al*, 2010).

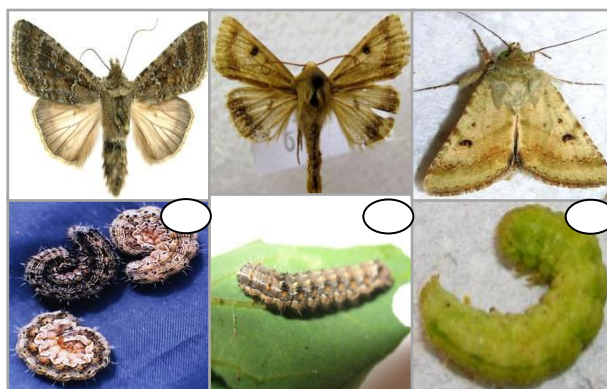
Resultados muestran que el uso de microorganismos benéficos como las bacterias y hongos benéficos aplicados con materia orgánica y complementado con fertilizantes foliares orgánicos y bioinsecticidas – biofungicidas es una alternativa importante para un manejo orgánico mas sustentable, más sensible con el medio ambiente y la salud del agricultor (Navia *et al*, 2010).

2.6 Plagas y enfermedades más importantes del cultivo

2.6.1 Plagas

Saravia y Quispe (2005), señalan que el cultivo de la quinua es afectada por una amplia gama de insectos durante su periodo vegetativo, de los cuales la K'cona k'cona *Eurysacca quinoae* Povolny, Ticona *Copitarsia turbata* son plagas clave del cultivo de quinua. Según Saravia *et al*, (2010), los insectos plaga que atacan al cultivo de la quinua en el Altiplano Central, que a través de muchos trabajos de investigación permitió la correcta identificación taxonómica de las siguientes especies: *Copitarsia incommoda* Walker¹, *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar², *Helicoverpa atacamae* Harwich³ y *Dargida acanthus* Herrich., Los adultos y larvas de la polilla de la quinua fueron identificados como *Eurysacca quinoae* Povolny como muestra la figura 3.

Figura 3: Adultos y larvas del “complejo ticona”



Fuente: Saravia y Quispe (2005)

La polilla de la quinua (*Eurysacca melanocamta* Meyrick), conocida también con los nombres comunes de “pegador de hoja” “k'cona k'conas”, “k'cacu k'curo”, y otros, es considerada como la plaga más importante de la quinua (Sarmiento, 1990; Zanabria y Banegas, 1997).

2.6.2 Daños que causa al cultivo

Las larvas de la primera generación (entre noviembre y diciembre) minan y destruyen las hojas e inflorescencia en formación, pegan las hojas tiernas de los brotes y las enrollan. Las larvas de la segunda generación (entre marzo y mayo), atacan plantas en la fase de maduración, se alimentan de los granos pastosos y secos en el interior de las panojas (Saravia y Quispe, 2005).

2.6.3 Métodos de control ecológico de las plagas

Los métodos o tácticas de control a los que puede recurrir el (MEP) pueden ser los siguientes según (Saravia *et al*, 2005).

Control cultural. Son prácticas agrícolas ordinarias como la rotación de cultivos, preparación de suelos, deshierbes, raleos. Control etológico. Como la utilización de feromonas, las trampas de colores, cebos. Control mecánico. Consiste en la remoción, destrucción de los insectos y órganos infestados de las plantas, la exclusión de los insectos y otros animales por medio de barreras, refugios artificiales y otros dispositivos. Control biológico. Es una práctica de protección a través del uso de enemigos naturales (parasitoides, depredadores y patógenos). Enemigos naturales del complejo ticona descritos hasta el momento en la figura 4.

Figura 4: Enemigo natural del complejo ticona



Chinca chinca o *t'itiri* (*Ammophila sabulosa*) y *ninanina* (*Sphex* sp.)

Fuente: (Saravia, 2005).

2.7 Enfermedad

2.7.1 Variables para la cuantificación de las enfermedades

2.7.1.1 Incidencia

Agrios (1988), reportaron que la incidencia es la relación porcentual de plantas enfermas sobre del total de plantas; en otras palabras sanas mas enfermas, así mismo indican que la incidencia es una forma simple y rápida de cuantificar la enfermedad y tiene particular importancia para realizar pronósticos y proveer epifitias (epidemias). James (1985), señala que cuando se presenta una incidencia de 100% el progreso de la enfermedad solamente se podrá medir a través de la severidad.

2.7.1.2 Severidad

Cada curva de progreso de las plantas expresa los varios efectos del patógeno del ambiente y de la interferencia humana, donde se cuantifica frecuentemente la severidad de la enfermedad, la que se define como la relación porcentual de la superficie de tejido enfermo sobre la superficie (James, 1985).

2.7.2 Mildiu de la quinua

La enfermedad mildiu es causado por *Peronospora farinosa* que afecta principalmente al follaje y causa una reducción en el rendimiento. Generalmente, las condiciones ambientales con alta humedad favorecen el desarrollo del mildiu. La enfermedad se presenta en la mayoría de los lugares donde se cultiva la quinua, ello, por la gran diversidad genética del patógeno (Danielsen *et al*, 2000) y su amplio rango de adaptabilidad.

Según Alandia *et al* (1979), el mildiu abarca las zonas productoras de quinua de los países de Perú, Ecuador y Bolivia donde el patógeno muestra su amplia capacidad de desarrollo y adaptación. Los síntomas de la enfermedad son claramente visibles por el amurallamiento de las hojas que empieza con manchas irregulares hasta la defoliación completa en las variedades susceptibles. Los efectos del mildiu son la reducción del rendimiento y la pérdida de calidad del grano.

Según Bonifacio (2006), la enfermedad de mayor significación para la quinua es el mildiu con mayores daños que se presentan en las hojas, provocando la reducción del área fotosintética de la planta, y consecuentemente afecta en forma negativa en el desarrollo de la planta y en el rendimiento.

El mildiu para su expresión requiere de condiciones ambientales más o menos específicas, siendo la alta humedad relativa del ambiente la condición más preponderante, aunque también se requiere temperaturas relativamente frescas. Por tanto, la enfermedad no se presenta con la misma intensidad en las diferentes zonas de producción de quinua (Bonifacio, 2001).

2.7.2.1 Taxonomía del patógeno

Cuadro 7: Taxonomía del patógeno

Clasificación Científica	
Reino:	Protista
Filo:	Heterokontophyta
Clase:	Oomycetes
Orden:	Peronosporales
Familia:	Peronosporaceae
Género:	<i>Peronospora</i>
Especie:	<i>P. farinosa</i>

Fuente: (Danielsen y Ames, 2000)



Figura 5: Esporangióforo y esporangios de *Peronospora farinosa*

Fuente: (Danielsen y Ames, 2000)

2.7.2.2 Síntomas

Danielsen y Ames (2000), mencionan que la enfermedad se inicia en las hojas inferiores, propagándose hacia las hojas superiores. En la cara superior, se observan manchas amarillas pálidas (cloróticas) o rojizas de tamaño y forma variable. En la cara inferior, se ve una pelusilla de color plomo o gris violáceo (esporángio y esporangióforos). Los síntomas van aumentando sucesivamente en tamaño y número. Generalmente al final de la época lluviosa sólo se encuentra hojas con manchas necróticas, pero no se observa la esporulación característica

del patógeno en actividad. Un efecto conocido del mildiu es la defoliación que causa en la planta.

2.7.2.3 Ciclo de la enfermedad.

Danielsen y Ames (2000), indican que cuando un esporangio cae sobre una hoja de quinua, germina directamente produciendo un tubo germinativo, siempre que haya humedad relativa alta en el aire (>80%). Después de la fecundación del oogonio se forma una oospora aplerótica que ocupa sólo la parte central de lo que fuera el oogonio. Cuando se forma la oospora cambia a un color marrón dorado. Cinco a seis días después de la penetración, durante los cuales el patógeno se ha desarrollado vegetativamente dentro del hospedante, se inicia la producción de esporangióforos que se proyectan hacia la superficie inferior de la hoja a través de las estomas. Los esporangióforos, una vez que alcanzan su desarrollo máximo, forman los esporangios, que son las estructuras propagativas del patógeno capaces de mantener la epidemia durante todo el ciclo en que la planta hospedante permanece en el campo.

2.7.2.4 Control

Control Cultural. Basados en rotaciones de cultivo, prácticas agronómicas para disminuir la humedad en el campo (distancia de surcos y plantas, drenaje, dirección de surcos con respecto al viento), asociación o mezcla de cultivos; Control genético: Uso de variedades resistentes y/o tolerantes y multilíneas (PAR, 2009).

2.7.2.5 Uso de microorganismos en el control de enfermedades.

Las bacterias Gram positivas del género *Bacillus* y *Streptomyces* han resultado muy eficaces en el control de enfermedades, (Emment y Handelsman, 1999).

A su vez Dowling y O'gara (2001), indica que su mecanismo de acción puede ser por competencia nutricional a través de la producción de sideroforos que secuestran hierro y que no pueden ser usados por organismos patógenos, por la Inducción de Resistencia Sistémica Inducida y por la producción de antibióticos, Fenazinas, pioluteorina, ácido cianhídrico, etc., efectivos contra enfermedades fúngicas.

2.8 Características de bioinsumos

Según Ortuño *et al* (2012), con el objetivo de generar una agricultura sostenible y saludable, la fundación PROINPA junto a BIOTOP SRL. Están trabajando en el desarrollo de bioinsumos que son inocuos para la salud humana, no afectan el medio ambiente y son accesibles a productores de escasos recursos. Para el desarrollo de estos bioinsumos se han aislado y caracterizado cepas nativas de microorganismos benéficos. Estos bioinsumos fueron analizados por empresas certificadoras, quienes autorizaron su uso, porque cumplen con las normas internacionales de producción orgánica.

2.8.1 Biofungicidas

Según Ortuño *et al* (2010), consiste en la utilización de cualquier agente biológico de control natural, pero en forma dirigida como las comunidades biológicas supresan con patógenos y enfermedades, a base de extractos de sustancias naturales con propiedades de control de la población y/o reguladoras.

2.8.1.1 *Biobacillus*

Es un biofungicida y promotor de crecimiento desarrollado en base a microorganismos nativos benéficos, con excelentes resultados en cultivos de papa, maíz, quinua, hortalizas, frutales y plantas ornamentales.

Cuadro 8: Composición del biobacillus

Composición	%
<i>Bacillus subtilis</i> y <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (4×10^9 ufc/g)	0,01%
Ingrediente inerte CaCO_2	99,99%
Total	100%

Fuente: Biotop S. R. L. 2012

2.8.1.2 *Modo de acción*

Biobacillus es un biofungicida y promotor de crecimiento desarrollado en base a *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens*. Tienen un efecto en la planta porque:

- Libera nutrientes escasamente disponibles en el suelo.

- Libera sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas, tales como el ácido indol-3-acético.
- Puede activarse bajo una gran variedad de condiciones (8-40°C, pH 5-9, óptima 7).
- Incrementa los rendimientos y la calidad del producto.
- Suprime enfermedades del suelo.
- Inicia la inducción de Resistencia Sistémica (RSI), además, realiza la exclusión de patógenos de raíz por competencia.

La “Resistencia Sistémica Inducida”, es una nueva forma de protección a las plantas, no es solo un nuevo fenómeno sino una nueva tecnología que consiste en activar el sistema de defensa en toda la planta, contra enfermedades causadas por hongos y bacterias.

2.8.1.3 Formas de aplicación

Se aplica a la siembra, a surco abierto, sobre estiércol y sobre semilla. Es importante incorporar previamente estiércol u otra materia orgánica, para favorecer el establecimiento, multiplicación y efecto de los microorganismos.

2.8.1.4 Fungitop

Fungitop es un eco fungicida que actúa por contacto. Controla manchas foliares, mildiús y oídio en cultivos de hortalizas (cebolla, tomate), Frutales (durazno, vid, manzano), papa y ornamentales.

2.9 Bioinsecticidas.

Según FAO (2009), los bioinsecticidas son productos a base de extractos de sustancias naturales con propiedades de control de la población y/o reguladoras sobre insectos y microorganismos consideradas plagas para los cultivos. Los bioplanguicidas presentan acción preventiva, repelente, eliminación o reducción del agente causal del cultivo.

2.9.1 Acaritop

Es un eco acaricida que actúa por contacto para el control de plagas de las plantas. Sólo afecta a las plagas en la superficie de la planta. Se necesita bañar las plagas y toda la parte aérea de la planta. Su acción será efectiva mientras persistan en la hoja. Empezar las aplicaciones en forma preventiva, es decir, antes

que se presente la plaga. Realizar las restantes aplicaciones con una frecuencia de 7-14 días, según la presión de la plaga.

2.9.2 Biobat

Es un bioinsecticida en polvo y en líquido. Controla larvas de lepidópteros (ticonas y polillas). Se considera un bioinsecticida de ingestión, cuyo ingrediente activo es la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* Kurstaqui. Requiere aplicaciones de manera preventiva y no es tóxico para los animales ni para el humano.

Cuadro 9: Composición del biobat

Composición	%
<i>Bacillus thuringiensiskurstaki</i> (2.4×10^9)	0,18%
Ingrediente inerte (Calcita o caldo específico de bacterias)	99,82%
Total	100%

Fuente: Biotop S. R. L. 2012

2.9.2.1 Forma de aplicación.

Biobat líquido o sólido se aplica directamente al cultivo por aspersión, Para preparar la dosis de aplicación se mide 300 cc. o 300 g. del producto comercial en 20 litros de agua. Agitar muy bien la mezcla para que sea uniforme la aspersión. La aplicación debe ser foliar en forma preventiva, es decir, antes que se presente la plaga. Realizar las restantes aplicaciones con bioinsecticidas e insecticidas sintéticos.

2.10 Biofertilizantes

Son el producto de la disolución y fermentación de sustancias minerales y orgánicas en agua con propiedades nutricionales y/o de estabilización de propiedades químicas para el cultivo o el suelo donde se desarrolla. Sirven para proporcionar nutrientes y bioestimular la nutrición y la resistencia de las plantas a los ataques de insectos y enfermedades. En la elaboración el preparado puede ser enriquecido con compuestos o elementos minerales (FAO, 2009).

2.10.1 Vigortop

(Ácidos húmicos y fúlvicos). Es un bioestimulante y promotor de crecimiento foliar orgánico líquido, que se utiliza en una gran diversidad de plantas (quinua, cultivos anuales, hortalizas, frutales, plantas ornamentales, etc.). Es muy efectivo en plantas estresadas, promueve el crecimiento vigoroso gracias a las fitohormonas y los brasinoloides que contiene.

2.10.2 Fertisol

Es un biofertilizante foliar líquido, orgánico y natural, que se puede utilizar en una gran variedad de plantas: ciclo corto, anuales, bianuales o perenes, gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales (durazno, manzana, vid), hortalizas (cebolla, tomate, lechuga, repollo), raíces, tubérculos (papa) y ornamentales, con aplicaciones dirigidas principalmente al follaje.

2.11 Cosecha

Quispe *et al* (2006), menciona que la cosecha se realiza cuando las plantas se tornan de un color amarillo típico o rojizo según las características de la variedad. Se deben cortar las plantas a la altura del tercio inferior empleando para este propósito hoz, azadón o segadoras mecánicas. Para el secado de las plantas cosechadas se debe emparvar en montones este proceso se debe realizar en el menor tiempo posible.

Para la trilla se puede utilizar tractor o vehículo que se realiza sobre carpas dispuestas en el suelo apisonado, después se continúa con el harneado del material trillado posteriormente se continúa con el venteo que puede ser manual o mecánico y así obtener grano puro y categorizado colocados en yutes o sacos para almacenarlos y determinar el mercado de destino a la venta (Quispe *et al*, 2006).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Evaluación del crecimiento y desarrollo del cultivo de quinua

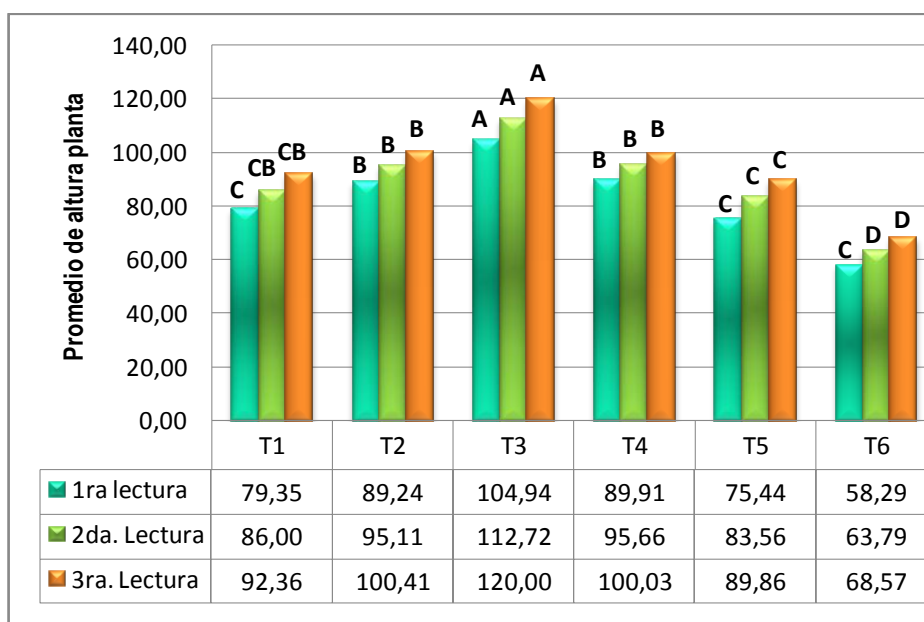
Para las variables agronómicas evaluadas se requiere necesario la lectura de

- Altura planta, en la fase de (Panojamiento, floración, grano lechoso).
- Área foliar en la fase de (ramificación, floración, grano lechoso).

- Longitud panoja, diámetro de panoja y tallo al final del estudio (madurez fisiológica).
- Cobertura foliar: en la fase de (Panojamiento, ramificación, floración).

3.1.1 Altura planta

Figura 6: Promedios de altura planta en cm

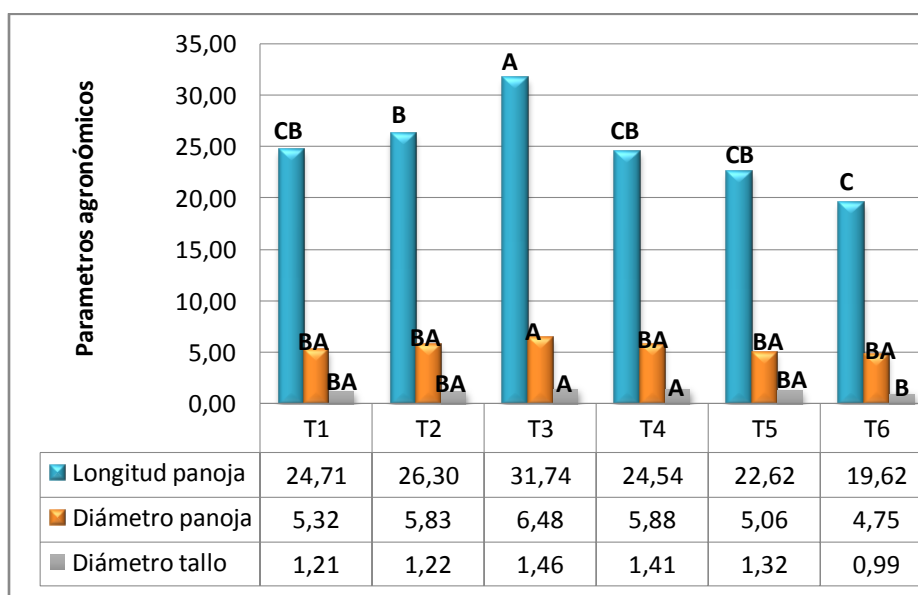


La figura 6 señala la variabilidad de los tratamientos con la aplicación de los microorganismos benéficos endófitos, los cuáles reportaron resultados muy interesantes, donde el tratamiento T3 (6 aplicaciones de biobacillus), obtuvo mayor altura planta en la fase de panojamiento, floración y madurez fisiológica teniendo un promedio de 120 cm, seguidos del T2 y T4 con 100,41 y 100,03 cm. respectivamente. A si mismo se puede observar que la altura planta del testigo es el más bajo con 68,57 cm. Gracias a los mecanismos de acción *Bacillus* spp., incluyen competencia por espacio y nutrientes, antibiosis e inducción de resistencia. Además tiene comprobado efecto en la promoción de crecimiento de las plantas (Chaves, 2007). En general las bacterias que expresan estos mecanismos son conocidas como rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR, por sus siglas en inglés).

En los últimos años ha habido un interés creciente en los microorganismos benéficos del suelo, ya que estos pueden promover el crecimiento de las plantas y también evitar la infección del tejido vegetal (Benizre, 2001). (Aguilar y Barea, 1996), señalan que los microorganismos estimulan la producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, que posteriormente son transferidas a la planta hospedera.

3.1.2 Longitud panoja, diámetro panoja, diámetro tallo

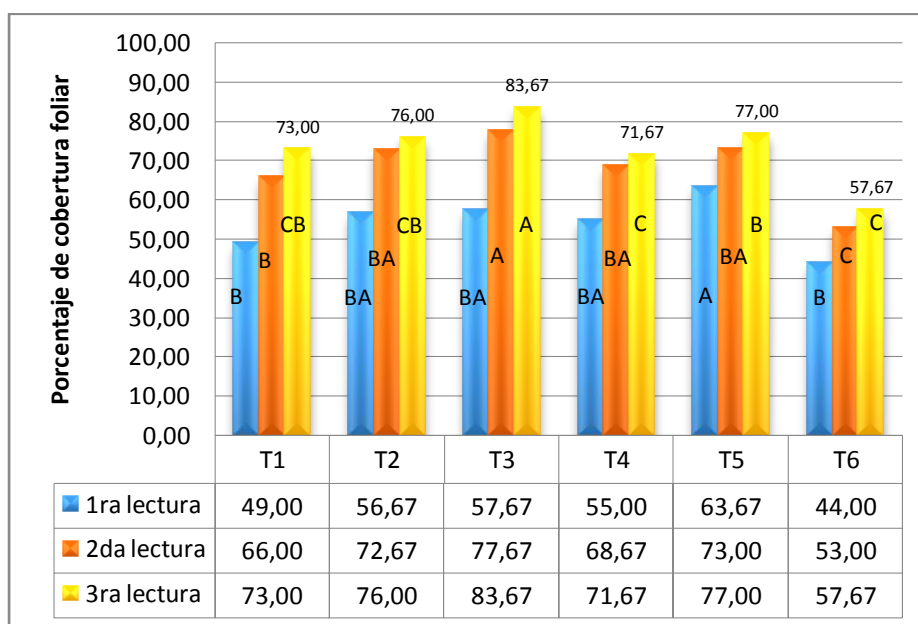
Figura 7: Promedios de longitud panoja, diámetro panoja y diámetro tallo en cm



En la figura 7 se señala la variabilidad de los tratamientos los cuáles reportaron resultados muy interesantes, donde el tratamiento T3 (6 aplicaciones de biobacillus), obtuvo mejores promedios en longitud y diámetro panoja y diámetro tallo alcanzando promedios de 31,74 cm; 6,48 cm, y 1,46 cm respectivamente que a su vez superan el promedio del testigo. Por consiguiente los buenos resultados del desarrollo de la planta, en las variables longitud panoja diámetro panoja y diámetro tallo obtenidos en los tratamientos T3 (6 aplicaciones de biobacillus) se debería a que estos fueron aplicados con microorganismos benéficos, promotores del crecimiento, biofertilizantes, biofungicidas y bioinsecticidas, (INIA 2012) que promueven las actividades fisiológicas y estimulan el desarrollo de plantas. Por lo mencionado al parecer en el desarrollo del diámetro panoja influye el genotipo, el ciclo fenológico y las características climáticas de cada región (Revollo, 2004)

3.1.3 Cobertura vegetal en la fase de ramificación, panojamiento y floración

Figura 8: Porcentaje de cobertura foliar en %



Según figura 8, muestra la variabilidad de los tratamientos, donde se puede apreciar que los promedios de cobertura foliar reportaron los siguientes resultados, el tratamiento T3 (6 aplicaciones de biobacillus) obtuvo mayor cobertura foliar en la (etapa de floración), seguido de el T5 (estrategia Bioinsumos) con biofertilizantes promotores del crecimiento teniendo un promedio total de 83,67% y 77 % respectivamente que a la vez superan al promedio del testigo con 44,00 %.

La aplicación de biobacillus permite plantas con mayor área foliar (Abbass y Okon 1993).

(Abbass y Okon 1993 y Martínez Viera 1997). Indican que este tipo de biofertilizantes es un biofactor que promueve el crecimiento en la zona trofógena de los vegetales con un incremento apreciable del área foliar efectiva. Asimismo, se ha comprobado por un gran número de autores, que las plantas sometidas a la bacterización aumenta su área foliar, la tasa fotosintética y su productividad.

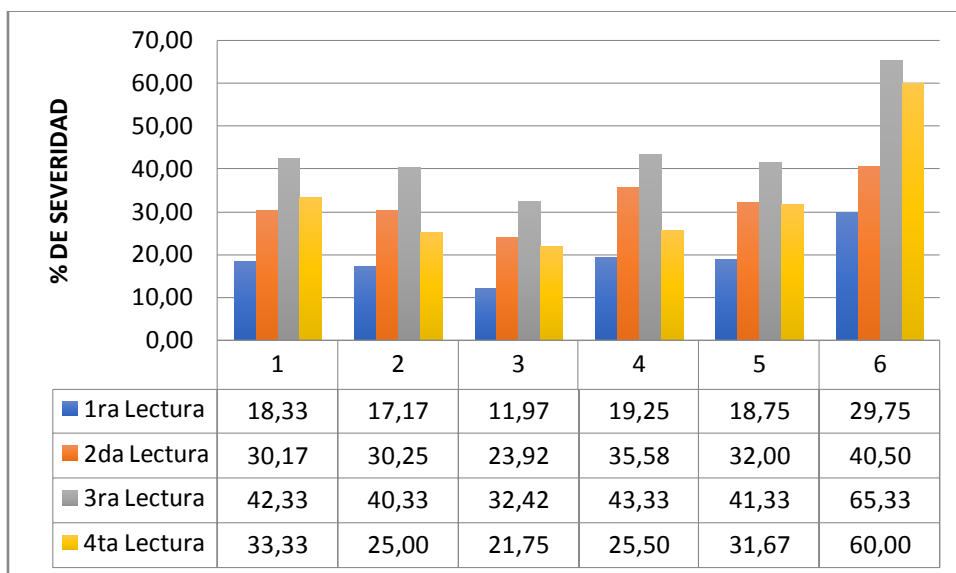
3.2 Evaluación de la sanidad del cultivo de quinua.

Para estudiar la epidemiología de una enfermedad o identificar factores de resistencia y virulencia, es necesario contar con un método de evaluación confiable y reproducible.

Donde la evaluación consiste en cuantificar los daños de las plantas, expresados en valores de dichos daños que causa la enfermedad en la planta.

3.2.1 Porcentaje de Severidad

Figura 9: Porcentaje de severidad en %



Según figura 9, muestra la variabilidad de los tratamientos, donde la comparación de medias de porcentaje de severidad reportaron los siguientes resultados, donde el tratamiento T6 (testigo) reportó mayor porcentaje de severidad, con 60 % y fue el tratamiento más afectado, comparando el porcentaje en la escala, presenta un nivel de 6, por otra parte el T3 (6 aplicaciones de biobacillus) aplicado con el biofunguicida con microorganismos benéficos presenta un promedio total de 21,75 %, presenta un nivel 4. Las bacterias del grupo de *Pseudomonas fluorescens* y las del género *Bacillus* son consideradas las más eficaces para controlar enfermedades foliares y de las raíces (Kim *et a*, 1997).

Estas bacterias se han evaluado para el control de enfermedades fúngicas, determinándose que las aplicaciones de *Bacillus subtilis* tienen un efecto similar al de los fungicidas comerciales (Korsten *et al*, 1997). Según PROINPA (2012), los bioinsumos trabajan para combatir aquellas bacterias, hongos que crean problemas fitosanitarios. Los microorganismos benéficos que contienen, sirven para mejorar las condiciones del suelo, suprimir (enfermedades) organismos patógenos y mejorar la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas.

El estudio de una enfermedad implica el conocimiento de los distintos factores que confluyen para que ésta se produzca. El hospedante y el patógeno son agentes activos en una enfermedad, pero ésta no se produciría si las condiciones del medio ambiente no fueran favorables para el patógeno o detrimentes para la planta. En el caso específico del mildiu de la quinua, temperaturas frescas y humedad alta (>80%) son factores determinantes para el crecimiento del patógeno y la diseminación de la enfermedad en el campo y dentro de una región (Danielsen y Ames, 2000).

3.3 Evaluación rendimiento del cultivo de quinua

El rendimiento en grano, considerado como una de las variables de respuesta más importantes desde el punto de vista económico, ya que de ello depende la adopción de algunos tratamientos en función a la eficiencia del control de enfermedades y plagas del cultivo.

3.3.1 Rendimiento en grano kg/Ha.

La figura 23, indica la variabilidad de los rendimientos con la aplicación de los diferentes tratamientos, los cuales reportaron resultados muy interesantes, el T3 (6 aplicaciones de biobacillus) es diferente a los demás tratamientos presentando el mayor rendimiento con 1529,81 kg/ha, seguidamente se tiene a los tratamientos T2, T4 y T1 que son estadísticamente similares, 1140,59, 1133,54 y 1091,60 con kg/ha y finalmente con el menor rendimiento el tratamiento T6 con solo 540,50 kg/Ha.

Por consiguiente el buen resultado de rendimiento obtenido en el tratamientos T3 se debería a que este tratamiento fue aplicado con microorganismos benéficos endófitos promotores del crecimiento, con (6 aplicaciones de Biobacillus), que se encuentran en biofunguicidas (*B. subtilis*, *B. amilolyquefaciens*) de biofertilizantes e insecticidas (*B. thuringiensis*) que han coadyuvado al desarrollo y sanidad de las panojas.

Navia (2010), señala resultados que muestran el uso de bioinsumos en base a microorganismos benéficos como las bacterias y hongos benéficos aplicados con materia orgánica y complementada con fertilizantes foliares orgánicos y bioinsecticidas-fungicidas es una alternativa importante para un manejo del cultivo

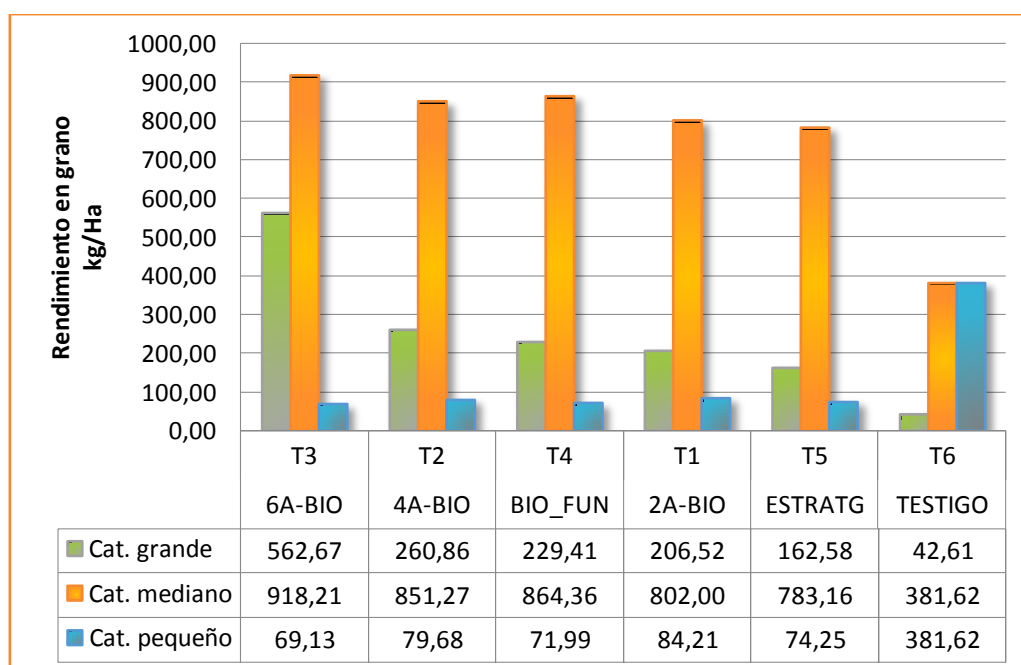
de quinua más sustentable, más sensible con el medio ambiente y la salud del productor.

Resultados similares fueron obtenidos por Mamani (2012), que reporta rendimientos de 900 – 1400 kg/ha, con la aplicación de *B. thuringiensis*.

3.3.2 Rendimiento por categorías en kg/ha

En la figura 24, se observa que el rendimiento en grano por categoría es prevaecido por el grano mediano, seguido por los granos grandes y pequeños con promedios de 766,77, 244,10 y 82,65 kg/ha respectivamente, cabe recalcar que los datos mencionados son promedios de los seis tratamientos para cada categoría.

Figura 10: Rendimiento en kg/Ha categoría grande, mediano y pequeño



La figura 10, indica que el T3 (6 aplicaciones de biobacillus), presenta promedios mayores en categoría de grano grande con 562,67 kg/ha, en comparación a los demás tratamientos donde el T6 (testigo) presenta los promedios más bajos en la categoría de grano grande con 42,61 kg/ha.

Según León (2003), la diferencia de los granos medianos pueden estar relacionados a los factores como: el nivel de fertilidad del suelo, la época de siembra, la variedad empleada, el control de enfermedades, plagas y la presencia de heladas, el cual influye el normal desarrollo de la planta y los granos. Aroni (2005), debido al comportamiento de la quinua real es muy particular. Cuando las

plantas son pequeñas los granos son grandes, contrariamente si existen plantas con mayor altura el tamaño del grano es menor.

3.4 Análisis económico

En el anexo 7, se presenta el presupuesto parcial elaborado para cada tratamiento, en base a esos datos se realizó el análisis económico cuadro 10, siguiendo las pautas del modelo CIMMYT utilizado por Kunkel (1978).

El precio de producción de la quinua depende de la variedad, y de la escasez de la misma en el mercado, pero en general el precio de la quinua orgánica es 550 Bs el quintal.

Este método de análisis económico se realizó mediante la TASA DE INGRESO MARGINAL, que es la comparación de los productos aplicados con el testigo, además que en la tasa de ingreso marginal se incluye la inversión.

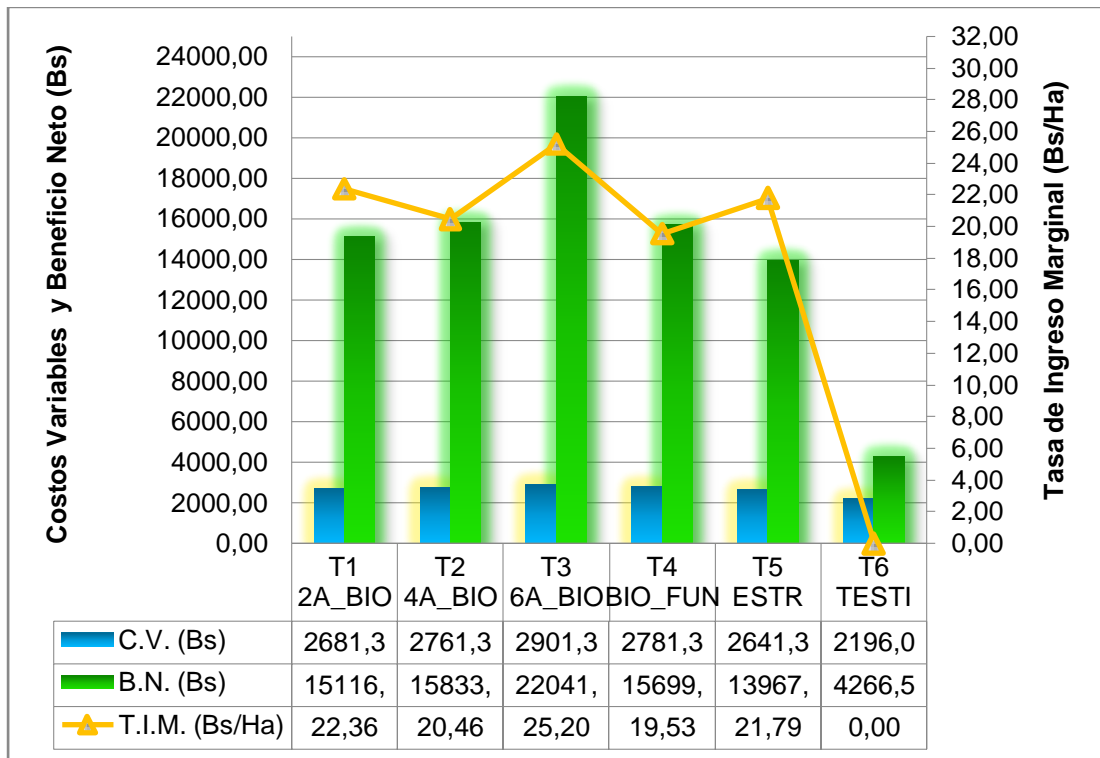
Como se observa en la figura 11, los mayores niveles de la Tasa de Ingreso Marginal superior corresponden a los tratamientos aplicados con biobacillus que son los tratamientos T3, T1, T5, con 25,20; 22,36 y 21,79 Bs/ha respectivamente.

Cuadro 10: Análisis económico de los tratamientos del cultivo de la quinua.

Tratamientos	Rendimiento en (Kg/Ha)	B.N. (Bs)	C.V. (Bs)	Costo Marginal Bs/ha	Ganancia sobre el TCV	Ingreso Marginal Bs/ha	T.I.M. (Bs/Ha)
T1-2A_BIO	1091,60	15116,52	2681,31	485,31	12435,21	10910,02	22,36 :1
T2-4A_BIO	1140,59	15833,80	2761,31	565,31	13072,50	11627,30	20,46: 1
T3-6A_BIO	1529,81	22041,09	2901,31	705,31	19139,78	17774,59	25,20: 1
T4-BIOBAT	1133,54	15699,67	2781,31	585,31	12918,37	11493,17	19,53: 1
T5-ESTRA	1018,72	13967,93	2641,31	445,31	11326,63	9761,43	21,79: 1
T6-TESTIG	540,50	4266,50	2196,00	0,0	2070,50	0,00	0,00: 1

Fuente: Elaboración Propia

Figura 11: Tasa de Ingreso Marginal frente a los Costos Variables y Beneficios Netos.



Lo que indica que los tratamientos aplicados con los microorganismos benéficos son más aceptables económicamente para el agricultor, por tanto por cada unidad invertida el agricultor recibirá 25,20; 22,36 y 21,79 Bs/Ha.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Los bioinsumos logrados son productos autorizados para la producción orgánica de exportación, bajo la norma americana, los cuales están siendo utilizados en la producción ecológica de cebolla, plantas aromáticas y hojas para infusión.

De los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- Que los mejores promedios registrados se obtuvieron con aplicaciones de biobacillus que mejoraron el crecimiento y desarrollo: como la altura planta, longitud panoja, cobertura foliar donde el T3 (6 aplicaciones de biobacillus) sobresale teniendo los mejores promedios con 120 cm/planta, 31.74 cm/panoja, 83,67% de cobertura foliar seguido por los tratamientos T2, T4 con 100,407; 100,027 cm/planta, T2 con 26,30 cm/panoja, T5, 77% de cobertura foliar.
- Con respecto a la eficiencia de biobacillus contra la enfermedad mildiu presenta los siguientes resultados, donde el tratamiento T3 (6 aplicaciones de biobacillus) es el que presenta menor área foliar afectada, con 21,74% de área foliar afectada, a lo contrario del T6 (testigo) que presenta el promedio más alto con 60% de área foliar afectada. Las eficiencias totales con bioinsumos, especialmente con biobacillus, los cuáles contienen microorganismos benéficos endófitos y promotores del crecimiento, son apropiadas para su empleo, puesto que se mejoraría el control de plagas y enfermedades, y se podría mantener dentro los niveles permisibles del umbral económico y el efecto en el medio ambiente sería mínimo y la producción orgánica sería mayor.
- Los mejores rendimientos se tiene con la aplicación de biobacillus con los tratamientos T3 y T2 con rendimientos de 1529,80; 1140,50 kg/ha respectivamente, y finalmente con el menor rendimiento se registra al tratamiento T6 con solo 540,50 kg/Ha.
- La tasa de ingreso marginal superior corresponde a los tratamientos aplicados con biobacillus con los tratamientos T3, T1, T5, con 25,20; 22,36 y 21,79 Bs/ha respectivamente, que muestran un ingreso marginal muy

atractivo, además es una alternativa aceptable desde el punto de vista ecológico.

- En resumen se concluye que con la aplicación de biobacillus, se observan los mejores promedios en: altura planta, longitud panoja, diámetro panoja, diámetro tallo, cobertura foliar, rendimiento, tasa de ingreso marginal y la mejor eficiencia de menor porcentaje de daño en área foliar, tenemos al tratamiento T3 (6 aplicaciones de biobacillus).
- Consideramos que estos resultados demuestran que se puede ofertar alternativas tecnológicas, hechos en base a la biodiversidad microbiana nativa de Bolivia, siendo una tecnología apropiada a nuestro medio. Estos bioinsumos desarrollados para los pequeños productores quienes pueden producir productos más sanos, proteger su salud y el ambiente, incluso llegar a bajar sus costos de producción o disponer de bioinsumos para enfrentar mercados más competitivos.

4.2 Recomendaciones

La mayoría de los bioinsumos son conocidos en la zona de estudio, los cuales tuvieron buenos resultados, donde el producto biobacillus es introducido recientemente en la zona, sin embargo es necesario realizar validaciones en campos extensos y representativos para dar recomendaciones definitivas, basándose en la experiencia de las observaciones realizadas en este estudio y por la importancia del tema, debido al impacto ambiental y económico que el mismo tiene, se cree adecuado hacer las siguientes recomendaciones:

1. Mediante el gobierno Municipal u otras instituciones afines, se sugiere realizar estrategias referidas al manejo adecuado y sostenible de productos para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de quinua y con el presente estudio motivar a la concientización de los pobladores sobre la importancia del cuidado del medio ambiente.
2. El Acaritop, Biobat, Vigortop, Fertisol, fungitop, y biobacillus demostraron un control aceptable en los insectos plagas, y enfermedad de mildiu, pero por sus cualidades de conservación y baja toxicidad no debe descartarse su empleo, más bien concientizar a la población el uso de productos orgánicos, además es importante continuar con la búsqueda de nuevos

productos naturales. Sin olvidarse que los productos naturales son preventivos y no curativos.

3. Además con un adecuado manejo en la aplicación después de medio día, es más eficiente porque la radiación solar, temperatura del suelo y las aves predadoras coadyuvan a la eficiencia.

5 BIBLIOGRAFÍA

- AEDES, (Asociación especializada para el desarrollo sostenible), 2006. Producción de Quinoa Orgánica. Revista N° 12. Cotahuasi – Perú. pp.: 5 – 17.
- AGRIOS, G. 1988. Fitopatología; enfermedades de las plantas tratado por MANUEL GUZMÁN HORTIS. Segunda edición, Limusa. México. pp.: 200 – 355.
- AGUILAR, C. y BAREA JM. 1996. Interacciones de las Micorrizas Arbusculares con Microorganismos Rizosfericos Recursos Biológicos del Suelo. Bogotá – Colombia. p.: 47.
- ALANDIA, S. 1979. Enfermedades. *In*: Quinoa y cañahua. Cultivos Andinos. Tapia *et al.* (ed.). IICA, Bogotá – Colombia. pp.: 137-144.
- BASHAN, Y., AND HOLGUIN, G. 1998. Proposal for the división of plant growth-promoting rhizobacteria into two classifications: biocontrol PGPB (plant growth promoting bacteria). Soil boil. Biochem. p.: 30:
- BAKER, R. 1985. Biological control of plant pathogens: definitions.. In M. A. Hoy and D. C. Herzog (Eds). Biological control in agricultural IPM systems. Academic Press. New York. pp.: 25 – 39.
- BENIZRI, E.; BAUDOIN, E. Y GUCKERT, A. 2001. Root colonization by inoculated plant growth-promoting Rhizobacteria Biocontrol Science and Technology p.: 557.
- BIOTOP, S.R.L. 2012. Catálogo de BIOINSUMOS para mejorar la producción de cultivos ecológicos y convencionales. Cochabamba – Bolivia. pp.: 3 – 37.
- BONIFACIO, A. 2006. Estudio de perspectiva para los productos del altiplano y valles centrales de los Andes. ICS-ONUDI. Naciones Unidas. p.: 34.
- BONIFACIO, A.; VARGAS, A.; ARONI, G. 2003. Variedad "Quinoa Jacha Grano" Ficha técnica N° 6 FUNDACION PROINPA. Cochabamba–Bolivia. p.:4.
- BONIFACIO, A. 2001. Resistencia de quinoa al mildiu. In: Cultivos Andinos. CD ROM/FAO, 2001. Roma – Italia.
- CHAVES, N. 2007. Utilización de bacterias y hongos endofíticos para el control biológico (Cobb) thorn. Programa de Educación para el Desarrollo y la

Conservación. Escuela de Posgrado Universidad de Turrialba, Costa Rica. p.: 98.

CUERVO, J. 2010. Aislamiento y Caracterización de *Bacillus spp* como Fijadores Biológicos de nitrógeno y Solubilizadores de fosfatos en dos muestras de Biofertilizantes Comerciales Trabajo de Grado para Optar el Título de Microbiólogo Agrícola y Veterinario. Facultad de Ciencias Básicas, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá – Colombia. p.: 109.

DANIELSEN, SOLVEIG., AMES, TERESA. 2000. El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la Quinoa (*Chenopodium quinoa*) en la Zona Andina Manual práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno pp.: 1-7.

DOWLING, D. Y O'GARA, F. 2001. "Metabolites of *Pseudomonas* involved in biocontrol of plant diseases" *Biotechnol* pp.: 133-141.

DÖBEREINER, J.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.; AND, AHMAD, N. 1995. Alternatives for nitrogen of crops in tropical agricultura. Nitrogeconomy in tropical soil. *Fertilizerresearch*. 42: 339.

ECOTENDA, 2013. Manual de Insecticidas, Fungicidas y Fitofortificantes Ecológicos Brasil. p.: 2.

EMMENT, E. Y HANDELSMAN, J. 1999. "Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective" *Fems Microbiology Letters* pp.: 171, 1-9.

ESPINOSA DE LOS MONTEROS, J. 2005. Caracterización de los procesos de crecimiento de *Bacillus subtilis* en condiciones aerobias. Tesis para la obtención del Título de Doctor en Biotecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. pp.: 34 – 45.

FAO, IPES, 2009. Convocatoria regional para identificar "Bioplaguicidas y Biofertilizantes para el manejo sostenible de plagas y enfermedades en la Agricultura Urbana" PDF. Disponible en: <http://faorlc.cgnet.com/es/agricultura /aup/pdf/convocatoria .pdf>.

FAUTAPO, 2008. Informe Final de Consultoría: Asistencia Técnica en el Proceso de Producción y Comercialización de Semilla Certificada de Quinoa. Ejecutado por Gl. Vásquez p.: 23.

- FRANCO, J.; NAVIA, O.; ORTUÑO, N.; MAIN, G.; HERBAS, J. 2007. Empleo de microorganismos para una agricultura sostenible y soberana en Bolivia. Revista de Agricultura N° 41. FUNDACION PROINPA. Cochabamba – Bolivia. p.: 5.
- FRITZE, D. 2004. Taxonomy of the genus bacillus and related genera: the aerobic endosporeforming bacteria. Phytopathology. p.: 94.
- GALLARDO, M.; GONZALES, A. y PONESSA, G. 1997. Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinua). Chenopodiaceae. Puno – Perú. p.: 33.
- GAMBOA, A.; GAITÁN, J. 1997 Hongos Endófitos Tropicales: Conocimiento actual y perspectivas tropical Endophytic Fungi: Current Knowledge and perspectives departamento de biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, 14490, Bogotá-Colombia. p.:4.
- GANDARILLAS, H. 1979. Genética y origen de la quinua y cañahua cultivos andinos CHD/HCA, Bogotá – Colombia. p.: 2.
- IBCE, 2010. Perfil de mercado Quinua. Descripción del producto. Bolivia. p.: 4
- IDRISS, E.E.; MAKAREWICZ, O.; FAROUK, A.; ROSNER, K.; GREINER, R.; BOCHOW, H.; RICHTER, T. AND BORRIS, R. 2002: Extracellular phytase activity of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB45 contributes to its plant growth promoting effect. Microbiology 148:2097-2109.
- INIA, Instituto Nacional de Innovación Agraria. 2012. Importancia del Cultivo de Quinua Hacia el Año Internacional 2013. Cuzco – Perú. p.: 50.
- JAMES, C. 1985. Manual para patólogos Vegetales FAO, Santiago- Chile. pp.:147-158
- KIM, DS.; COOK, RJ; WELLER, DM. 1997. *Bacillus* sp. L324-92 for biological control of three root disease of wheat grown with reduced tillage. Phytopathology 87:551-558.
- KORSTEN, L.; DE VILLIERS, E.; WEHNER, RC; KOTZET, JM. 1997. Field spray of *Bacillus subtilis* and fungicides for control of preharvet fruit disease of avocado in South Africa. PlantDisease 81:455-459.

- KUNKEL, R. 1978. Logros del Consorcio Internacional para el Desarrollo (CID) en el programa de papa en Bolivia. Contrato CID – IBTA. La Paz – Bolivia. p.: 96.
- LEÓN, J. 2003. “Cultivo de la Quinoa en Puno – Perú, Descripción, Manejo y Producción. Puno – Perú, pp.: 7, 8, 13-24.
- MAMANI, E. 2012. Evaluación de cinco cepas nativas de (*Bacillus thuringiensis* Kurstaki) para el control del complejo ticona y la polilla, en el cultivo de la quinoa orgánica del altiplano sur. Tesis Ing. Agr. FCA – V. Oruro – Bolivia. pp.: 52, 65 y 73.
- MUJICA, A. 2004. Quinoa ancestral cultivo andino alimento del presente y el futuro mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla. Santiago – Chile. p.:125.
- MUÑOZ, J.; ROJAS, G.; CABALLERO, J. 2003. *Gluconaceto bacterdia zotrophicus*, Modelo de Bacteria Endófito. Programa de Ecología Molecular y Microbiana, Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, Universidad Nacional Autónoma de México. Apdo. Postal No. 565-A, Cuernavaca Morel. p.:1.
- NAVIA, O.; GANDARILLAS, A.; ORTUÑO, N.; FRANCO, J. 2007. Congreso Latinoamericano y del Caribe fitopatología. Cancún – México.
- NAVIA, O.; POZO, J.; ORTUÑO, N.; MENESES, E.; MORENO, W. 2010. Incorporación de bioinsumos en base a microorganismos benéficos en la producción orgánica de quinoa MEMORIA RESÚMENES III CONGRESO MUNDIAL DE LA QUINUA Oruro. – Bolivia. p.: 84.
- ORTUÑO, N.; CLAROS, M.; ANGULO, V.; NAVIA, O.; MENESES, E. 2010. Biofertilizantes Artesanales con Microorganismos Rizosfericos Nativos para una Producción Orgánica de Quinoa en Bolivia. FUNDACION PROINPA Cochabamba – Bolivia. pp.: 1 – 4.
- ORTUÑO, N.; NAVIA, O.; MEDRANO, A.; ROJAS, K.; TORRICO, L.2006. FUNDACION PROINPA. Desarrollo de bioinsumos: Un aporte a la soberanía alimentaria de Bolivia, Cochabamba. p.: 31
- PAR, 2009. Plan de Manejo de Plagas. Oruro – Bolivia. p.: 32 – 33.

- PÉREZ, C.; ROJAS, A.; VALE J.; HELSON, M. 2009. Biología y Perspectiva de Microorganismos Endófitos Asociados a Plantas Rev. Colombiana cienc. Anim. 1(2). Colombiana.
- PRIEST, F.; GOODFELLOW, SHUTE, L.; BERKELEY, R. 1987. *Bacillus amyloliquefaciens* sp. Nov., rev. International Journal of systematic Bacteriology. p. 37.
- PROINPA, 2009. Catalogo de la Quinoa Real. Cochabamba – Bolivia. p.:5.
- PROINPA, 2011. Distribución geográfica de las plagas del cultivo de la quinua en tres zonas del Altiplano Boliviano. Cochabamba – Bolivia. pp.: 23 – 25.
- PROINPA y FAO, 2011 “La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial” Declarándose él 2013 “Año internacional de la quinua” La Paz – Bolivia. p.: 1
- PROINPA. 2012. Estrategia Para el Manejo del Cultivo de Quinoa. Cochabamba – Bolivia. pp.: 3 – 4.
- PROMUEVE BOLIVIA, 2010. Perfil producto: quinua y derivados. Ministerio de desarrollo productivo y economía plural, p.: 8. Disponible en: http://www.promueve.gob.bo/DocPDF/PerfilProducto/QUINUA_2010.pdf
- QUISPE, R.; ARONI, G.; SARAVIA, R.; COSSIO, J.; SOTO, J. L. 2006. Pautas para Producción Orgánica de la Quinoa Real Programa de Apoyo a la Cadena de la Quinoa en el Altiplano Sur. FUNDACION PROINPA. La Paz – Bolivia. pp.: 4 – 7.
- RAMÍREZ, J. 1990. Producción económica de quinua conceptos reales para escarillar una producción. La Paz – Bolivia. p.: 12.
- RESTREPO, J. 1998. La idea y el arte de fabricar los abonos organicos y fermentados, aportes y recomendaciones. Imp. Editorial Enlace. p.:71 – 73.
- REVOLLO, LM. 2004. Variabilidad genética de cuatrocientos veintiún poblaciones de quinua real conservadas en el banco nacional de granos altoandinos. Tesis de grado, Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Naturales y Medio Ambiente, Universidad Loyola. La Paz – Bolivia. p. 99.

- SARAVIA, R. Y QUISPE, R. 2005. Manejo Agronómico de la Quinua Orgánica, Manejo Integrado de las Plagas Insectiles del Cultivo de la Quinua. FUNDACION PROINPA. La Paz – Bolivia. pp.: 55 – 57.
- SARAVIA, R.; BONIFACIO, A.; ADUVIRI, G. 2010. La identificación de enemigos de la quinua tarea esencial para el MIP. Informe comprendido. Fundación PROINPA. Cochabamba – Bolivia. pp.: 23 – 24.
- SARMIENTO, M. J. 1990. Evaluación de insectos. Control Integrado de Plagas y Enfermedades Agrícolas II. Curso Intensivo. Lima – Per. p.: 18.
- SHODA, M. 2000. Bacterial control of plant diseases Journal of bioscience and bioingeniery. p.: 89.
- SMITH, K.P.; HANDELSMAN, J. AND GOODMAN, R.M. 1999. Genetic basis in plants for interaction with disease-suppressive bacteria. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96, 4786-4790.
- SOBERÓN M. Y BRAVO A. 1999. Instituto de Biotecnología/ Universidad Nacional Autónoma de México. Ap. Postal 510-3. Cuernavaca 62250, Morelos. México.
- SOTO, G. 2003. Memoria Taller Agricultura Orgánica: Una Herramienta para el desarrollo rural Sostenible y la Reducción de la Pobreza. Turrialba – Costa Rica.
- STURZ A. V.; CHRISTIE B. R. and NOWAK, J. 2000. Bacterial Endophytes: Potential Role in Developing Sustainable Systems of Crop Production Critical Reviews in Plant Sciences Prince Edward Island- Canada. 19(1): p.: 1–30.
- TAPIA, M.; FRIES, A. M.; MAZAR, I.; ROSELL, C. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO – Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Lima – Perú. p.: 109.
- TENUTA, M. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: prospects for increasing nutrient acquisition and disease control. Department of soil science, university of Manitoba.
- URIBE, K.; CÓRDOBA, A.; SÁNCHEZ J. Y CASTELLANOS, 2004. Efecto de dos tipos de Compost y un Biofertilizante sobre algunas Poblaciones

Microbianas Edáficas y su Posible Relación con el Desarrollo de un Cultivo de Zanahoria y Cebolla en el Municipio de Puerto Rico Risaralda – Colombia Acta Biológica Colombiana. p.: 9.

WELKER, N. E. and CAMPBELL, L. 1967. Unrelatedness of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis* journal of bacteriology. p.: 94.

WILSON, K.; SESSITSCH, J.; CORBO, K.; GILLER A AKKERMANS, and JEFFERSON, R. 1995. Beta glucuronidase GUS transposons for ecological and genetic studies of rhizobia and other gram - negative bacteria Microbiology. p.: 1691.

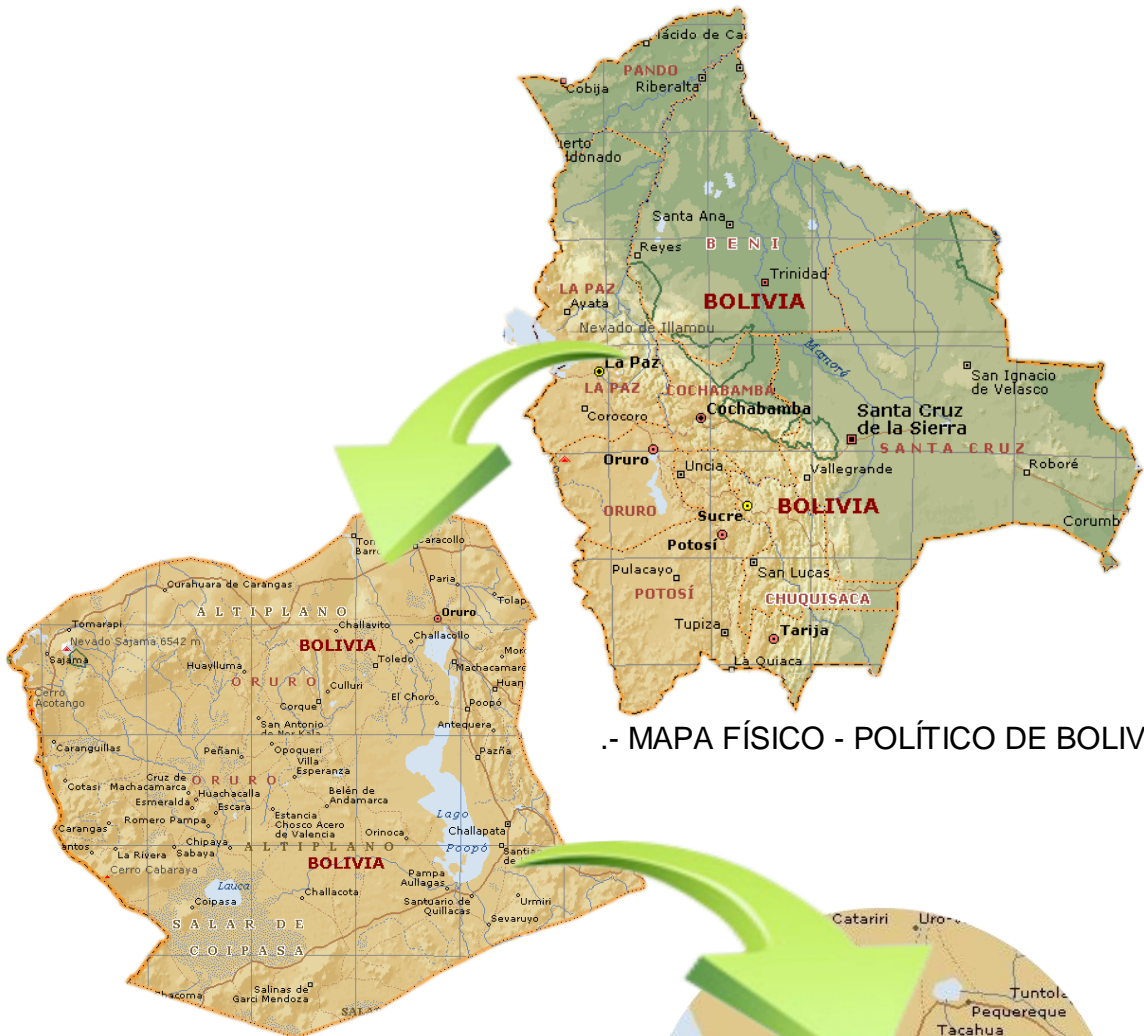
YUGCHA, T. 1988. “El Cultivo de la Quinoa”, Ministerio de Agricultura y Ganadería. División de Regionalización Agraria. Pronareg – Ecuador. Quito – Ecuador. p.: 3.

ZANABRIA, E.; BANEGAS, M. 1997. Entomología económica sostenible; Plagas de los cultivos andinos: Papa y Quinoa y el manejo agroecológico en los ecosistemas frágiles de la región andina. 1^{ra}Edición. Aquarium Impresores. Puno – Perú. pp.: 119 – 183.

ZEIGLER, D. R. and PERKINS, J. 2009. the genus bacillus, in: Goldman, and Green L. H., Practical handbook of microbiology. CRC press, pp.: 309-338.

ANEXOS

Anexo 1: Ubicación Geográfica de la Comunidad Ancasoca Municipio de Challapata del Departamento de Oruro



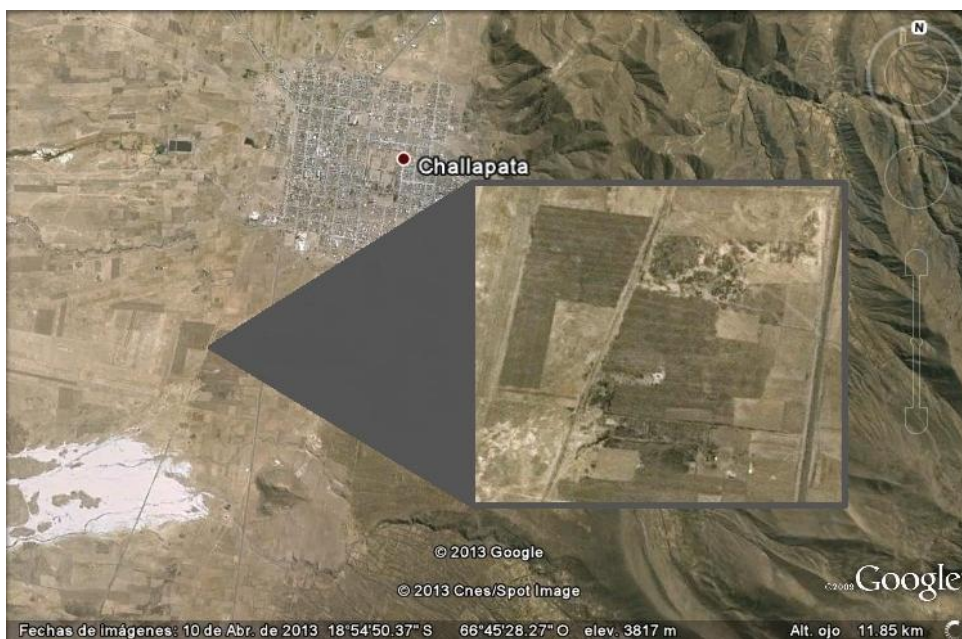
- MAPA FÍSICO - POLÍTICO DE BOLIVIA

- MAPA FÍSICO - POLÍTICO DE URURO



- UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMUNIDAD ANCASOCA -

Anexo 2: Vista satelital de la Comunidad Ancasoca Municipio de Challapata del Departamento de Oruro



Anexo 3: Rendimiento en kg/ha incluyendo totales y promedios de los tratamientos y la prueba de Duncan

TRATAMIENTOS	B - 1	B - 2	B - 3	TOTAL	PROM.	ORDEN DESCENDENTE	PRUEBA DUNCAN
T1 2A-BIO	1023,64	1129,09	1125,45	3278,18	1091,60	(1) 1529,811	A
T2 4A-BIO	1113,64	887,27	1501,82	3502,73	1140,50	(2) 1140,588	B A
T3 6A-BIO	1840,00	1236,36	1573,64	4650,00	1529,80	(3) 1133,539	B A
T4 BIO_FUN	802,73	1370,00	1324,55	3497,27	1133,50	(4) 1091,600	B A
T5 ESTRAT	1086,36	959,09	1014,55	3060,00	1018,80	(5) 1018,117	B
T6 TESTIGO	1023,64	1129,09	1125,45	3278,18	540,50	(6) 540,502	C
Total	5866,36	5581,82	6540,00	17988,20			

Anexo 4: Costos de producción de la quinua orgánica en hectárea

ITEM										
	Unidad	Cantidad	P.Unit	Costo total	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Preparación del terreno										
Barbecho	Ha	1	250	250	250	250	250	250	250	250
Siembra	Ha	1	200	200	200	200	200	200	200	200
Estiercol	Saco	20	30	600	600	600	600	600	600	600
Labores culturales										
Deshierbe	Jornal	2	100	200	200	200	200	200	200	200
Costojornal de aplic	Jornal	2	100	200	200	200	200	200	200	200
Cosecha										
Corte	Jornal	3	100	300	300	300	300	300	300	300
Emparve	Jornal	1	60	60	60	60	60	60	60	60
Trilla. Tractor	Ha	1	100	100	100	100	100	100	100	100
Venteo tradicional	Jornal	1	100	100	100	100	100	100	100	100
Transporte	Contrat	1	90	90	90	90	90	90	90	90
Costo total					2100	2100	2100	2100	2100	2100
Insumos										
Semilla de quinua	Kg.	6	16	96	96	96	96	96	96	96
Biainsumos										
Acaritop	Lt.	8	10	80	80	80	80	80	80	
Biobacillus	Kg.	2	100	200	40	120	260	120		
Biobat	Kg.	3	60	180	180	180	180	180	180	
Fertisol	Lt.	7	5	35	35	35	35	35	35	
Fungitop	Lt.	5	10	50	50	50	50	70	50	
Vigortop	Lt.	6	10	60	60	60	60	60	60	
aceite vegetal	ml	720	0,055	40	40	40	40	40	40	

Costos variables					581,31	661,31	801,31	681,31	541,31	96
COSTO VARIABLE TOTAL					2681,31	2761,31	2901,31	2781,31	2641,31	2196,00
INGRESOS										
Rend. prom (Kg/ha)					1091,60	1140,50	1529,80	1133,50	1018,70	540,50
Nº de qq. de quinua					23,73	24,79	33,26	24,64	22,15	11,75
Precio de qq de quinua (Bs.)					750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	550,00
Ingreso Bruto (Bs.)					17797,83	18595,11	24942,39	18480,98	16609,24	6462,50
Ingreso neto parcial (Bs.)					17216,52	17933,80	24141,09	17799,67	16067,93	6366,50
Beneficio neto total (Bs.)					15116,52	15833,80	22041,09	15699,67	13967,93	4266,50

Anexo 5: Fotografías durante el trabajo de investigación, desde la siembra hasta la cosecha de los tratamientos



Siembra mecanizada con satiri II



Campo experimental después de la siembra



Etiquetado de las plantas en campo



Inspección visual de la enfermedad mildiu



Previa preparación de los bioinsumos



Aplicación de los bioinsumos para el control de plagas y enfermedades



Cultivo de quinua en la fase de grano lechoso



Medición de altura Planta



Medición de longitud panoja



Medición de diámetro panoja



Segado o corte de la quinua



Trilla de la quinua



Calibrador Aroni para el zarandeo por categorías



Pesaje de los granos categorizados

Anexo 6: Fotografía de los bioinsumos aplicados en el cultivo



Bioinsumos con microorganismos benéficos endófitos