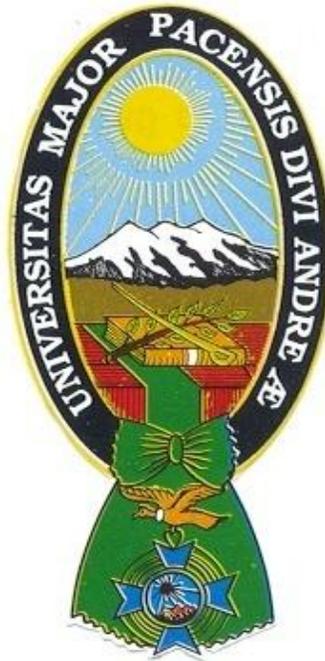


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

EFFECTO DE LA BIOFERTILIZACION EN DOS LINEAS DE CAÑAHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN CALASAYA PROVINCIA LOS
ANDES.

JUAN CARLOS TICONA TACACHIRA

La Paz – Bolivia
2011

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**EFFECTO DE LA BIOFERTILIZACION EN DOS LINEAS DE CAÑAHUA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen) EN CALASAYA PROVINCIA LOS ANDES.**

Tesis de Grado presentado como requisito
Parcial para optar al titulo de
Ingeniero en Agronomía

JUAN CARLOS TICONA TACACHIRA

TUTOR:

Ing. Ph.D . ALEJANDRO BONIFACIO FLORES

ASESOR:

Ing. RAMIRO GREGORIO CHOQUE SIRPA

TRIBUNAL REVISOR:

Ing. M.Sc. FÉLIX MAMANI REYNOSO

Ing. WILFREDO PEÑAFIEL RODRIGUEZ

Ing. VICTOR PAYE HUARANCA

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador

2011

DEDICATORIA.

Con todo cariño a mis padres Esteban (+) y Trinidad por todo lo que hicieron en esta vida por mi.

A mi esposa Sofía, mis hijos Rafael y Miguel que son fuente de inspiración y razón de mi vida.

A mis hermanos Gabriel y Johnny por el apoyo moral.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco sinceramente:

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés por haberme acogido durante mi formación profesional.

A la Fundación PROINPA por haberme facilitado los biofertilizantes para la realización del presente trabajo.

Al personal docente y administrativo de la Facultad de Agronomía que permitieron mi formación.

A mi tutor Ing.Ph. D. Alejandro BONIFACIO FLORES por su paciencia, asesoramiento, sugerencias en la elaboración de la presente investigación a quien debo mi eterna gratitud y respeto.

A los miembros del Comité Revisor: al Ing.M.Sc. Félix MAMANI REYNOSO, Ing. Wilfredo PEÑAFIEL RODRIGUES y al Ing. Víctor PAYE HUARANCA por la paciencia y sugerencias para el enriquecimiento de la presente investigación.

A mis padres Esteban (+) y Trinidad por el esfuerzo y sacrificio realizado para mi formación.

A mis hermanos Gabriel y Johnny por el apoyo moral e incondicional para la elaboración de la presente investigación.

A mis compañeros de trabajo del Hospital San Gabriel por el apoyo moral que me brindaron.

Al Ing.M. Sc. Juan José VICENTE por las sugerencias en el aspecto estadístico y redacción de la presente investigación.

Al Dr. Eduardo Taboada y Dra. Roxana Espada por brindarme el apoyo moral y sugerencias en la ejecución del presente trabajo.

A mis primos: Lic. Gregorio Chávez, Lic. Sotero Ajacopa, Lic. Teresa Chávez y Justa Mamani por el apoyo moral y económico para la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL.

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE CUADROS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Características generales del cultivo de cañahua.....	4
3.1.1. Áreas de distribución.....	4
3.1.2. Importancia.....	4
3.1.3. Origen.....	6
3.2. Aspectos relacionados a la planta.....	7
3.2.1. Raíz.....	7
3.2.2. Hojas.....	8
3.2.3. Tallo.....	8
3.2.4. Flor.....	8
3.2.5. Inflorescencia.....	9
3.2.6. Fruto.....	9
3.3. Fases fenológicas del cultivo.....	10
3.4. Labores agrícolas del cultivo.....	10
3.4.1. Preparación del terreno.....	10
3.4.2. Siembra.....	11
3.4.3. Labores culturales.....	13
3.4.3.1. Deshierbes.....	13
3.4.3.2. Control fitosanitario.....	13

3.4.4.	Cosecha.....	13
3.4.5.	Post-cosecha.....	14
3.4.6.	Trilla.....	14
3.4.7.	Cernido y venteado.....	15
3.5.	Ecotipos.....	15
3.5.1.	Líneas.....	16
3.6.	Requerimientos climáticos y edáficos.....	16
3.7.	Fertilizantes.....	18
3.7.1.	Fertilizantes químicos.....	18
3.7.2.	Fertilizantes orgánicos.....	18
3.7.3.	Fertilizantes líquidos orgánicos.....	19
3.7.3.1.	Biol.....	19
3.7.3.2.	Fertilizante líquido (Fertisol).....	20
3.7.3.3.	Vigortop.....	21
3.7.4.	Importancia de los abonos orgánicos líquidos.....	21
3.7.5.	Componentes que intervienen en el proceso de fermentación.....	22
3.7.6.	Proceso de fermentación.....	22
3.7.7.	Forma de aplicación.....	23
3.7.8.	Absorción foliar.....	24
3.8.	Indicadores económicos.....	24
3.8.1.	Presupuesto parcial.....	24
3.8.2.	Costos que varían.....	25
3.8.3.	Rendimiento ajustado.....	25
3.8.4.	Beneficio bruto.....	25
3.8.5.	Precio de campo del producto.....	25
3.8.6.	Beneficios netos.....	25
3.8.7.	Análisis de dominancia.....	25
3.8.8.	Curva de beneficios netos.....	25
4.	LOCALIZACION.....	26
4.1.	Ubicación geográfica.....	26
4.2.	Características ecológicas.....	26

4.2.1.	Vegetación predominante.....	27
4.3.	Fisiografía.....	27
4.4.	Suelos.....	27
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
5.1.	Materiales.....	30
5.1.1.	Material de campo.....	30
5.1.1.1.	Materiales utilizados.....	30
5.1.1.2.	Material vegetal.....	30
5.1.1.3.	Material orgánico.....	30
5.1.2.	Material de gabinete.....	30
5.1.3.	Material de laboratorio.....	30
5.2.	Metodología.....	31
5.2.1.	Procedimiento en campo.....	31
5.2.1.1.	Preparación del suelo.....	31
5.2.1.2	Muestreo del suelo.....	31
5.2.1.3.	Preparación, aplicación del Biol, Vigortop y Fertisol.....	31
5.2.1.4.	Aplicación de biofertilizantes.....	33
5.2.1.5.	Siembra.....	33
5.2.1.6.	Labores culturales.....	33
5.2.1.7.	Cosecha.....	33
5.2.1.8.	Trilla.....	34
5.2.1.9.	Cernido y venteado.....	34
5.2.2.	Diseño Experimental.....	34
5.2.2.1.	Modelo Estadístico.....	34
5.2.2.2.	Factores de ensayo.....	35
5.2.2.3.	Tratamientos Combinados.....	35
5.2.2.4	Croquis de campo.....	36
5.2.2.5	Características de la parcela experimental.....	36
5.2.3.	VARIABLES DE RESPUESTA.....	37
5.2.3.1.	VARIABLES AGRONÓMICAS.....	37
5.2.3.1.1.	Altura de planta.....	37

5.2.3.1.2.	Rendimiento de fitomasa.....	37
5.2.3.1.3.	Rendimiento de broza.....	37
5.2.3.1.4.	Rendimiento de grano.....	37
5.2.3.1.5.	Diámetro de grano.....	37
5.2.3.1.6.	Índice de cosecha.....	38
5.2.3.1.7.	Peso hectolitro.....	38
5.2.3.2.	VARIABLES DEL ANÁLISIS ECONÓMICO.....	38
5.2.3.2.1.	Presupuesto parcial.....	38
5.2.3.2.2.	Costos que varían.....	39
5.2.3.2.3.	Beneficio bruto.....	39
5.2.3.2.4.	Beneficios netos.....	39
5.2.3.2.5.	Análisis de dominancia.....	39
5.2.3.2.6.	Curva de beneficios netos.....	39
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
6.1.	Precipitación pluvial.....	40
6.2.	Temperatura.....	41
6.3.	Suelo.....	42
6.4.	Biol.....	44
6.5.	Análisis estadístico de las variables de respuesta.....	46
6.5.1.	Altura de planta.....	46
6.5.1.1.	Promedios de altura de planta con la aplicación de abonos líquidos.....	46
6.5.1.2.	Altura de planta para líneas de cañahua.....	48
6.5.2.	Rendimiento de fitomasa (kg/ha).....	50
6.5.2.1.	Rendimiento de líneas de cañahua.....	51
6.5.2.2.	Promedios de rendimiento de fitomasa para abonos líquidos.....	52
6.5.3.	Rendimiento de broza (kg/ha).....	54
6.5.3.1.	Rendimiento de líneas de cañahua.....	55
6.5.3.2.	Rendimiento de broza con abonos líquidos.....	56
6.5.4.	Rendimiento de grano.....	58
6.5.4.1.	Rendimiento de grano para líneas de cañahua.....	59

6.5.4.2.	Promedio de rendimiento de grano con la aplicación de abonos líquidos.....	60
6.5.5.	Diámetro de grano.....	62
6.5.5.1.	Promedios de diámetro de grano para líneas de cañahua.....	63
6.5.5.2.	Diámetro de grano con la aplicación de abonos líquidos.....	64
6.5.6.	Índice de cosecha.....	65
6.5.6.1.	Índice de cosecha en líneas de cañahua.....	66
6.5.6.2.	Promedios de índice cosecha para abonos líquidos.....	67
6.5.7.	Peso hectolitro.....	68
6.6.	Análisis económico.....	69
7.	CONCLUSIONES.....	74
8.	RECOMENDACIONES.....	75
9.	BIBLIOGRAFIA.....	76
9.1	Paginas Webs.....	81

ANEXOS.

ÍNDICE DE CUADROS.

	Pág.
Cuadro 1. Valor nutritivo de quinua, cañahua y tarwi expresados en g/100 g de grano.....	5
Cuadro 2. Composición nutritiva del grano de quinua, cañahua roja y cañahua verde.....	6
Cuadro 3. Cantidad de semilla requerida para la siembra.....	12
Cuadro 4. Composición de abonos orgánicos líquidos y sólidos.....	19
Cuadro 5. Insumos utilizados en la elaboración del Biol.....	32
Cuadro 6. Insumos utilizados en la elaboración del Vigortop y Fertisol.....	32
Cuadro 7. Resultados del análisis de suelo.....	42
Cuadro 8. Resultados del análisis químico del biol.....	44
Cuadro 9. Análisis de varianza de altura de planta.....	46
Cuadro 10. Promedios de altura de planta por líneas de cañahua.....	48
Cuadro 11. Análisis de varianza de rendimiento de fitomasa.....	50
Cuadro 12. Promedios de rendimiento de fitomasa por líneas de cañahua.....	51
Cuadro 13. Análisis de varianza de rendimiento de broza.....	54
Cuadro 14. Análisis de varianza del rendimiento de grano.....	58
Cuadro 15. Promedios de rendimiento de grano para líneas de cañahua.....	59
Cuadro 16. Análisis de varianza de diámetro de grano.....	62
Cuadro 17. Promedios de diámetro de grano de cañahua por abonos líquidos..	64
Cuadro 18. Análisis de varianza de Índice de cosecha.....	65
Cuadro 19. Promedios de índice de cosecha por líneas de cañahua.....	66
Cuadro 20. Promedios de peso hectolitro por líneas de cañahua.....	69
Cuadro 21. Promedios de peso hectolitro de cañahua por abonos líquidos.....	69
Cuadro 22. Cálculo de costos que varían.....	70
Cuadro 23. Presupuesto parcial para el cultivo de cañahua.....	71
Cuadro 24. Análisis de dominancia del cultivo de cañahua por abonos líquidos...	71

ÍNDICE DE FIGURAS.

Pág.

Figura 1.	Precipitaciones pluviales en la gestión Agrícola 2006 – 2007 registradas en la Estación de Pucarani del Departamento de La Paz (Provincia Los Andes).....	26
Figura 2.	Localización del campo experimental en la comunidad Calasaya....	28
Figura 3.	Localización del municipio de Batallas y el cantón Villa Remedios de Calasaya.....	29
Figura 4.	Croquis de campo de la parcela experimental.....	36
Figura 5.	Variación de las precipitaciones pluviales en la gestión agrícola 2006-2007 registradas en la Estación Pucarani del Departamento de La Paz (Provincia Los Andes).....	40
Figura 6.	Temperaturas máximas, mínimas y promedio durante la gestión Agrícola de noviembre 2006 a mayo 2007.....	41
Figura 7.	Altura de planta para abonos líquidos.....	47
Figura 8.	Representación gráfica de promedios de altura de planta entre líneas mediante la aplicación de abonos líquidos.....	50
Figura 9.	Rendimiento de fitomasa en abonos líquidos.....	52
Figura 10.	Interacción de líneas de cañahua por abonos líquidos para el rendimiento de fitomasa.....	54
Figura 11.	Rendimiento de broza en líneas de cañahua.....	55
Figura 12.	Rendimiento de broza en abonos líquidos.....	56
Figura 13.	Interacción de líneas de cañahua por abonos líquidos para el rendimiento de broza	57
Figura 14.	Rendimiento de grano en abonos líquidos.....	60
Figura 15.	Interacción de líneas de cañahua por abonos líquidos para el rendimiento de grano.....	62
Figura 16.	Diámetro de grano de las líneas.....	63
Figura 17.	Comparación de promedios de diámetro de grano entre líneas mediante la aplicación de abonos líquidos.....	65
Figura 18.	Índice de cosecha en abonos líquidos.....	67
Figura 19.	Interacción de líneas de cañahua por abonos líquidos para el índice de cosecha.....	68
Figura 20.	Curva de beneficios netos.....	72

RESUMEN.

La investigación sobre el “Efecto de la biofertilización en dos líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) fue realizado en la gestión agrícola 2006-2007 en la comunidad Villa Remedios de Calasaya perteneciente al cantón Pucarani-Batallas, Provincia Los Andes del Departamento de La Paz. El material genético utilizado fueron las líneas cañahua Lasta rosada y Saihua amarilla. Los biofertilizantes empleados fueron el biol, Vigortop y el fertisol.

La siembra de la cañahua se realizó el 22 de noviembre del 2006, adoptando la siembra en hileras con distribución de semillas a chorro continuo y distancia entre surco de 0.5 m. El diseño experimental fue el de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas. El objetivo del ensayo fue comparar los efectos de la biofertilización (biol, vigortop y fertisol) en el comportamiento agronómico de las líneas de cañahua. La cosecha se realizó a los 130 después de la siembra. Se evaluaron variables de: altura de planta, rendimiento de grano, rendimiento de broza, rendimiento de fitomasa, peso hectolitro, diámetro de grano, índice de cosecha y el análisis económico.

Los resultados muestran que la aplicación de biofertilizantes tiene efectos positivos sobre el comportamiento agronómico del cultivo. El biol presenta una respuesta positiva estableciendo diferencias respecto a vigortop y al fertisol. El vigortop resulta el de menor rendimiento en broza, grano y fitomasa.

En las líneas de cañahua evaluadas la línea Lasta Rosada es superior y diferente en el rendimiento de broza y diámetro de grano muestra respuestas favorables con respecto a la línea Saihua Amarilla. En el rendimiento de grano, rendimiento de fitomasa, altura de planta no presentan diferencia estadísticas significativas entre ambas líneas. Cabe resaltar que durante la evaluación de las distintas variables, la granizada ocurrida en una oportunidad ocasionó una variación en los datos evaluados.

El índice de cosecha indica que la aplicación de los biofertilizantes resultan ser más productoras de forraje y no así de grano. El análisis económico presenta que la aplicación de biol es favorable y recomendada debido a que presenta beneficios netos positivos en la curva de beneficios netos.

1. INTRODUCCION.

El Altiplano boliviano presenta condiciones climáticas desfavorables para la agricultura, debido a la presencia de temperaturas negativas bajo cero grados centígrados, además de precipitaciones pluviales bajas y sequías que se presentan durante el año que ocasionan daños considerables en la producción de los cultivos. Sin embargo, el cultivo de cañahua tiene la ventaja de adaptarse a condiciones de regiones de clima templado a frío, su tolerancia a las heladas hacen del un cultivo estratégico y de seguridad alimentaria para sistemas de producción de alto riesgo como el Altiplano.

La cañahua botánicamente es identificada como (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), en Perú se lo conoce como cañihua o kañiwa y en Bolivia como cañahua o kañawa. Asimismo, la literatura científica y técnica utiliza otras sinonimias tales como kañahua, kañihua, kañagua, kañigua, cañagua, cañigua y qañawa que hacen referencia a los diferentes nombres según los idiomas nativos del Quechua y Aymará (IPGRI, PROINPA e IFAD, 2005).

El potencial nutricional de la cañahua, no ha sido plenamente aprovechado, en consecuencia el cultivo continúa excluido debido a su poca preferencia en el área rural y urbana. Debido a que el grano es muy pequeño de dificultosa manipulación durante la cosecha y post cosecha hacen que este cultivo tenga poco interés por el agricultor y se encuentre relegado y marginado para su producción. Este cultivo tiene un alto valor biológico y está amenazado a desaparecer debido al poco conocimiento e incentivo para la producción, falta de información técnica y desconocimiento de su importancia nutritiva.

Según el Sinsaat (2003) citado por PROINPA (2008), indican que la superficie sembrada de cañahua en Bolivia es de 1530 ha, con un rendimiento promedio de 641 kg/ha.

Los granos tienen un elevado valor nutritivo de 14 – 19 % de proteína y una importante proporción de aminoácidos azufrados, fibra dietética, existen pocos estudios en relación

a este cultivo, por esta situación se ha conducido al desarrollo y ejecución del presente trabajo de investigación.

Un problema que se presenta en el Altiplano, son los bajos rendimientos de grano que se obtiene en las parcelas de cultivo de cañahua, debido a diversos factores entre ellos la fertilidad y uso inadecuado del suelo, manejo agronómico deficiente, falta de riego, etc.

Una alternativa para incrementar los rendimientos en el cultivo de cañahua es el uso abonos orgánicos líquidos, que presenta en su composición sustancias orgánicas que estimulan al crecimiento y desarrollo de órganos vegetativos de la planta, con lo que se consigue optimizar la capacidad productiva del cultivo con resultados a corto plazo. Además de ser productos biodegradables, tienen la cualidad de reactivar, recuperar suelos erosionados, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas. La elaboración de los biofertilizantes en la parcela, son con materiales e insumos que se encuentran en el mismo lugar sin exigir al agricultor de grandes inversiones económicas.

El presente estudio de investigación está destinado y orientado a buscar alternativas de producción mediante el uso de biofertilizantes con la finalidad de incrementar el rendimiento y producción del cultivo de cañahua, asimismo aportar una información técnica para condiciones de Altiplano Norte.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

- Evaluación del efecto de la biofertilización en el comportamiento agronómico de dos líneas de cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) en la comunidad de Calasaya Provincia Los Andes.

2.2. Objetivos Específicos.

- Comparar la productividad de dos líneas de cañahua frente a la biofertilización foliar.
- Analizar los efectos que produce la aplicación de biofertilizantes en el rendimiento de la cañahua.
- Evaluar la productividad en líneas de cañahua Saihua amarilla y Lasta rosada.
- Evaluar los costos parciales de la productividad en los tratamientos.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

3.1. Características generales del cultivo de cañahua.

3.1.1. Áreas de distribución.

La producción de cañahua en Bolivia es muy reducida, se cultiva en pequeñas parcelas en inmediaciones del Lago Titicaca y en los Departamentos de La Paz, Oruro y Cochabamba. Se tiene mayor producción de este cultivo en el Perú, en los Departamentos de Puno, Cuzco y Arequipa donde la superficie sembrada es de 6000 ha/año (IPGRI-PROINPA e IFAD, 2005).

Tapia (1997), indica que en Bolivia se cultiva en el Departamento de La Paz en las Provincias Pacajes, Omasuyos y Los Andes. Según el SINSAAT (2003) citado por PROINPA (2008), los principales productores son las Provincias Pacajes, Omasuyos, Ingavi de La Paz, las Provincias Bolívar, Tapacari e Independencia de Cochabamba, en las Provincias de San Pedro de Totora y Sajama de Oruro.

Lescano (1994), menciona que se cultiva en Bolivia en las serranías altas de Cochabamba hasta el Norte de Oruro y en el Perú en las poblaciones de Llalli, Macari, Ayaviri y Ñuñoa.

3.1.2. Importancia.

La importancia de la cañahua radica en sus cualidades de adaptación a las condiciones agroecológicas presentes en el Altiplano como son, la tolerancia a heladas, sequía y resistencia a plagas. Además se caracteriza por ser un alimento con alto valor nutricional y constituye una fuente de proteína para la población urbana y rural (PROINPA, 2008).

La cañahua se utiliza en la preparación de mazamorra, sopas, guisos, albóndigas, tortas, refrescos y bebidas calientes, también se aprovecha la broza como forraje verde, heno o ensilaje en la alimentación animal (IPGRI-PROINPA e IFAD, 2005).

Arze y Sotelo (1976) citado por Lescano (1994), menciona que la cañahua tiene una producción de forraje verde de 15 t/ha, llega a la máxima producción alrededor de los 105 días de la germinación y luego se inicia un descenso. La producción de materia

seca es continua, llegando a su máximo a los 120 días de geminación con características de buena nutrición, palatabilidad y digestibilidad para el ganado.

El grano presenta propiedades medicinales, la harina de cañahua disuelta en agua y vinagre se usa para tratar la fiebre tifoidea, la cañahua molida y tostada es considerada efectiva contra el mal de altura y la disentería. La ceniza del tallo puede usarse como repelente contra insectos y los residuos del grano trillado se usan para hacer “llipta” una pasta rica en calcio que se usa para mascar las hojas de coca (<http://www.soberaniaalimentaria.org.bo>).

Lescano (1994), indica que el grano de cañahua no tiene ningún sabor amargo, carece de saponina, se lo utiliza después de haber sido cocido en seco y tostado, luego molido. A esta harina se lo conoce como kañihuaco en Perú y pito en Bolivia. Los atributos nutritivos del grano de cañahua son similares o superiores comparados con otros cultivos andinos como la quinua y tarwi.

En el Cuadro 1, se muestra el valor nutritivo de quinua, cañahua y tarwi.

Cuadro 1. Valor nutritivo de quinua, cañahua y tarwi expresados en g/100 g de grano.

COMPONENTES	CAÑAHUA	QUINUA	TARWI
Matéria seca	90.20	84.40	89.50
Proteínas	15.18	14.22	40-48
Grasa (%)	8.40	5.10	20
Carbohidratos	58.60	59.70	20
Cenizas	3.40	3.40	2.80
Fibra	3.80	4.10	7.30

Fuente: Lescano (1994).

En el Cuadro 1, se observa la superioridad en el contenido de proteína de la cañahua con relación a la quinua y la superioridad en carbohidratos respecto al tarwi.

Antezana y Castellón (1991), indican la importancia de las características bromatológicas y nutricionales de los cultivos andinos para recomendar a mejorar el nivel nutricional en la alimentación de las familias campesinas.

En el Cuadro 2, se muestra el valor nutricional de acuerdo al análisis bromatológico de humedad, ceniza, fibra, grasa, proteína, energía, microelementos de la cañahua y quinua.

Cuadro 2. Composición nutritiva del grano de quinua, cañahua roja y cañahua verde.

Componentes	Cañahua		Quinua
	verde	roja	
Humedad (%)	5.60	5.30	9.30
Ceniza (%)	5.21	5.63	4.34
Fibra (%)	5.0	6.2	5.0
Proteína (%)	15.3	14.5	11.0
Grasa (%)	11.4	11.0	6.51
Energía (kcal)	4577.42	4340.48	4079.7
Carbohidratos	63.09	62.67	73.15
Fósforo (mg)	460.19	409.14	463.3
Hierro (mg)	21.20	22.89	38.15
Calcio (mg)	44.21	41.58	39.15
Magnesio (mg)	319.96	288.91	363.6

Fuente: Antezana y Castellon (1991)

En el Cuadro 2, al comparar la composición nutritiva de la cañahua con relación a la quinua, muestra que la cañahua verde y roja presenta mayor contenido de proteína, grasa y energía respecto a la quinua.

Tapia (2007), menciona que la cañahua tiene alto contenido de fibra dietética 16,41 g/100 g de MS, especialmente de fibra insoluble 12,92 debido al perigonio que envuelve al grano y que no son eliminados.

3.1.3. Origen.

IPGRI-PROINPA e IFAD (2005), menciona que la cañahua es originaria de la zona circundante al Lago Titicaca compartida entre Perú y Bolivia, fue ampliamente conocida y cultivada durante el imperio incaico particularmente por la cultura Tihuanacota, pero se empezó a relegar desde la colonia hasta quedar hoy en vía de extinción.

Este cultivo ha sido domesticado por los pobladores de la cultura Tihuanacota asentados en la meseta del Collao en Bolivia. En el pasado era considerado como una mala hierba, identificada erróneamente como una variedad de quinua silvestre, motivo por el cual fue incluso desterrada de la agricultura (<http://www:soberaniaalimentaria.org.bo>).

PROINPA (2008), indica que la cañahua es una especie originaria de las zonas altas de Bolivia donde fue domesticada y utilizada por los pobladores andinos quechuas y aymaras en épocas prehispánicas. Al respecto Tapia (1997), indica que existe una alta cantidad de formas botánicas tanto cultivadas como silvestres lo que prueba que es originaria del Altiplano de Perú y Bolivia, denota un alto grado de domesticación probablemente aún antes del imperio incaico.

3.2. Aspectos relacionados a la planta.

Tapia (2007), menciona que la planta de cañahua puede ser erguida o postrada, de 20 a 70 cm de alto. Los tallos en su parte superior, hojas e inflorescencias están cubiertos de pelos vesiculosos o globosos pueden ser blancas o rosadas, que contienen cristales de oxalato de calcio que controlan la excesiva transpiración y protegen del frío, presenta un alto valor de autopolinización.

3.2.1. Raíz.

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

Cano (1973), indica que presenta un sistema radicular altamente ramificado con escasa ramificación principal y numerosas raicillas laterales.

3.2.2. Hojas.

Las hojas son alternas con pecíolos cortos y finos, la lámina de hoja es engrosada de forma romboide recubiertas de vesículas con oxalatos que permiten mantener la humedad de la planta en condiciones de sequía (León 1964, citado por Tapia 1992).

Cano (1973), señala que las hojas basales miden de 1 a 3 cm de largo por 0.5 a 1.8 cm de ancho, terminando en un ángulo obtuso, presentan tres nervaduras principales bien definidas, en las hojas apicales solamente se puede observar la nervadura central a lo largo de la hoja.

Calle (1980), menciona que las hojas terminales son sésiles, angostas, ovadas y de lámina gruesa, las hojas basales son pecioladas cubiertas por pelos vesiculares, las hojas al madurar se tornan de colores amarillo, rosado, anaranjado debido a los pigmentos de antocianina, xantofila y betacianina que adquieren los diversos ecotipos.

3.2.3. Tallo.

Paredes (1963) citado por Tapia (1997), menciona que el tallo es redondo, cilíndrico y hueco cubierto por vesículas pubescentes. Al respecto Cano (1973), menciona que presenta mayor cantidad de tallos secundarios que emergen del tallo principal que le da una apariencia abierta.

Tambo (2004), indica que el tallo es hueco, nudoso y estriado, puede ser erguido o ramificado desde la base con ramas secundarias basales, el color del tallo puede ser amarillo, verde, anaranjado, rosado, rojo o púrpura.

3.2.4. Flor.

Cano (1973), menciona que la flor presenta el perianto simple formado por 5 sépalos unidos, gamosépalos acrescentes y sin pétalos, presentan estambres de 1 a 3 con un estaminodio minúsculo, el gineceo formado por un pistilo esférico y terminado en dos ramas estigmáticas apicales generalmente soldadas en su base, el ovario es súpero, campiltrofo y unilocular.

Calsin (1977), indica que presenta flores hermafroditas, pistiladas y androestériles con un predominio de flores hermafroditas y dentro de estas las que poseen un solo

estambre o presentan flores aploclamaidea de tipo anisestoma y meyostoma, la floración es tipo basipeta, la cantidad de flores por inflorescencia disminuye del tercio superior al tercio inferior de la planta.

Tapia (1997), señala que las flores están dispuestas en grupos de 4 o 5, protegidos por una bráctea denominada hipsoantofilo. La distribución de flores es mayor en el tercio superior de la inflorescencia, las flores superiores inician primero el proceso de floración y la flor apical es la primera donde se produce la apertura de la misma. De acuerdo al tipo de floración la cañahua es considerada como una especie alógama.

3.2.5. Inflorescencia.

Tapia (2007), menciona que las inflorescencias son pequeñas, axilares o terminales cubiertas totalmente por el follaje, que las protege de las bajas temperaturas.

Las inflorescencias contienen flores hermafroditas y androestériles con un promedio de 20 flores, de los cuales el 80% tienen un estambre. La mayoría de las inflorescencias presenta en la parte apical una flor hermafrodita con tres estambres (Cano, 1973).

León (1964) citado por Tapia (1992), indica que las inflorescencias son cimosas, las flores se encuentran agrupadas formando espigas en las cuales presentan flores hermafroditas o estaminadas.

3.2.6. Fruto.

Tapia (2007), menciona que el fruto es aquenio, cubierto por el perigonio. El pericarpio presenta tonalidades de color castaño claro, oscuro o negro.

Calle (1980), indica que el fruto está cubierto por un perianto delgado que cubre totalmente la semilla. El epispermo presenta tres colores café-claro, café y negro, el fruto es caduco, después de la maduración cae inmediatamente.

3.3. Fases fenológicas del cultivo.

Catacora (1989) citado por Lescano (1994), indica las siguientes fases fenológicas:

Emergencia, es la aparición de los cotiledones sobre la superficie del suelo.

Formación de las dos hojas verdaderas, se inicia el crecimiento de la planta.

Ramificación, se inicia con el desarrollo de las ramas secundarias o laterales las cuales aparecen en la base de la planta en forma opuesta, en esta fase se inicia el desarrollo vegetativo de las ramas laterales.

Formación de la inflorescencia, se observa la aparición de las primeras inflorescencias de la rama principal de la planta.

Floración, cuando se tiene un 50% de apertura de las flores en la rama principal.

Maduración de grano lechoso, cuando el grano al ser presionado entre las uñas deja escapar un líquido lechoso.

Grano pastoso, cuando los granos al ser presionados entre las uñas se aplasta y muestra una consistencia pastosa de color blanco.

Madurez fisiológica, cuando los granos alcanzan el máximo de materia seca y se da cuando el 5 % de los primeros granos inicien o estén por desgranarse. Iniciándose la cosecha debido a que la plantas llegan a desgranarse hasta un 50%.

3.4. Labores agrícolas del cultivo.

3.4.1. Preparación del terreno.

PROINPA (2008), recomienda realizar la preparación del terreno con las últimas lluvias del año agrícola a una profundidad de 0,2 a 0, 25 m con la ayuda de maquinaria agrícola. El arado se realiza con el propósito de voltear la tierra y favorecer la aireación del suelo, eliminando malezas e insectos dañinos al cultivo.

Cano (1973), indica que cuando se efectúa el arado después de un cultivo anterior solamente se realiza una pasada con el arado y su posterior desterrone, siendo aconsejable realizar dos araduras, una de ellas con anterioridad a la siembra y otra en el momento de la siembra seguidas por la rastreada de preferencia en forma cruzada, se recomienda que el terreno debe estar bien mullido a fin de proveer humedad y oxigenación necesarios para favorecer la germinación.

Según Rojas *et al.* (2008), indican que en el Altiplano, la siembra se realiza en terrenos qhanona¹, callpa² y puruma³, en cualquiera de los casos es recomendable que el terreno sea plano por que ayuda mantener la humedad.

Los mismos autores señalan que cuando el terreno es qhanona¹ o callpa² se debe remover el suelo en las primeras lluvias del año agrícola (septiembre, octubre), este trabajo se realiza con yunta⁴, si es puruma³ se debe remover el suelo en las últimas lluvias del año (marzo, abril).

3.4.2. Siembra.

Tapia (2007), señala que la cañahua requiere una estructura del suelo fino, debido a que la semilla es muy pequeña. Para que la humedad favorezca la germinación, la nivelación del terreno es conveniente, los charcos de agua que se forman en los desniveles causarían la muerte de las plantas.

Según Rojas *et al.* (2008), menciona que antes de la siembra es preferible desterronar mullir y nivelar el suelo para mantener la humedad y favorecer la germinación uniforme de las semillas. Para la siembra se debe considerar los siguientes aspectos; calidad, cantidad de semilla, época, distancia y profundidad de siembra.

El mismo autor señala que la semilla debe ser del año anterior, no guardado por muchos años, de tamaño grande, uniforme, sin granos partidos, podridos o rancios y de un mismo color. Es aconsejable realizar la siembra entre los meses de Octubre y Noviembre dependiendo de las lluvias, si son tardías puede sembrarse hasta mediados de Diciembre.

PROINPA (2008), indica que cuando se observa mucha humedad en el terreno se recomienda distribuir la semilla al costado del surco, cuando tiene poca humedad la semilla debe distribuirse en el fondo del surco, sembrando de esta forma se evita que la semilla muera y pueda emerger la planta.

La misma institución recomienda la siembra en surcos, a una profundidad de 0,15 a 0,20 m y distancia entre surcos de 0,4 – 0,5 m. Para el Altiplano Central, Norte y Zona Alta de Valle se recomienda sembrar desde la primera quincena de noviembre hasta los primeros días de diciembre, periodo que coincide con el inicio de lluvias, es importante que el suelo tenga una adecuada humedad para asegurar la emergencia de las plantas, la densidad de siembra recomendada es de 8 kg/ha.

¹ qhanona, terreno donde se ha sembrado papa año antes, ² callpa terreno de tercer año de cultivo, ³ puruma terrenos descansados, ⁴ yunta arado de palo jalado por vacas

En el Cuadro 3, se observa las distintas cantidades de semilla que se deben utilizar de acuerdo a las dimensiones del terreno.

Cuadro 3. Cantidad de semilla requerida para la siembra.

Tamaño de terreno	Cantidad de semilla
1ha.	8 a 10 kg o (34 a 42 tazas)
½ ha.	4 a 5 kg o (17 a 21 tazas)
¼ ha.	2 a 2.5 kg o (8 – 10 tazas)
1000 m ²	0.8 a 1 kg o (3 a 4 tazas)
500 m ²	0.88 a 1 lb o (1.5 a 2 tazas)
200 m ²	0.35 a 0.5 lb o (0.5 – 1 taza)

Fuente: Rojas *et al.* (2008).

Cano (1973), indica que es recomendable la siembra en líneas, porque ofrece ventajas como la uniformidad de germinación, menor cantidad de semilla y facilidad para realizar las labores culturales, el distanciamiento adecuado es de 0.3 m para el ecotipo Saihua y 0.4 m para el ecotipo lasta.

Tapia (1997), señala que la siembra se realiza al voleo, pero es conveniente la siembra en surcos con distanciamiento de 0,3 a 0,5 m, la cantidad de semilla utilizada es de 4 a 8 kg/ha en surcos y de 15 kg/ha al voleo.

3.4.3. Labores culturales.

3.4.3.1. Deshierbes.

Cano (1973), indica que se debe realizar esta labor para mantener el terreno sin malezas, las cuales absorben agua, sustancias nutritivas, empobreciendo el suelo y compitiendo con las plantas cultivadas.

3.4.3.2. Control fitosanitario.

PROINPA (2008), indica que cuando las condiciones ambientales son de alta humedad en el ambiente y elevada temperatura se observa un incremento en las poblaciones de insectos dañinos a la cañahua como los pulgones (*Myzus persicae*), escarabajo negro o

challu challu (*Epicauta* sp) y kcona-kcona (*Eurysacca* sp), en estos casos se recomienda realizar controles orgánicos con extractos naturales de ajo, locoto y cebolla, cuando el ataque es severo se puede utilizar un insecticida de bajo poder residual.

Tapia (2007), indica que la cañahua es uno de los cultivos más resistentes a las enfermedades, aunque se ha detectado mildiu al comienzo de la floración.

3.4.4. Cosecha.

Cano (1973), menciona que la cosecha se efectúa cuando las plantas especialmente el follaje y el tallo hayan alcanzado en forma total la coloración característica del ecotipo, además los granos deben ofrecer cierta dureza, que se puede determinar presionando el grano con la uña, este no debe deshacerse fácilmente. Otra forma es cosechar antes que se produzca el desgrane y esto ocurre cuando las plantas han sobrepasado la madurez óptima para la cosecha.

Según Rojas *et al.* (2008), indica que esta labor se realiza cuando el (70 y 80 %) de las plantas de cañahua cambian de color y derraman grano al suelo, esto es posible verificar sacudiendo las ramas sobre la palma de la mano.

PROINPA (2008), indica que el cambio de color de las plantas y la caída del grano es indicativo que la variedad se encuentra en proceso de maduración, se recomienda cosechar en horas de la mañana cuando las plantas aun se encuentran húmedas, de esta manera se evita la caída de granos. Se debe segar cerca del cuello de la planta con la ayuda del hoz, para evitar pérdida de grano se cosecha sobre una lona o mantel para luego trasladarlo al lugar donde se realiza el secado.

Tapia (2007), menciona que el periodo de cosecha se inicia a principios de marzo y se extiende hasta mayo, debido a que no todas las plantas maduran uniformemente, se cosecha las plantas sin haber alcanzado su madurez total, la cual se coloca en parvas para su secado.

3.4.5. Post-cosecha.

Rojas *et al.* (2008), indica que una vez cosechadas deben ser secadas, trilladas y venteadas cuidadosamente. Para evitar que los granos se mezclen con tierra, se debe

preparar una phira en medio de la parcela. Una vez trasladada las plantas de cañahua a la phira o mantel estas se deben frotar con las manos para obtener los granos maduros posteriormente se debe realizar el arqueo de las plantas para secar de 3 a 7 días, esta práctica favorece el aireado de los granos que no logran separarse de la planta, evitando así la putrefacción con la humedad y pérdida por derramamiento.

Cano (1973), indica que terminada la cosecha se amontonan las plantas en el mismo campo en parvas rectangulares que se los denominan arcos para completar el proceso de maduración y desecamiento para poder realizar la trilla.

3.4.6. Trilla.

Gade (1970) citado por Tapia (1997), menciona que la trilla se efectúa con el método tradicional golpeando las plantas con palos curvados en el extremo. Posteriormente se realiza el venteado para separar las ramas pequeñas y hojas que conforman el residuo denominado jipi. La broza conformada por ramas, hojas y receptáculos de las inflorescencias se denomina qiri.

Rojas *et al.* (2008), indican que después de la cosecha se debe realizar el desgrane utilizando un palo curvado y golpear la broza sobre la phira o mantel, luego se procede a retirar las ramas y hojas de las plantas trilladas.

3.4.7. Cernido y venteado.

El cernido se realiza con la ayuda de una susuña o tamizador que separa los granos de los restos de la planta de menor tamaño (tallos y hojas). Posteriormente se efectúa el venteo, esta labor se debe realizar preferentemente en las tardes aprovechando el viento, se va echando el jipi sobre el mantel a una altura de un metro dependiendo de la velocidad del viento, esta labor permite separar el grano del jipi (resto de tallos y hojas) a medida que vaya cayendo se limpia con una escoba de paja para retirar los rastrojos (Rojas *et al.* 2008).

3.5. Ecotipos.

Según Tapia (1997), los principales ecotipos son: Cañahua Lasta (chilliwa, color rosado, puca color rojo, morada color oscuro, condorsaya color marrón a gris) y Cañahua

Saihua (acallapi, puca, morado, condorsaya). De acuerdo al ecotipo, la planta presenta 5 colores definidos; rosado, rojo, amarillo, anaranjado y morado.

IPGRI-PROINPA e IFAD (2005), menciona los principales hábitos de crecimiento de la cañahua: Saihua, si presenta escasas ramificaciones y dan la apariencia de ser erectas, estrechadas y con menor diámetro de tallo; Lasta cuando sus ramificaciones son numerosas y se inician desde el cuello dando la apariencia frondosa y con mayor diámetro de tallo; Pampalasta, si los tallos se presentan caídos o tendidos en los cuales sus extremos son erguidos.

Mamani (1994), indica que el ecotipo Lasta presenta ramas decumbentes en número indefinido, de forma corimboide, donde las ramas secundarias alcanzan la misma altura que la rama central. El ecotipo Saihua presenta ramificaciones laterales paralelas al resto de las ramas centrales y al tallo no diferenciado.

Calle (1980) citado por Lescano (1994), menciona al cultivar Lasta, de crecimiento semierguida, con ramificaciones que nacen desde la base, generalmente presentan más de 6, cuyas ramificaciones son numerosas y postradas; la Saihua son plantas erguidas con pocas ramificaciones de 3 a 5 ramas primarias y dan la apariencia de ser erectos.

León (1964) citado por Tapia (1997), indica que de acuerdo al hábito de crecimiento; son de tipo Saihua, cuando presenta el tallo erecto y poco ramificado con crecimiento determinado y de tipo Lasta de tallo algo postrado y muy ramificado de crecimiento no determinado.

3.5.1. Líneas.

La línea Saihua forma su biomasa con mayor rapidez que la línea Lasta hasta los 70 días de la siembra. A partir de esta edad detienen su producción de materia seca, mientras que la línea Lasta continúa aumentando su biomasa, llegando a superar a la Saihua en biomasa total, en comparación a la Saihua. En biomasa de hojas, la línea Saihua es superior a la línea Lasta, el periodo de máximo crecimiento y de mayor exigencia ambiental se encuentra entre los 60 y 90 días (Calle, 1980 citado por Lescano 1994).

La línea Lasta rosada tiene rendimientos de 11 a 29 t/ha de forraje verde, 1.6 a 7.6 t/ha en materia seca con 54.9 % a 73% de digestibilidad y de 16.06 a 49.64% de materia seca digestible. Esta línea tiene uso como forraje verde, que supera a la alfalfa (Arce, 1976 citado por Lescano 1994).

3.6. Requerimientos climáticos y edáficos.

El cultivo de cañahua se relaciona con zonas agroecológicas con bajas temperaturas, es tolerante a la sequía una vez que alcanza el estado de inicio de ramificación de 40 a 50 días después de la germinación, requiere para su desarrollo de suelos franco arcillosos con buen drenaje y humedad adecuada durante los primeros 20 días después de la germinación (Mújica y Quillahuaman 1989 citado por Tapia 1997).

Al respecto la FAO (1992), indica que la cañahua soporta temperaturas de 10 °C bajo cero durante la ramificación y altas de 28 °C, con la humedad necesaria las hojas cumplen un mecanismo de protección, cubren los primordios y ejes florales evitando el congelamiento.

Los mismos autores indican que la precipitación pluvial debe oscilar entre 500 a 800 mm/año, puede tolerar periodos prolongados de sequía, es resistente al frío, indiferente al fotoperiodo, requiere suelos de textura arcillo-arenosa o franco arcilloso, de pH que varíe entre 4.8 a 8.5 y es tolerante a la salinidad.

IPGRI-PROINPA e IFAD (2005), menciona que se desarrollan en altitudes entre los 3000 y 4200 m.s.n.m, requiere de suelos con buena humedad y buen contenido de materia orgánica.

La cañahua es bastante exigente en nitrógeno y fósforo, es recomendable la dosis de 100-60-00 o la aplicación de 120-60-00 de N₂, P₂O₅ y K₂O, con una mejor utilización del nitrógeno cuando se aplica en forma desdoblada 50% a la siembra y el 50% restante entre los 40 a 50 días después de la siembra (Cano, 1973).

Paredes (1977) citado por Lescano (1994), menciona que la cañahua tiene buena adaptabilidad a factores edáficos y ambientales, el crecimiento de la planta es afectado por la deficiencia de nitrógeno, presentando plantas de color verde claro, tallo corto,

delgado y clorosis uniforme en las hojas inferiores que avanzan a las superiores, mientras que las hojas viejas se secan y defolian.

El mismo autor indica que la deficiencia de fósforo en la planta presenta clorosis con manchas necróticas, tallos cortos de escaso macollaje, hojas del tercio inferior medio y superior de color verde oscuro, hojas del tercio inferior cloróticas. La clorosis se inicia en el ápice foliar presentando manchas de color café que se unen llegando a secar toda la hoja.

Se recomienda incorporar estiércol de oveja o vaca durante la preparación del terreno esparciendo sobre toda la parcela, para asegurar que las plantas tengan suficiente cantidad de nutrientes que les permite crecer mejor y así obtener mayor producción (PROINPA, 2008).

3.7. Fertilizantes.

Silguy (1999), menciona que la fertilización no consiste simplemente en suministrar los elementos nutritivos, sino que constituye una acción global que permite responder una serie de necesidades, tiene como objetivos mantener o mejorar el suelo y garantizar la nutrición de las plantas. Asimismo Bellapart (1996), sostiene que la fertilización es la aportación desde el exterior de los elementos químicos de naturaleza mineral que intervienen en la constitución de los vegetales.

Los fertilizantes son sustancias que contienen una cantidad apreciable de elementos nutritivos en forma asimilable para las plantas (Chilon, 1997).

3.7. 1. Fertilizantes químicos.

Orzag (2003), señala que los fertilizantes químicos tienen mayores concentraciones de nutrientes, son más fáciles de transportarlos y aplicarlos a los cultivos, sin embargo no ayudan a mejorar las propiedades físicas y biológicas.

Silguy (1999), menciona que son fertilizantes de apoyo, completan la fertilización orgánica aportando al suelo elementos indispensables, presentes en cantidades insuficientes, fósforo, potasio, calcio magnesio u oligoelementos.

Grupo Latino (2006), indica que los fertilizantes químicos o minerales solubles alimentan a las plantas directamente, pueden causar desequilibrios en la nutrición de la misma retardando o dañando su mantenimiento y alterando al suelo.

3.7. 2. Fertilizantes orgánicos.

García (1987), denomina fertilizante orgánico a toda sustancia de origen animal, vegetal o mixto que se añade al suelo con el objeto de mejorar su fertilidad. La fertilización orgánica constituye una de las técnicas tradicionales y eficaces para mejorar los cultivos. Los abonos orgánicos pueden ser de origen animal (orina, sangre, huesos, cuernos, residuos de pesca, deyecciones sólidas, etc.) de origen vegetal (turba, residuos de cultivos, semillas, hojas secas, algas, etc.) y de origen mixto (estiércol, residuos de hogares, etc.).

Silguy (1999), indica que la fertilización orgánica aumenta el contenido de humus del suelo y la capacidad de retención de agua, mejora la estabilidad estructural, estimula la actividad biológica, suministra la mayor parte de los elementos nutritivos necesarios para las plantas.

En el Cuadro 4, se presenta la composición química de abonos orgánicos líquidos y sólidos de distintas especies animales y aves.

Cuadro 4. Composición química de abonos orgánicos líquidos y sólidos.

Fuente	Tipo	Sustancia orgánica (%)	Nitrógeno (% N)	Fósforo (%P₂O₅)	Potasio (% K₂O)
Bovino	Líquida	5	1,0	0,1	1,6
Bovino	Sólida	18	0,4	0,2	0,1
Bovino	Mixta	10	0,2	0,2	0,1
Equino	Líquida	7	1,2	0,1	0,4
Equino	Sólida	23	0,5	2,3	0,3
Ovino	Líquida	2	0,3	0,1	0,9
Ovino	Sólida	16	0,6	0,4	0,3
Porcino	Líquida	2	0,3	0,1	0,9
Porcino	Sólida	16	0,6	0,4	0,3
Gallinas	Sólida	25	1,4	1,4	2,1

Fuente: Suquilana (1996) citado por Mejía (2002).

Alcantar (2007), menciona que la fertilización foliar debe ser considerada como un complemento a la fertilización del suelo y no como un sustituto, ya que las plantas en general, satisfacen sus requerimientos nutrimentales de elementos no gaseosos a

través de sus raíces y las hojas solo pueden absorber cantidades relativamente pequeñas de nutrimentos.

3.7.3. Fertilizantes líquidos orgánicos.

3.7.3.1. Biol.

Gomero (1999), define al biol como un biofertilizante líquido que se forma de la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos, la técnica empleada para lograr este propósito son los biodigestores, que tienen la finalidad de producir energía y abono para las plantas.

Medina (1992), indica que el biol es considerado como un estimulante complejo, que al ser aplicado a la semilla o al follaje de los cultivos, actúa como fitoregulador que promueve la actividad fisiológica y estimula el desarrollo de la planta, permite aumentar la cantidad de hojas e incrementar la capacidad de fotosíntesis mejorando la producción y la calidad de las cosechas.

Grupo Latino (2006), menciona que el biol es una fuente de fitoreguladores a diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, siendo importante en el enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), tiene acción sobre el follaje (amplia la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas.

Restrepo (2002), indica que los biofertilizantes son preparados a base de estiércol fresco de vaca disuelta en agua y enriquecida con leche, melaza y ceniza, que se han colocado a fermentar por varios días en toneles o tanques de plásticos, bajo sistema anaeróbico, tiene la propiedad de presentar mucha energía equilibrada y se encuentra en armonía mineral.

Fajardo (2002), complementa indicando que son preparados líquidos, que contienen mezclas de materiales orgánicos, como estiércoles de diferentes animales y restos vegetales, además de adicionar cal, sulfatos, fosfatos y otros en el biopreparado.

3.7.3.2. Fertisol (Fertilizante líquido).

Es un biofertilizante líquido de aplicación foliar, con suplemento de fósforo mejora el enraizamiento, vigoriza e incrementa los rendimientos de la planta. Por el contenido de boro disminuye la caída de flores, estimula el cuajado de frutos. Es importante aplicar hasta tres veces durante el crecimiento de la planta (BIOTOP srl., 2006).

El fertisol es un biofertilizante foliar líquido, orgánico y natural que se utiliza en una diversidad de cultivos, pueden ser gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales, hortalizas y ornamentales. Contiene nutrientes fitoreguladores de crecimiento como la auxina y giberelina que promueven actividades fisiológicas y estimulan el desarrollo de las plantas (PROINPA, sf.).

3.7.3.3. Vigortop.

El vigortop es un purín promotor de crecimiento que promueve el crecimiento de follaje en las plantas. Es un vigorizante, disminuye la caída de flores y estimula el cuajado de frutos, incrementando el rendimiento de los cultivos (Biotop srl., 2006).

Mejía (2002), menciona que el purín es el líquido obtenido por la descomposición controlada de plantas especiales, escogidas por sus propiedades medicinales, alelopáticas o nutricionales. El purín bien producido tiene principios bioquímicos y energéticos, potenciados por los microorganismos que provocan la acción de tales sustancias y sean las más apropiadas para estimular la nutrición, el crecimiento o la salud de las plantas cultivadas.

3.7.4. Importancia de los abonos orgánicos líquidos.

Mejía (2002), menciona que los fertilizantes líquidos mejoran la actividad biológica del suelo, al generar una mayor resistencia y producción de plantas, debido a un funcionamiento equilibrado del vegetal. Actúa como fitohormona que al aplicarse sobre las plantas aumenta el número, calidad de las raíces, mejorando e incrementado su capacidad de nutrición y resistencia a las condiciones del medio.

El mismo autor, indica que la utilización de este bioabono en suelos ácidos y de baja fertilidad ayuda al mejoramiento de sus condiciones físicas, químicas y biológicas que estimula la actividad de los microorganismos del suelo, favoreciendo la mineralización de

la materia orgánica y liberación de nutrientes disponibles, que son absorbidos por el sistema radicular de la planta.

Restrepo (2002), indica que los abonos líquidos son importantes para nutrir, recuperar, reactivar la vida en el suelo, fortalecer la fertilidad de las plantas, estimular la protección de los cultivos contra el ataque de los insectos y enfermedades. Presentan sustancias como la tiamina, piridoxina (Vitamina B6), ácido nicótico (Vitamina pp), ácido pantoténico, riboflavina (vitamina B2), cobalamina (vitamina B12), ácido ascórbico, ácido fólico, provitamina A, ergosterol (vitamina E) alfa amilasa, facilita la absorción de Ca, Mg y presenta todos los aminoácidos producidos por los microorganismos.

Carretero (2002), menciona que los biofertilizantes ayudan a los procesos biológicos e influyen en las características físicas del suelo, mejora la absorción de nutrientes, liberación de sustancias que favorecen el crecimiento, desarrollo, defensa de las plantas frente a plagas y enfermedades, participan en la solubilización de nutrientes del suelo, transformación, mineralización de la materia orgánica, incrementa la resistencia de las plantas al estrés hídrico y la salinidad.

3.7.5. Componentes que intervienen en el proceso de fermentación.

Restrepo (1998), indica que la relación C/N debe variar entre 25 a 35, valores menores pueden resultar la pérdida de nitrógeno por volatilización y valores mayores resulta una fermentación lenta, requiere un pH entre 6 a 7.5. El estiércol de vaca incorpora los ingredientes activos (microorganismos) para la fermentación, aporta inóculo de levadura, hongos, protozoos y bacterias las cuales son responsables de digerir, metabolizar, colocar de forma disponible para las plantas y al suelo todos los elementos nutritivos.

Grupo Latino (2006), señala que la temperatura de digestión es de 25 – 360 °C, el pH de 7, la relación de materia seca y agua debe situarse alrededor del 90 % en peso del contenido total.

3.7.6. Proceso de fermentación.

Restrepo (1998), menciona dos etapas en el proceso de fermentación: La primera etapa, es la estabilización de la temperatura que llega en un inicio entre 70 a 75 °C

debido al incremento de la actividad microbiana, posteriormente la temperatura desciende debido al agotamiento o disminución de la fuente energética, en este momento el abono comienza su estabilización y solamente sobresalen los materiales que presentan una mayor dificultad para su degradación, la segunda etapa, es la maduración, donde la degradación de los materiales orgánicos que todavía permanecen es más lenta, para luego llegar a su estado ideal.

Soria *et al.* (2001) citado por Lázaro (2007), indica que los microorganismos que participan en el proceso de fermentación son las siguientes bacterias; hidrolíticas fermentadores, acetónicos obligados reductoras de proteínas de hidrógeno, sulfato reductoras de hidrógeno, hemoacetogénicos, metanogénicos y desnitrificantes.

Restrepo (2002), indica que el tiempo de fermentación es variado, en el caso del biopreparado del estiércol de vaca, demora entre 20 a 30 días, sin embargo cuando se enriquece con sales minerales tarda entre 35 a 45 días. Para verificar la calidad del biofertilizante, no debe existir la presencia de malos olores y debe presentar la formación de una nata blanca en la superficie, el contenido líquido deberá ser de color ámbar brillante, translucido y en el fondo no se debe encontrar ninguna sedimentación.

Medina (1992), indica que el proceso de fermentación para regiones áridas puede durar tres meses y en valles 45 días. Grupo Latino (2006), complementa indicando que el tiempo de retención adecuado es de 38 a 90 días considerando la zona geográfica donde se desarrolle la digestión del material orgánico.

3.7.7. Forma de aplicación.

Alcantar (2007), señala que la aplicación del fertilizante foliar depende de: la especie, el estado de desarrollo de la planta y el estatus nutrimental. La aplicación foliar de nutrimentos pueden originar concentraciones de sales altas en las hojas que en la solución del suelo, por ello el principal problema de las aspersiones foliares es la sensibilidad de las hojas a la alta concentración. También se debe adicionar surfactantes para facilitar e intensificar la emulsión.

Restrepo (2002), indica que la concentración del biofertilizante varía entre el 5 al 10% o sea de 5 a 10 litros del biopreparado por cada 100 litros de agua. La aplicación es

recomendable realizar en la mañana a hrs 10:00 a.m. y en la tarde a las 16:00 p.m. porque en estas horas existe mayor apertura de estomas.

Grupo Latino (2006), menciona que se puede aplicar en el follaje, suelo, semilla, plántulas, bulbos, raíces y tubérculos. Al aplicar al follaje, se debe realizar del envés de las hojas hacia el haz y en disoluciones de (25-75%), unas 3-5 veces durante la etapas críticas, mojando las hojas con unos 400 a 800 l/ha, para las aspersiones se debe utilizar un adherente para evitar que se evapore o sea lavado por la lluvia.

3.7.8. Absorción foliar.

Alcantar (2007), menciona que en la fertilización foliar, la cutícula es la estructura que primero entra en contacto con la solución, la penetración a nivel de la cutícula es determinada por los gradientes de polaridad de carga del ion, la presencia de espacios interreticulares y espacios libres. La absorción foliar de la planta esta relacionado con el grosor de la capa cuticular. Las tasas de absorción foliar de la mayoría de los nutrientes en hojas jóvenes son mayores, la absorción es baja en hojas basales o viejas atribuidas a una disminución de la actividad metabólica y baja cantidad de ectodesmos en la superficie de la hoja.

El mismo autor indica que la absorción de nutrientes es directamente proporcional a la superficie de la hoja que es mojada por el fertilizante foliar y la etapa vegetativa, los factores ambientales que influyen en la absorción foliar son; la temperatura que deberá ser entre 16–20 °C, mayores a 30 °C la absorción es nula, debido al incremento de la transpiración de las hojas y la concentración de la solución aplicada aumenta por la rápida evaporación. La luz estimula la apertura de estomas y la tasa metabólica, lo que con lleva a la liberación de energía disponible para la absorción activa y finalmente la humedad relativa alta disminuye la tasa de evaporación de la solución asperjada al follaje.

3.8. Indicadores económicos.

CIMMYT (1988), define los siguientes términos para el análisis económico: presupuesto parcial, costos que varían, beneficio bruto, rendimiento ajustado, precio de campo del producto, beneficio neto, análisis de dominancia y curva de beneficios netos.

3.8.1. Presupuesto parcial.

El término presupuesto parcial indica que este no incluye todos los costos de producción solo los que son afectados por los tratamientos alternativos.

3.8.2. Costos que varían.

Son los costos por hectárea relacionados con los insumos comprados, la mano de obra y la maquinaria, que varían de un tratamiento a otro. El total de los costos que varían por cada tratamiento, representa la suma de los costos que varían individualmente.

3.8.3. Rendimiento ajustado.

El rendimiento ajustado de cada tratamiento, es el rendimiento medio reducido en un cierto porcentaje con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento.

3.8.4. Beneficio bruto.

El beneficio bruto de campo de cada tratamiento se calcula multiplicando el precio de campo por el rendimiento ajustado.

3.8.5. Precio de campo del producto.

Se define como el valor que tiene el agricultor de una unidad adicional de producción en el campo, antes de la cosecha.

3.8.6. Beneficios netos.

Se calcula restando el total de los costos que varían del beneficio bruto de campo para cada tratamiento.

3.8.7. Análisis de dominancia.

Se dice que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían mas bajos.

3.8.8. Curva de beneficios netos.

En una curva de beneficios netos, cada tratamiento se identifica con un punto, según sus beneficios netos y el total de costos que varían. Las alternativas que no son dominadas se unen con una línea, debido a que solo los tratamientos no dominados se incluyen en la curva, su pendiente siempre será positiva.

4. LOCALIZACION.

4.1. Ubicación geográfica.

El presente trabajo fue realizado en la comunidad Villa Remedios de Calasaya perteneciente al cantón Pucarani-Batallas, Provincia Los Andes del Departamento de La Paz. Geodésicamente ubicado a 16°40' de Latitud Sur y 68°17' de Longitud Oeste, a 44 km de la ciudad de La Paz, con una altitud media de 3876 m.s.n.m. (I.G.M., 2000). (Figura 2. y 3.)

4.2. Características ecológicas.

De acuerdo Unzueta (1975), indica que esta región se encuentra en el Altiplano Norte de Bolivia, de acuerdo a la clasificación de "Holdridge" pertenece al bosque húmedo montano subtropical. En esta zona de vida se cultivan plantas autóctonas, como la quinua, papa, cañahua, el bioclima es aproximadamente 12°C con precipitaciones entre 300 a 500 mm/año.

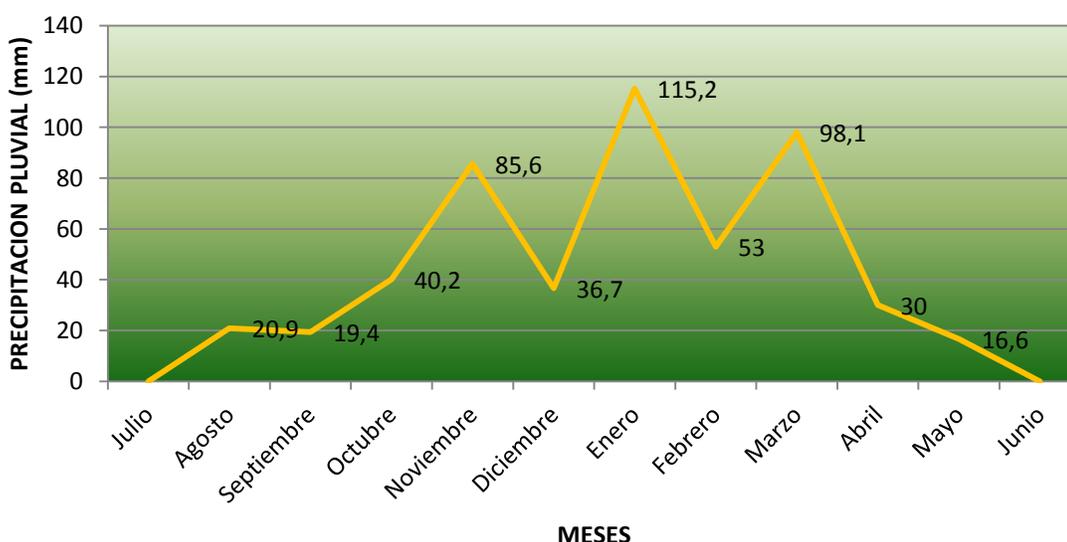


Figura 1. Precipitaciones pluviales en la gestión agrícola 2006-2007 registradas en la Estación Pucarani del Departamento de La Paz (Provincia Los Andes).

De acuerdo a la Estación Meteorológica de Pucarani y Huarina que es la más próxima al lugar de estudio, el clima de la región es predominantemente frío y húmedo con una

precipitación promedio de 550 mm/año, la temperatura promedio anual es de 9.2 °C siendo corroborado por el SENAMHI que reporta de julio 2006 a junio de 2007 con una precipitación acumulada de 516 mm en la Provincia Los Andes del Departamento de La Paz.

4.2.1. Vegetación predominante.

Existe predominio de Campos Nativos de Pastoreo (CANAPAS) los más sobresalientes son: chillihua (*Festuca dolichophylla*), pasto pluma (*Nasella meyeniana*), muña (*Minthostachys andina*), ichu (*Stipa ichu*) y especies herbáceas la mostaza blanca (*Brassica alba*), reloj – reloj (*Erodium cicutarium*).

4.3. Fisiografía.

Unzueta (1975), cita que de acuerdo a la clasificación de “Holdrigge” presenta una topografía suavemente ondulada con valles y cauces de ríos poco profundos. La planicie aluvial esta drenada por numerosos riachuelos meándricos.

4.4. Suelos.

IBTA-ORSTOM (1992), indican que los principales factores que participa en la formación de los suelos, es el agua y el clima semiárido, mas su baja alcalinidad, rompe el equilibrio que existe en condiciones naturales, provocando cambios cuantitativos y cualitativos como en el caso del Altiplano. Existe la presencia de sales cerca de la superficie del suelo, baja permeabilidad y la presencia de meses secos, aceleran la acumulación de sales de sodio más superficialmente, provocando la formación de suelos salinos, sódicos, etc.

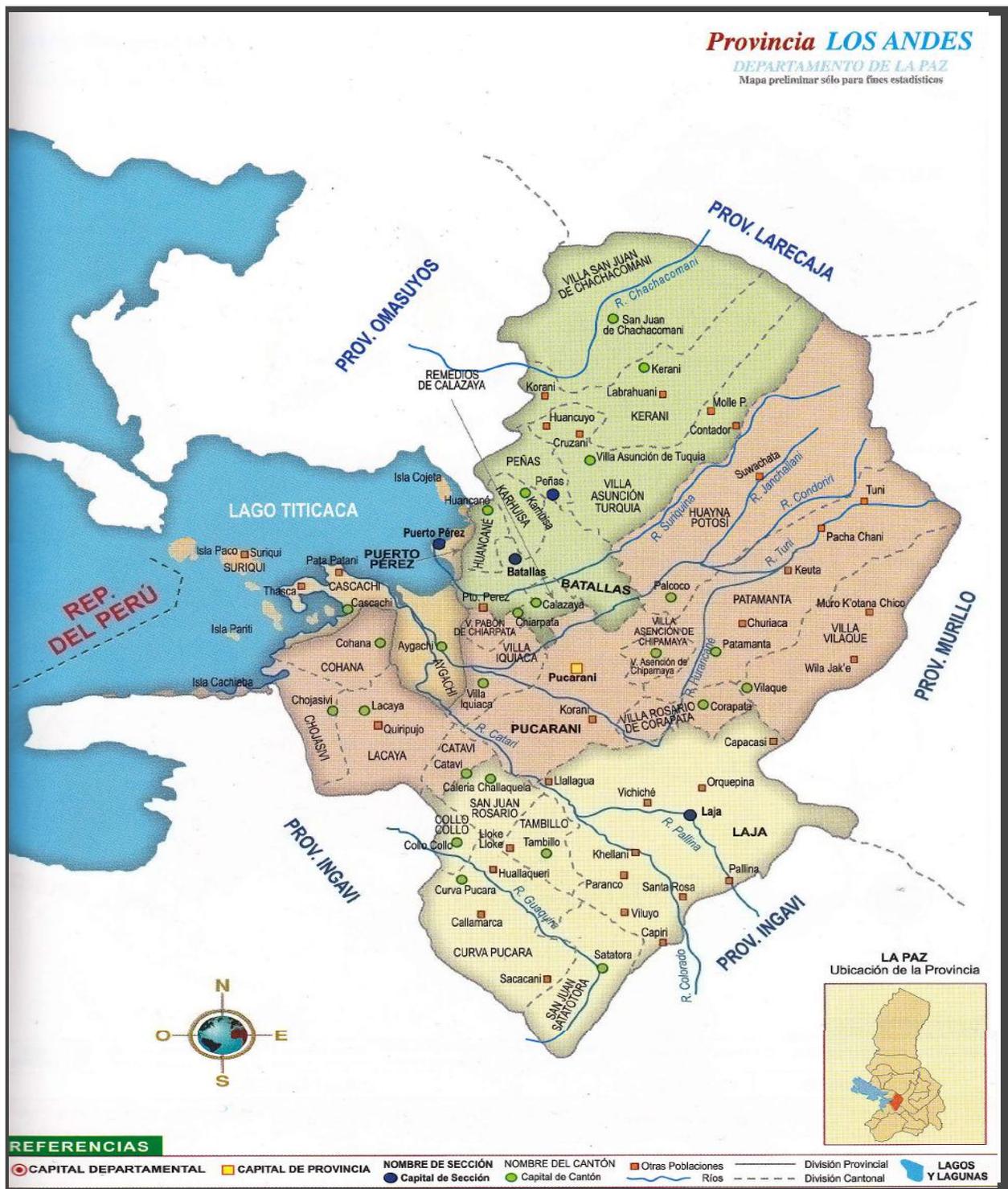


Figura 2. Localización del campo experimental en la comunidad Calasaya.

Fuente: Editorial Panamerican Books (2009).

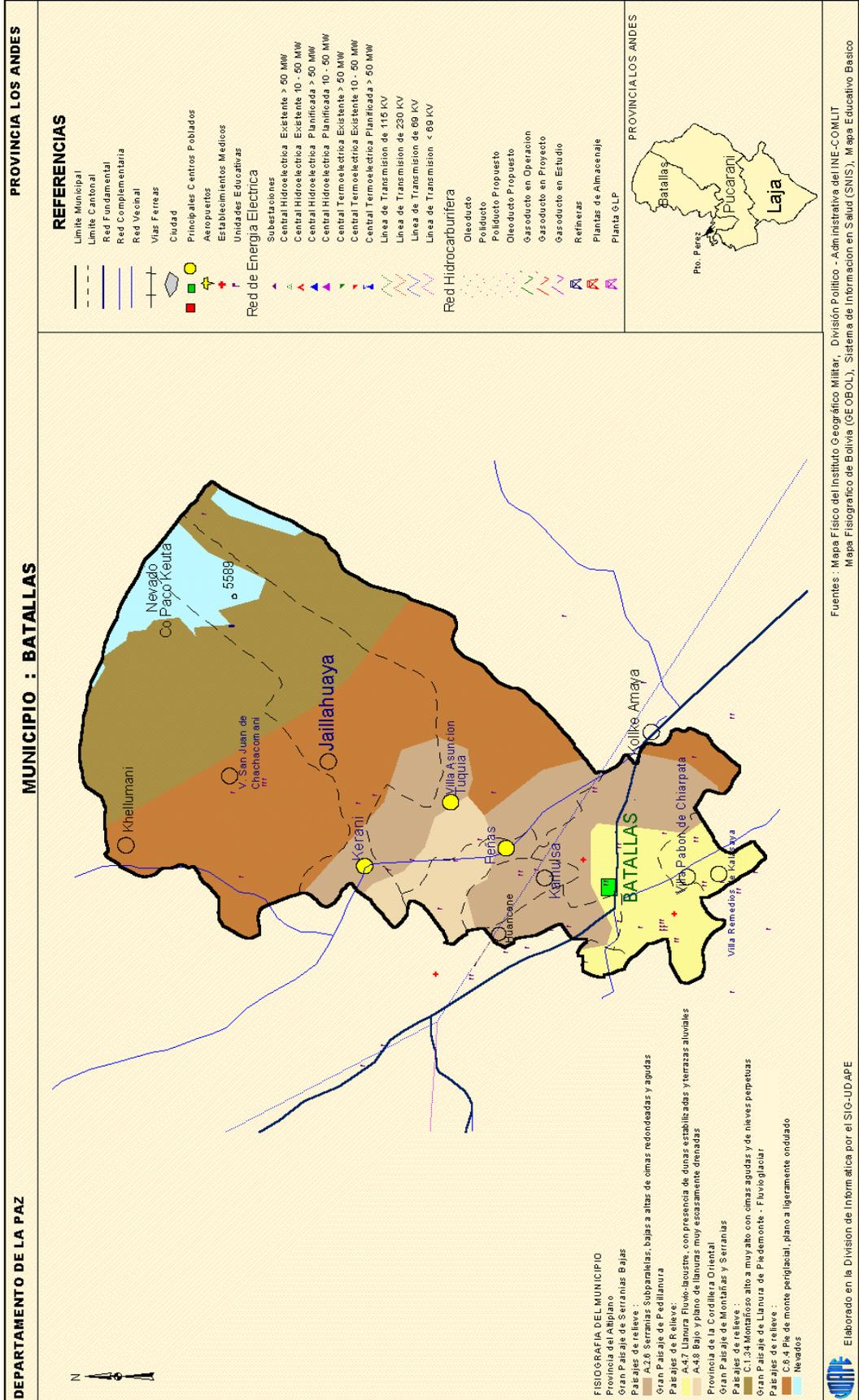


Figura 3. Localización del municipio de Batallas y el cantón Villa Remedios de Calasaya

Fuente: Instituto Geográfico Militar y GEOBOL (2000).

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1. Materiales.

5.1.1. Material de campo.

5.1.1.1. Materiales utilizados.

Los materiales utilizados en el presente estudio fueron: martillos, cinta métrica, estacas de 0.60 m, lienza, flexómetro, picotas, rastrillo, balanzas manuales, carretillas, barril de 200 l, 1 manguera de ½ pulgada de un metro de largo, un niple de bronce, regaderas, mochila, manteles, hoz, navajas, cernidor, palo curvado, una mochila aspersora de 20 l de capacidad, una sembradora, cintas de video, cámara fotográfica y libreta de apuntes.

5.1.1.2. Material vegetal.

El material vegetal utilizado fue, la línea de cañahua Saihua amarilla accesión 351 y la línea Lasta rosada accesión 517, el material genético es proveniente de la institución PROINPA.

5.1.1.3. Material orgánico.

Los materiales orgánicos empleados fueron el Biol, Fertisol y el Vigortop.

5.1.2. Materiales de Gabinete.

Equipo de computadora con programas de procesador de texto, hoja electrónica y análisis estadístico, material de escritorio y otros.

5.1.3. Material de laboratorio.

Se empleó una probeta de 10 cc, calibrador, balanza digital de 0.1 g de precisión, balanza mecánica, sobres de papel.

5.2. Metodología.

5.2.1. Procedimiento en campo.

5.2.1.1. Preparación del suelo.

El estudio se realizó en un suelo que se cultivó anteriormente papa, luego se procedió al arado y rastreado con la ayuda de maquinaria agrícola (tractor), el nivelado se efectuó de forma manual empleando palas y rastrillos.

5.2.1.2. Muestreo del suelo.

El muestreo del suelo se realizó siguiendo las sugerencias de Chilon (1997), tomando muestras de la capa arable a una profundidad de 25 a 30 cm en zig-zag a lo largo del área experimental, obteniendo una muestra con la pala cada cierto trecho tomándose 25 muestras individuales, las mismas se mezclaron, cuartearon y se formó una muestra compuesta homogénea y representativa de aproximadamente 1 kg se embolsó, etiquetó y se envió al laboratorio para su análisis físico-químico.

5.2.1.3. Preparación, aplicación del Biol, Vigortop y Fertisol.

El biol se preparó el 29 de septiembre del 2006, se recolectó 25 kg de estiércol fresco de vacuno, durante la primeras horas de la mañana entre las 5:00 a 6:00 a.m con el fin de que el estiércol no se encuentre expuesto al sol, teniendo la precaución que el estiércol provenga de ganado vacuno que no haya recibido tratamiento con medicamentos o vacunas.

Para la elaboración del biol se utilizó, un recipiente de 150 l de capacidad, en la cual se disolvió en 90 l de agua de río, 25 kg de estiércol fresco, 3 l de leche hasta obtener una mezcla homogénea. En otro recipiente pequeño se disolvió 1.4 kg de chancaca en 2 l de agua, el cual se añadió al recipiente de 150 l posteriormente se agregó 1 kg de ceniza y se removió con un palo de madera para mezclar los componentes del biol.

Finalmente se procedió al cierre hermético del recipiente previamente conectado con una manguera que cumplió la función de un sistema de evacuación de gases, se colocó el biofermentador en el interior de una carpa solar a una temperatura promedio de 25 °C, por un periodo de 70 días antes de su aplicación al cultivo.

En el Cuadro 5, se detalla los insumos y la cantidad requerida en la preparación del biol.

Cuadro 5. Insumos utilizados en la elaboración del Biol.

Ingredientes	Cantidad
Leche	3 l
Chancaca	2.4 kg
Estiércol de vaca	25 kg
Ceniza	1 kg
Agua	92 l

Fuente: Elaboración propia.

La preparación y elaboración del purín (Vigortop) y el fertilizante líquido (Fertisol) fueron preparados en Cochabamba por la institución BIOTOP srl.

En el Cuadro 6, se detalla los insumos que se utilizaron para su elaboración.

Cuadro 6. Insumos utilizados en la elaboración del Vigortop y Fertisol.

Vigortop		Fertisol	
Ingredientes	%	Ingredientes	%
Humus líquido	60	Estiércol de vaca	25
Extracto de coca	39	Leche	1
Brasinoesteroide	1	Chancaca	3
		Extracto de coca	25
		M.E.	5
		Agua	41

Fuente: BIOTOP srl. (2006).

5.2.1.4. Aplicación de biofertilizantes

El Biol, Vigortop y el Fertisol se aplicaron a una concentración del 5%, es decir que se disolvió en 20 l de agua un litro de biofertilizante. La aplicación del biofertilizante se efectuó en 3 oportunidades, el 22 de febrero, el 09 de marzo y el 24 de marzo con intervalo de 15 días, en horas de la mañana y por la tarde, se utilizó como adherente jugo de sábila.

5.2.1.5. Siembra.

La siembra se realizó el 22 noviembre de la gestión agrícola 2006, a chorro continuo en líneas con la ayuda de una sembradora manual, con una densidad de 7 kg/ha y distancias entre surcos de 50 cm. Debido a que en el lugar donde se realizó el estudio, existe predominio de vientos fuertes se procedió a la siembra de avena (*Avena sativa*) de 1.0 m de ancho alrededor del cultivo de cañahua para que actué como barrera viva.

5.2.1.6. Labores culturales.

Debido a la prolongada sequía que ocasionó el fenómeno de La “Niña” durante las dos primeras semanas después de la siembra, se realizó la excavación de un pozo de 2.5 m de profundidad y 2 m de diámetro. Posteriormente se procedió al riego manual asperjando con la ayuda de una regadera para asegurar la emergencia y desarrollo uniforme del cultivo. El control de malezas se realizó en tres ocasiones antes y durante la floración, en el momento de la cosecha se evidenció la presencia de plagas ocasionales escarabajo negro (*Epicauta* sp) el control de la misma fue de forma manual.

5.2.1.7. Cosecha.

La cosecha se realizó del 1 al 9 de mayo del 2007, cuando el 70 y 80 % de las plantas cambiaron de coloración y se presentó indicios de la caída de grano, esto se observó sacudiendo las ramas sobre la palma de la mano, posteriormente con la ayuda de una hoz se cortó a nivel del cuello de la planta y se agrupó en parvas sobre manteles para luego secarlo. Una vez trasladada a ambiente apropiado las plantas de cañahua se procedió a frotar ligeramente con las manos para obtener los granos maduros, posteriormente se realizó el arqueo de las plantas para el secado durante 7 días.

5.2.1.8. Trilla.

La trilla se realizó en forma manual golpeando las plantas sobre el mantel utilizando un palo curvo, luego se procedió a retirar las ramas y hojas trilladas, antes de realizar el cernido del grano se retiró la broza con la ayuda de una escoba de paja.

5.2.1.9. Cernido y venteado.

El cernido se realizó con la ayuda de un tamizador para separar los granos de los restos de tallos, hojas e inflorescencias y aprovechando el viento que ayudó a separar el grano del jipi a medida que va cayendo al mantel, posteriormente se embolsó el grano.

5.2.2. Diseño Experimental.

Se utilizó el diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas utilizando cuatro bloques (Calzada 1982).

5.2.2.1. Modelo Estadístico.

La evaluación de los tratamientos se determinó bajo el modelo estadístico siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \varepsilon_a + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_b$$

Donde:

X_{ijk} = Es una observación cualquiera.

μ = Media general del experimento.

β_k = Efecto del k-esimo bloque.

α_i = Efecto del i-esima línea de cañahua.

ε_a = Error de la parcela principal.

γ_j = Efecto del j-esimo abono orgánico líquido.

$(\alpha\gamma)_{ij}$ = Interacción del i-esima línea de cañahua con el j-esimo abono orgánico líquido.

ε_b = Error de la subparcela, error experimental.

5.2.2.2. Factores de ensayo.

Factor A. Líneas de cañahua.

a_1 = Línea Saihua amarilla.

a_2 = Línea Lasta rosada.

Factor B. Abonos orgánicos líquido.

b_1 = Fertisol.

b_2 = Biol.

b_3 = Vigortop (Purín).

b_4 = Testigo.

5.2.2.3. Tratamientos Combinados.

Línea 1 (Saihua amarilla), Fertisol..... $a_1 b_1$

Línea 1 (Saihua amarilla), Biol. $a_1 b_2$

Línea 1 (Saihua amarilla), Vigortop..... $a_1 b_3$

Línea 1 (Saihua amarilla), Testigo..... $a_1 b_4$

Línea 2 (Lasta rosada), Fertisol..... $a_2 b_1$

Línea 2 (Lasta rosada), Biol..... $a_2 b_2$

Línea 2 (Lasta rosada), Vigortop..... $a_2 b_3$

Línea 2 (Lasta rosada), Testigo. $a_2 b_4$

5.2.2.4. Croquis de campo.

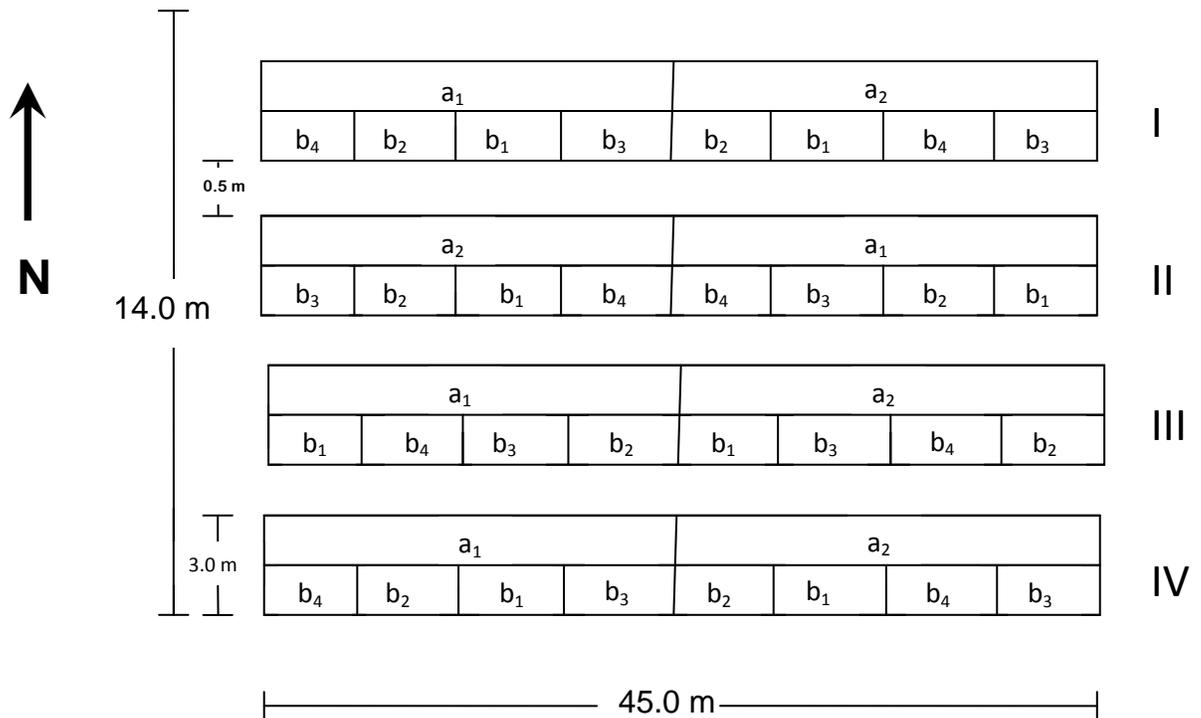


Figura 4. Croquis de campo de la parcela experimental.

5.2.2.5. Características de la parcela experimental.

Área total del experimento.....	630 m ²
Área neta del experimento.....	540 m ²
Número de tratamientos.....	8
Número total de tratamientos.....	32
Área útil del bloque.....	135 m ²
Número de bloques.....	4
Largo del bloque.....	45 m
Ancho del bloque.....	3 m
Pasillo entre bloques.....	0.5 m

5.2.3. Variables de respuesta.

5.2.3.1. Variables agronómicas.

5.2.3.1.1. Altura de planta.

Para medir la altura de la planta se utilizó un flexómetro, midiendo desde el cuello de la planta hasta la parte apical de la planta. Esta variable fue registrada en 5 plantas, muestreadas al azar, de los cuales, los datos individuales fueron promediados y se expresó en cm.

5.2.3.1.2. Rendimiento de fitomasa.

Se procedió a medir el área de 1m^2 de cada tratamiento considerando 2 hileras centrales, descartando los surcos que se encuentran en la parte lateral o linde, posteriormente con la ayuda de una balanza manual se procedió al pesaje del mismo y fue expresado en kg/ha.

5.2.3.1.3. Rendimiento de broza.

El rendimiento en broza se evaluó mediante diferencia entre el peso de la fitomasa seca y el peso de grano expresado inicialmente en g/m^2 , posteriormente transformado a kg/ha.

5.2.3.1.4. Rendimiento de grano.

Para evaluar esta variable primero se realizó el trillado, venteado y el retiro de impurezas de la muestra de cada tratamiento posteriormente se procedió al pesaje del grano puro con la ayuda de una balanza manual.

5.2.3.1.5. Diámetro de grano.

Con la ayuda de un calibrador (vernier) se procedió a medir el diámetro de grano con perigonio de 5 muestras elegidas al azar para cada tratamiento.

5.2.3.1.6. Índice de cosecha.

El índice de cosecha es la proporción relativa entre la producción de grano limpio y el peso total broza y grano (Robles 1986 citado por Quisbert 2003). Para evaluar esta variable se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$\text{IC} = \text{PSG} / (\text{PST} + \text{PSH} + \text{PSG}) * 100$$

Donde: IC = Índice de cosecha.

PSG = Peso seco de grano.

PST = Peso seco de tallo.

PSH = Peso seco de hoja.

5.2.3.1.7. Peso hectolitro.

Para determinar el peso hectolitro se midió en una probeta de 10 ml una muestra de 5 ml de volumen de grano puro de cañahua, posteriormente se procedió al pesaje del mismo con la ayuda de una balanza de precisión, obteniendo el peso en g de cada muestra y se transformó a kg por 100 litros de volumen. El peso hectolítrico se determinó a partir de la siguiente ecuación matemática.

$$\text{PH} = \text{PG} / \text{VG}$$

Donde: PH = Peso hectolitro.

PG = Peso grano (kg).

VG = Volumen (l).

5.2.3.2. Variables del análisis económico.

5.2.3.2.1. Presupuesto parcial.

Para la evaluación del presupuesto parcial, se realizó de acuerdo al CIMMYT (1988), para ello se efectuó el cálculo de: costos que varían, beneficio bruto, beneficio neto, análisis de dominancia y curva de beneficios netos.

5.2.3.2.2. Costos que varían.

Los costos que varían se realizó de acuerdo al presupuesto de la empresa BIOTOP srl. (2006) para el caso del fertisol y vigortop. Para el biol se consideró los insumos y materiales utilizados en su preparación y mano de obra para la aplicación de los

biofertilizantes, no se incluyó los costos de preparación del suelo, semilla, cosecha y post cosecha, debido a que fue similar para todos los tratamientos. El rendimiento ajustado de cada tratamiento, se realizó al 15 %, el precio de campo para el presente trabajo fue de 7 Bs/kg.

5.2.3.2.3. Beneficio bruto.

Para hallar el beneficio bruto se utilizó la siguiente ecuación matemática:

$$BB = P * R$$

Donde BB = Beneficio bruto.

P = Precio de campo del producto.

R = Rendimiento promedio ajustado por tratamiento.

5.2.3.2.4. Beneficios netos.

Se cálculo mediante la siguiente ecuación matemática:

$$BN = BB - TC$$

Donde: BN = Beneficio neto.

BB = Beneficio bruto.

TC = Total de costos que varían en el experimento.

5.2.3.2.5. Análisis de dominancia.

Para hallar el análisis de dominancia, se efectuó el ordenamiento de mayor a menor de los beneficios netos y de los costos que varían.

5.2.3.2.6. Curva de beneficios netos.

En la curva de beneficios netos se colocaron los beneficios netos no dominados de cada tratamiento, los costos variables, identificando las alternativas que no son dominadas y se unen con una línea formando una pendiente positiva.

6. RESULTADOS Y DISCUSION.

6.1. Precipitación pluvial.

En la Figura 5, se observa el comportamiento de las precipitaciones pluviales registradas en la Estación Pucarani (Provincia Los Andes), durante la gestión agrícola 2006-2007. En noviembre la precipitación registrada fue de 85.6 mm, en diciembre disminuye a 36,7 mm en este mes se procedió al riego por aspersión para ayudar la germinación y crecimiento uniforme del cultivo, posteriormente en enero se incrementa a 115,2 mm favoreciendo el crecimiento y desarrollo de los órganos vegetativos, en febrero disminuyó a 53 mm, en marzo aumenta a 98,1 mm llegando a descender en abril y mayo con 30 y 16,6 mm respectivamente (SENAMHI, 2006).

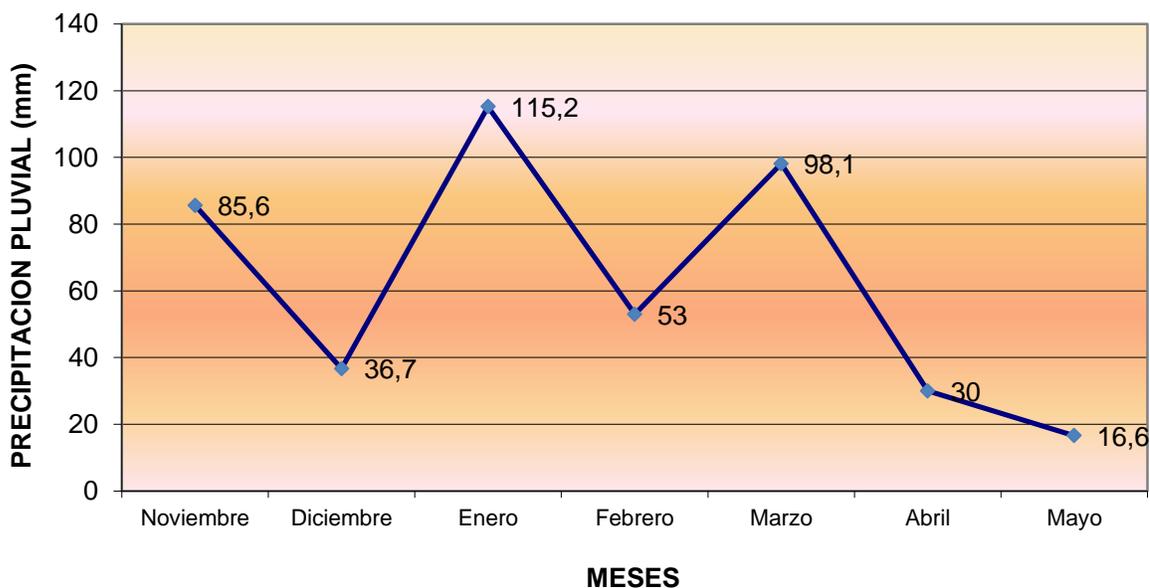


Figura 5. Variación de las precipitaciones pluviales en la gestión agrícola 2006-2007 registradas en la Estación Pucarani del Departamento de La Paz (Provincia Los Andes).

La Figura 5, muestra una precipitación acumulada de noviembre a mayo de 435,2 mm menor al requerimiento del cultivo de 500 a 800 mm/año de acuerdo a la (FAO, 1992).

6.2. Temperatura.

En la figura 6, se muestra las temperaturas desde el mes de noviembre de 2006 a mayo de 2007.

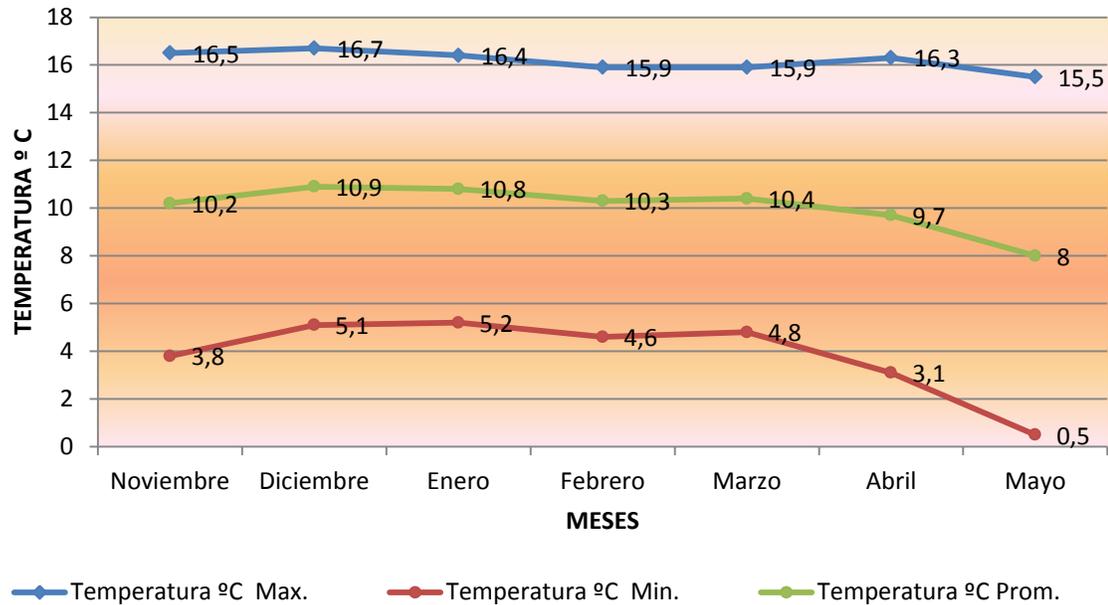


Figura 6. Temperaturas máximas, mínimas y promedios, durante la gestión agrícola de noviembre 2006 a mayo 2007.

En la figura 6, se observa que las temperaturas máximas oscilaron entre 15,5 a 16,7 °C, en diciembre se registró la temperatura máxima de 16,7 °C y la mínima en mayo de 0,5 °C, asimismo la temperatura promedio varía entre 8 a 10,9 °C.

Las temperaturas que se reportaron no afectaron en el crecimiento y desarrollo en el cultivo debido a que es tolerante a temperaturas de -10 °C.

6.3. Suelo.

El suelo donde se realizó el ensayo presenta una profundidad efectiva de 0.35 m, de acuerdo al análisis físico-químico efectuado por el IBTEN muestra los siguientes resultados en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados del análisis de suelo.

CARACTERISTICAS	CANTIDAD
Matéria orgánica	5.27 %
pH	6.14
Nitrógeno total	0.33 %
Fósforo	16.52 ppm
Potasio	0,61 meq/100g de suelo
CIC	24.25 meq/100g de suelo
%SB	99.6
Clase textural	Arcillosa
Arena	9 %
Limo	33 %
Arcilla	58 %

Fuente: IBTEN (2006).

Dentro de las propiedades físicas: presenta una clase textural arcillosa, con 9 % de arena, 33% de limo y 58 % de arcilla. Para el cultivo de cañahua un suelo arcilloso dificulta la aireación y disminuye la porosidad del suelo, porque requiere una textura que varíe entre areno-arcilloso a franco arcilloso. Por otro lado suelos arcillosos tienen la capacidad de retener agua y nutrientes de forma asimilable para las plantas (Yuste, 1997).

Con relación a las propiedades químicas: el contenido de materia orgánica es de 5.27% de acuerdo a Chilon (1997), representa un contenido alto de materia orgánica en el suelo, que favorece los procesos biológicos del suelo a través de la descomposición, mineralización de la materia orgánica y liberación de nutrientes. Para la cañahua es adecuado, debido a que requiere de suelos con buen contenido de materia orgánica.

Guerrero (1996), señala que valores mayores al 5% en suelos arcillosos la materia orgánica se considera muy alto y es importante en su estructura, incrementando el CIC, que influye en la actividad biológica, asimilación del fósforo y es fuente de gas carbónico necesario para la solubilización de nutrientes.

IGAC (2002), considera que suelos que presentan un pH de 6.14 son ligeramente ácidos, favoreciendo la proliferación de microorganismos descomponedores de la materia orgánica, mineralización de nutrientes, absorción del N_2 , P_2O_5 , K_2O , Mg y Ca a través del sistema radicular de las plantas.

Guerrero (1996), menciona que la disposición, asimilación del nitrógeno por parte de las plantas se encuentra entre un pH de 6 a 8, asimismo el fósforo esta disponible a un pH de 6,6 a 7,5 y finalmente el potasio a un pH mayor a 6.0. El pH es favorable para el cultivo de cañahua debido a que requiere un rango entre 4.5 a 8.5.

El nitrógeno total es de 0.33%, IGAC (2002) menciona que este porcentaje es considerado como un valor muy alto. Para el cultivo de cañahua es favorable por que requiere de buen contenido de nitrógeno en el suelo.

El fósforo disponible asimilable es de 16.52 ppm según Chilon (1997), este valor representa un contenido alto. Al respecto Guerrero (1996), menciona que el fósforo tiene influencia en las primeras fases de crecimiento debido a que participa en los proceso metabólicos y es incorporado a compuestos orgánicos, asimismo favorece el desarrollo radicular, fructificación y fecundación.

Asimismo Bellapart (1996), sostiene que a un pH de 6 a 7, el fósforo se encuentra formando el fosfatomonocalcico que es la forma más soluble de absorción por las plantas.

El potasio intercambiable es de 0.61 meq /100 g de suelo. IGAC (2002), indica que valores mayores a 0.4 meq /100 g de suelo se considera alto. Bellapart (1996), señala que el potasio es necesario en la síntesis de almidones, azúcares y en la resistencia natural frente al ataque de plagas y enfermedades.

La capacidad de intercambio cationico (CIC) es de 24.25 meq/100 g suelo, de acuerdo a Chilon (1997), este valor es muy alto, permite al suelo retener e intercambiar elementos minerales, lo cual evita que se pierdan y logran mantener la fertilidad del suelo.

Powers y Mcsorley (2001), mencionan que un CIC alto, permite retener partículas de carga positiva y que está disponible para ser intercambiado, los iones se encuentran

ligados a las partículas del suelo que se liberan fácilmente en la solución del suelo y está disponible para la absorción de las plantas.

El porcentaje de saturación de bases (%SB) es 99.6%, según los parámetros establecidos mencionados por Chilon (1997), valores mayores a 80% se considera alto. Bellapart (1996), complementa señalando si el %SB (Porcentaje de Saturación de Bases) se acerca a 100, el suelo es alcalino y está se refiere a las proporciones absorbidas e intercambiados en el complejo arcillo-húmico.

6.4. Biol.

El análisis químico del biol se realizó en la Institución IBTEN y los resultados se muestran en el cuadro 8.

Cuadro 8. Resultados del análisis químico del biol.

Características	Cantidad
Matéria orgánica	0.83 %
pH	6.89 %
Carbono orgánico	0.48 %
C.E.	6.73 mS/cm
Nitrógeno	0.08 %
Fósforo	0.027 %
Potasio	0.049 %
C/N	6.0

Fuente: IBTEN (2006).

En el Cuadro 8, se observa que el biol contiene 0.83 % de materia orgánica, de acuerdo a Chilon (1997), es un porcentaje bajo, lo cual indica que el aporte de nutrientes particularmente de nitrógeno al suelo no ha sido significativo.

El nitrógeno total es de 0.08%, presenta un contenido bajo, el aporte de nitrógeno del biol al suelo y al cultivo no es significativo. Asimismo el fósforo disponible de 0.027 % y el potasio intercambiable con un contenido de 0.049 % presentan valores bajos (Chilon 1997).

Fuentes (1999), indica que cuando se utiliza fertilizantes foliares no se suele aplicar la cantidad exacta de nitrógeno, fósforo y potasio, debido a que para suministrar la cantidad requerida haría falta hacer un número elevado de aplicaciones, estas

pulverizaciones se pueden considerar únicamente como un complemento del abonado del suelo.

El pH del biol es de 6.89, según Chilon (1997), indica que es neutro. Grupo Latino (2006), señala que la acidez del biol (pH) debe ser alrededor de 7.

El carbono orgánico de 0.48% permite conocer el grado de descomposición de la materia orgánica mediante la relación carbono/ nitrógeno. La relación C/N es de 6.0 según Chilon (1997), menciona que valores próximos a 10 la materia orgánica se encuentra en equilibrio, lo cual representa que existe suficiente nitrógeno para los microorganismos que descomponen la materia orgánica sin recurrir al nitrógeno del suelo.

La conductividad eléctrica (C.E.) es 6.73 mS/cm de acuerdo Chilon (1997), presenta un contenido medio de sales, este valor indica que el biol presenta un ligero problema en el contenido de sales y para su aplicación se debe diluir en mayor volumen de agua para no afectar al desarrollo del cultivo.

Con los resultados obtenidos por el IBTEN, la muestra de biol no aporta de manera significativa los macronutrientes nitrógeno, fósforo, potasio al cultivo y al suelo. Sin embargo las propiedades microbiológicas presentes en este abono orgánico líquido hacen que su modo de acción sea como fuente de fitohormonas, asimismo aporta sustancias orgánicas como vitaminas, enzimas, ácidos orgánicos. Al respecto Grupo Latino (2006), indica que el biol contiene fitoreguladores a diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades que es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas.

6.5. Análisis estadístico de las variables de respuesta.

6.5.1. Altura de planta.

En el cuadro 9, se aprecia los resultados de altura de planta del cultivo de cañahua.

Cuadro 9. Análisis de varianza de altura de planta.

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M	F.C.	Prob.> F
Bloques	3	18.21	6.07	0.26	0.85 ns
Líneas	1	19.22	19.22	0.84	0.43 ns
Error (A)	3	68.87	22.95		
Abonos líquidos	3	4.86	85.47	8.19	0.0012 **
Líneas * abonos líquidos (A*B)	3	256.41	1.62	0.16	0.93 ns
Error (B)	18	187.82	10.43		
Total	31	555.38			

Gl=Grados de Libertad SC= Suma de Cuadrados CM= Cuadrado Medio FC=F Calculado ** =Altamente significativo
ns= no significativo

CV = 5.88%

De acuerdo al Cuadro 9, en el análisis de varianza se muestra que no existen diferencias significativas entre bloques, lo cual indica que el diseño pierde precisión, asimismo no existen diferencias significativas entre los promedios de altura de planta para líneas de cañahua. Por otro lado existen diferencias altamente significativas para el factor B que corresponde a los abonos líquidos, reflejando que la aplicación de los biofertilizantes tuvo efectos diferentes en la altura de planta.

En la interacción líneas por abonos líquidos no existen efectos significativos, ambos factores son independientes en la altura de planta. El coeficiente de variación es de 5.88% valor menor al 30% se considera confiable y aceptable para ensayos en campo.

6.5.1.1. Promedios de altura de planta con la aplicación de abonos líquidos.

En la Figura 7, se observan los promedios de altura de planta para abonos líquidos y la prueba de Duncan (5%), donde la aplicación con biol fue superior con 59.6 cm y es distinta estadísticamente respecto al fertisol con 54.5 cm, al vigortop con 53.1 cm y al testigo con 52.3 cm. Los biofertilizantes fertisol, vigortop tienen efectos similares al testigo.

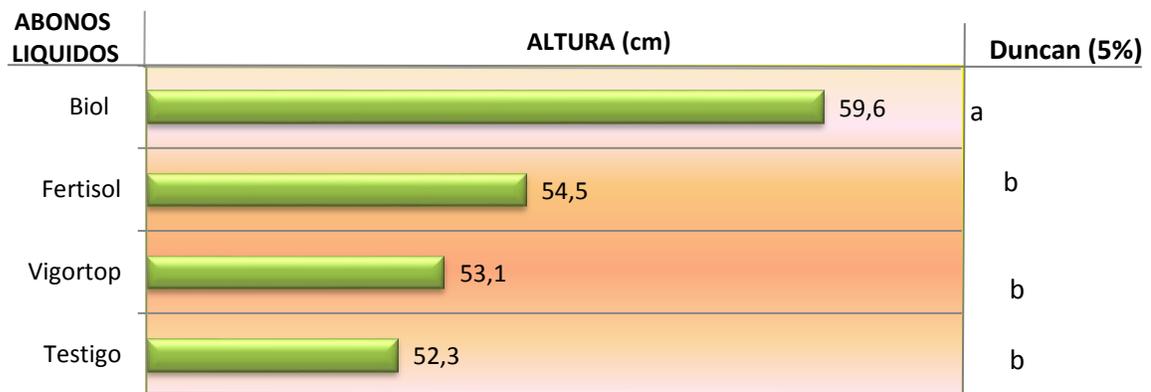


Figura 7. Altura de planta para abonos líquidos.

En la misma Figura, se observa el incremento en altura de planta mediante la aplicación de los abonos orgánicos líquidos donde, el vigortop y el fertisol presentan valores similares al testigo. Con la aplicación de biol se obtiene diferencias, debido a la presencia de fitohormonas que muestran ciertas propiedades microbiológicas que estimula a un mayor desarrollo radicular y absorción de nutrientes del suelo que influye en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Asimismo puede atribuirse al uso de adherente (jugo de sábila) que permitió un mayor tiempo de contacto entre el biofertilizante y la lámina de hoja, que es absorbido de manera eficiente y es traslocado a través de la cutícula al interior de la planta. La aplicación del biol al follaje permitió una mayor asimilación de los nutrientes por la planta, debido a que las hojas pequeñas están en continuo desarrollo, al respecto Chilon (1997), menciona que las hojas jóvenes tienen una mayor capacidad de absorción que las hojas viejas.

Mejia (2002), indica que el biol mejora la actividad biológica del suelo, actúa como hormona vegetal (fitohormona) y contiene ácido indolacético (A.I.A), giberelinas, purinas, tiamina, piridoxina, ácido nicótico, riboflavina, cobalamina, ácido ascórbico, cisteína, triptófano que influyen en el crecimiento y desarrollo de la planta.

Al comparar con Choque (2005), que reporta altura de plantas de 49.8 cm aplicando 10 t/ha de estiércol de llama. Este resultado es inferior al registrado en el presente trabajo, probablemente se deba al riego aplicado durante la germinación y emergencia, asociado a los factores climáticos, fertilidad del suelo, que favorecen al crecimiento y desarrollo del cultivo para obtener mayor altura de planta.

6.5.1.2. Altura de planta para líneas de cañahua.

En el Cuadro 10, se observa los promedios de altura de planta, para líneas de cañahua; donde los resultados obtenidos en las dos líneas de cañahua son similares estadísticamente, esto debido a las características genéticas que presentan ambas líneas influenciadas por las condiciones ambientales del lugar y las características físico-químico del suelo.

Cuadro 10. Promedios de altura de planta por líneas de cañahua.

Líneas de Cañahua	Promedios (cm)
Saihua amarilla	55.66
Lasta rosada	54.11

Mamani (2003), menciona que la altura de planta para el ecotipo Saihua está asociada al número y longitud de ramas basales, lo que significa que a mayor número de ramas y con un desarrollo longitudinal, la planta presenta mayor altura.

Al respecto Quisbert (2003), reporta altura de planta de 49.1 cm en el ecotipo Saihua y 43.07 cm en el ecotipo Lasta en el Altiplano Central (Tiahuanaco), asimismo Choque (2005), reporta altura de planta del ecotipo Saihua y Lasta de 48.3 y 39.1 cm.

En el presente trabajo se obtuvo una mayor altura de planta frente a otros estudios realizados, posiblemente se deba al riego que se aplicó que de alguna manera favorecieron en la germinación, crecimiento y desarrollo uniforme del cultivo, además las precipitaciones pluviales durante la fase de ramificación influyeron en el crecimiento del tallo, ramas primarias y secundarias que ocasionó un mayor desarrollo de follaje, fortaleciendo a los órganos vegetativos y raíces a ello se añade la implementación de barreras vivas con la avena.

Mújica y Quillahuaman (1989) citado por Tapia (1997), indica que la cañahua requiere de una humedad adecuada durante los primeros 20 días después de la germinación.

De acuerdo al SENAMHI (2006), se reportó una precipitación pluvial durante la fase de ramificación de 115 mm que corresponde a enero, favoreciendo al crecimiento vigoroso de la planta. Al respecto Molina (1978), indica que las plantas de cañahua tienen el

índice de crecimiento relativo (I.C.R.), valores altos al comienzo del ciclo vegetativo, luego decrece rápidamente y finalmente se mantiene constante a la madurez fisiológica.

Cano (1973), complementa indicando que existe mayor crecimiento en la fase de ramificación hasta la fase de formación de grano lechoso, a partir de la formación de grano lechoso el crecimiento es lento hasta su plena maduración.

La implantación de barreras vivas de avena alrededor del cultivo crea un microclima que evita el descenso brusco de temperatura y permite disminuir la velocidad del viento, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de la planta, que permitió obtener mayor altura de planta. Al respecto Carretero (2002), indica que el viento incrementa la transpiración del cultivo, y con ello los requerimientos hídricos son mayores y con el tiempo pueden llegar a marchitar a la planta, también puede ocasionar daños a la planta por roturas.

Las características físicas, químicas y biológicas del suelo permiten un adecuado crecimiento y desarrollo de los órganos vegetativos, de acuerdo al análisis de laboratorio IBTEN (2006), presenta un alto contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y Capacidad de Intercambio Cationico. Al respecto IGAC (2002), menciona que la capacidad para retener cationes de un suelo es determinado por la fertilidad y es absorbida por la planta para su crecimiento y desarrollo. Por lo anteriormente señalado hacen que el cultivo manifieste sus características genéticas que se refleja en una mayor altura de planta.

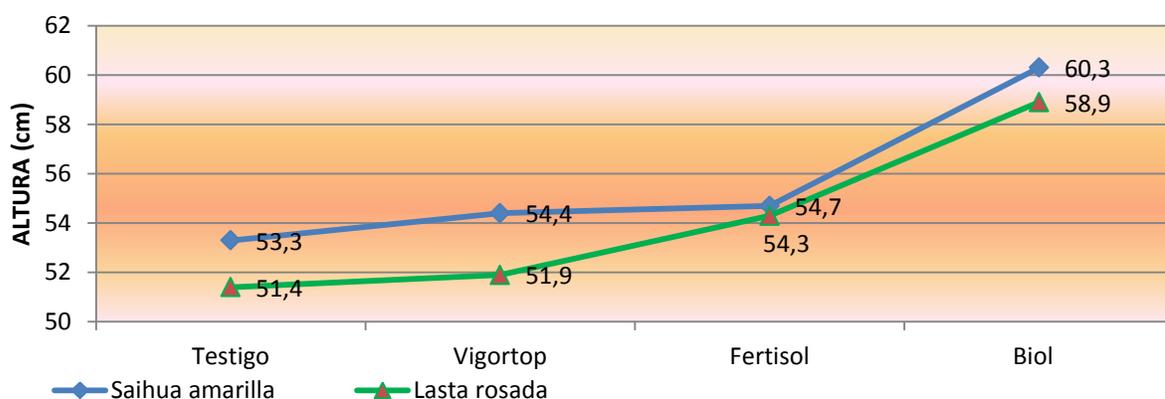


Figura 8. Representación gráfica de promedios de altura de planta entre líneas mediante la aplicación de abonos líquidos.

En la Figura 8, se observa que la línea Saihua amarilla presenta mayor altura de planta respecto a la línea Lasta rosada, también se evidencia diferencias de altura de planta del biol respecto al vigortop, fertisol y al testigo.

6.5.2. Rendimiento de fitomasa (kg/ha).

A continuación se presenta los resultados de rendimiento de fitomasa de cultivo de cañahua y la prueba de Duncan para abonos líquidos.

Cuadro 11. Análisis de varianza de rendimiento de fitomasa.

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M	F.C.	Prob.> F
Bloques	3	1445360.5	481786.8	1.06	0.482 ns
Líneas	1	3234060.2	3234060	7.11	0.076 ns
Error (A)	3	1364952.8	54984.28		
Abonos líquidos	3	16116793	5372264	16.4	0.0001 **
Líneas * abonos líquidos (A*B)	3	16482569	5494189	16.8	0.0001 **
Error (B)	18	5881761.8	326764.5		
Total	31	44525497			

Gl=Grados de Libertad SC= Suma de Cuadrados CM= Cuadrado Medio FC= F Calculado **=Altamente significativo ns= no significativo

CV = 7.48 %

En el Cuadro 11, se observa que no existen diferencias significativas entre bloques, indica que las condiciones del medio donde se desarrolló el cultivo fueron homogéneas, por lo tanto el diseño pierde precisión.

Por otro lado no existen diferencias significativas entre los rendimientos de fitomasa en las dos líneas de cañahua presentando un comportamiento similar, asimismo existen diferencias altamente significativas entre abonos líquidos en el rendimiento de fitomasa, refleja que la aplicación de los biofertilizantes obtuvo efectos favorables en el rendimiento de fitomasa.

En la interacción líneas de cañahua por abonos líquidos presenta alta significancia, indica que los dos factores en estudio son dependientes en el rendimiento de fitomasa. Se presenta un coeficiente de variación de 7.48%, de acuerdo a Calzada (1982), este valor es aceptable y confiable para ensayos de campo.

6.5.2.1. Rendimiento de líneas de cañahua.

En el Cuadro 12, se observa los promedios de rendimiento de fitomasa, para líneas de cañahua; donde las dos líneas de cañahua son similares estadísticamente, esta característica es determinada por el potencial genético de cada línea. Al respecto Grupo Latino (2006), menciona que el desarrollo fisiológico, como la capacidad productiva de los cultivos dependen del potencial genético de los cultivares asociado al clima.

Cuadro 12. Promedios de rendimiento de fitomasa por líneas de cañahua.

Líneas de Cañahua	Promedios (kg/ha)
Lasta rosada	7951
Saihua amarilla	7315

En el mismo Cuadro, se observa que existe diferencias pero que no logran ser significativas, sin embargo la línea Lasta rosada presenta rendimientos de fitomasa superiores debido a su morfología, hábito de crecimiento postrado con ramas laterales decumbentes que alcanzan a las ramas centrales, debido a esta forma de crecimiento, las plantas tienen mayor área de cobertura foliar con mayor número y diámetro de ramas, que influye en el rendimiento de fitomasa.

La línea Saihua amarilla de crecimiento erecto con ramificaciones paralelas al tallo principal de ramas delgadas proporciona menor desarrollo de follaje tiene poca cobertura foliar que repercute en el rendimiento de fitomasa.

Al comparar con Choque (2005), que reporta rendimiento de 6671 kg/ha en el ecotipo Lasta y 5141 kg/ha en el ecotipo Saihua, en el presente estudio se obtienen rendimientos de fitomasa superiores, debido al riego aplicado durante los primeros 15 días que influye de manera significativa en un mayor porcentaje de germinación y crecimiento uniforme, además la planta desarrolla ramas con tallos más vigorosos, asimismo la implantación de barreras vivas, la fertilidad del suelo y la precipitación pluvial permite mayor producción de fitomasa.

A su vez Copeticona (1999), reporta rendimiento de fitomasa de 7739 kg/ha en el ecotipo Saihua y 7635 en el ecotipo Lasta, Quispe (1999) reporta rendimiento de 9883

kg/ha en el ecotipo Lasta y 7143 kg/ha en el ecotipo Saihua. Mamani (1994), obtuvo rendimiento de 6598 kg/ha en el ecotipo Saihua y 5754 kg/ha en el ecotipo Lasta.

Estos resultados comparados con Copeticona (1999) y Mamani (1994), son contrarios en sentido que en el presente estudio el mayor rendimiento de fitomasa se obtuvo en la línea Lasta rosada.

6.5.2.2. Promedios de rendimiento de fitomasa para abonos líquidos.

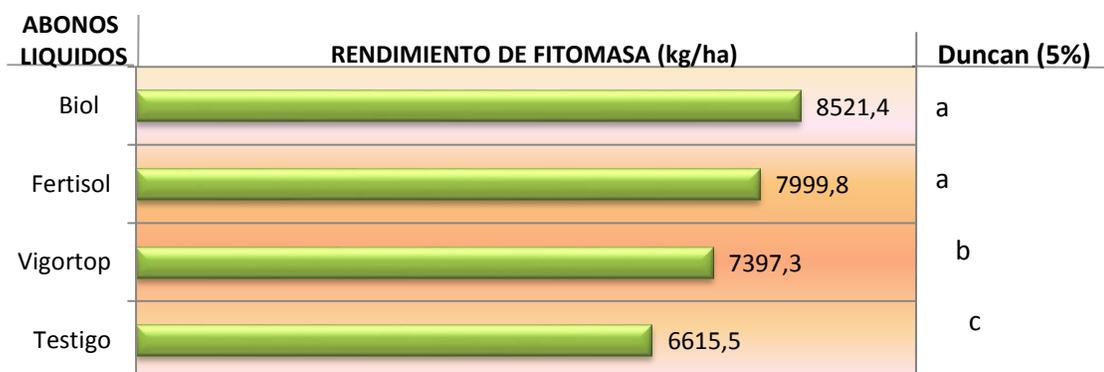


Figura 9. Rendimiento de fitomasa en abonos líquidos.

En la Figura 9, se observan los promedios de rendimiento de fitomasa por abonos líquidos y la prueba de Duncan (5%), donde la aplicación con biol y fertisol tienen mayor rendimiento de fitomasa con 8521.4 y 7999.8 kg/ha siendo superiores y diferentes estadísticamente con respecto al vigortop con 7397.3 kg/ha y al testigo con 6615.5 kg/ha, asimismo el vigortop es distinto al testigo con menor rendimiento de fitomasa.

En la misma Figura, se muestra el incremento de rendimiento de fitomasa mediante la aplicación de biol y fertisol presentando un efecto favorable al obtener mayor rendimiento de fitomasa, probablemente se debe a que los biofertilizantes elaborados con estiércol de vaca presentan propiedades microbiológicas que son fuente de fitohormonas e intervienen en la formación de hojas y crecimiento de follaje.

Al respecto Mejia (2002), indica que el biol actúa como hormona vegetal que provoca el aumento en el número y diámetro de las raíces, importante en la transferencia de los nutrimentos del suelo hacia la planta, mejorando la capacidad de absorción y resistencia a las condiciones del medio influyendo en el rendimiento de fitomasa.

Restrepo (2002), menciona que los biofertilizantes con estiércol de vaca al aplicarse a la planta mejora la biodiversidad y cantidad microbológica en el suelo, que influye en el desbloqueo diversificado de muchos nutrientes que no se encuentran disponibles para los cultivos, además de mejorar la estructura del suelo, aumenta la Capacidad de Intercambio Cationico.

Al comparar con estudios mediante la aplicación de abonos orgánicos Mamani (1994), reporta rendimiento de fitomasa de 6118 kg/ha y Quispe (1999), reporta rendimiento de fitomasa de 9976 kg/ha al aplicar 12.5 t/ha de estiércol. A su vez Choque (2005), reporta rendimiento de fitomasa de 6280 kg/ha al aplicar 10 t/ha de estiércol de llama. Los resultados obtenidos en el presente ensayo se encuentran dentro del rango y son corroborados por otros trabajos.

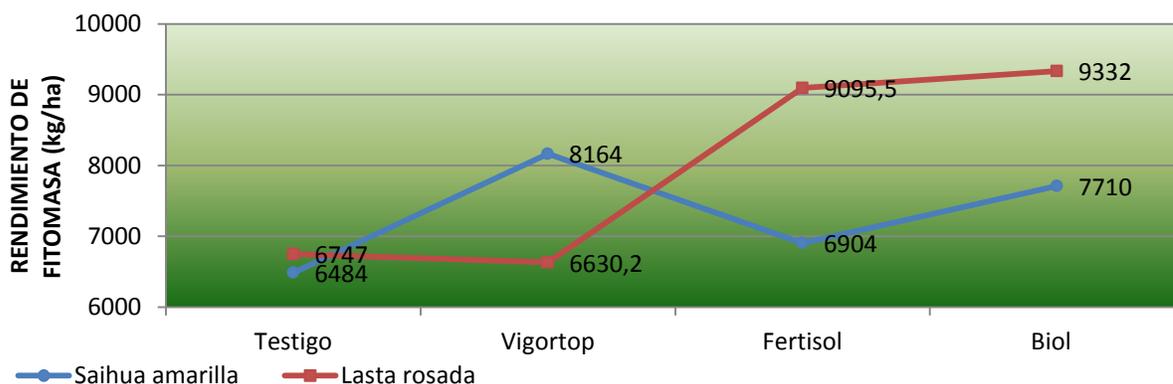


Figura 10. Interacción de líneas de cañahua por abonos líquidos para el rendimiento de fitomasa.

En la Figura 10, se observa diferencias al aplicar vigortop, en la línea Saihua amarilla con mayor rendimiento de fitomasa, al adicionar fertisol se incrementa el rendimiento de fitomasa en la línea Lasta rosada y disminuye en la línea Saihua amarilla. Con el uso del biol hay un incremento en la producción de fitomasa en las dos líneas y en el testigo no presentan diferencias en el rendimiento de fitomasa, la aplicación de fertisol, biol y vigortop tuvieron efectos en las dos líneas de cañahua.

6.5.3. Rendimiento de broza (kg/ha).

A continuación se presenta los resultados de rendimiento de broza de cultivo de cañahua y la prueba de Duncan para abonos líquidos y líneas.

Cuadro 13. Análisis de varianza de rendimiento de broza.

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M	F.C.	Prob.> F
Bloques	3	1259521.8	419840.61	2.54	0.232 ns
Líneas	1	1971601.5	1971601.5	11.9	0.0408 *
Error (A)	3	495719.09	165239.7		
Abonos líquidos	3	9677414.3	3225804	14.7	0.0001 **
Líneas*abonos líquidos (A*B)	3	10814255	3604751.8	16.5	0.0001 **
Error (B)	18	3927999.3	218222.18		
Total	31	28146512			

Gl=Grados de libertad SC= Suma de Cuadrados CM=Cuadrado Medio FC=F Calculado **=Altamente significativo
 *=significativo ns= no significativo

$$CV = 8.95 \%$$

De acuerdo al análisis de varianza del Cuadro 13, se observa que no existen diferencias significativas entre bloques, el diseño pierde precisión. Para el factor líneas existen diferencias significativas sobre el rendimiento de broza. Asimismo existe diferencias altamente significativas para los abonos líquidos, por lo tanto la aplicación del biol, fertisol y vigortop tienen efecto en el rendimiento de broza.

En la interacción líneas por abonos líquidos presentan diferencias altamente significativas, lo cual representa que los dos factores en estudio son dependientes en el rendimiento de broza. El coeficiente de variación es 8.95%, se considera confiable y aceptable para ensayos en campo (Calzada 1982).

6.5.3.1. Rendimiento de líneas de cañahua.



Figura 11. Rendimiento de broza en líneas de cañahua.

En la Figura 11, se observan los promedios de rendimiento de broza para líneas de cañahua y la prueba de Duncan (5%), donde la línea Lasta rosada es superior en rendimiento de broza con 5467.6 kg/ha siendo diferente estadísticamente respecto a la línea Saihua amarilla con un rendimiento de broza de 4971.2 kg/ha, las diferencias en el rendimiento de broza, pueden deberse a las características morfológicas y genéticas propias de cada línea.

Probablemente la línea Lasta rosada presenta mayor rendimiento de broza debido a las características morfológicas y hábito de crecimiento, lo cual permite obtener mayor área de cobertura vegetativa que favorece el proceso de fotosíntesis, mejorando así el desarrollo foliar.

La línea Saihua amarilla de crecimiento erecto, presenta poca área de cobertura vegetativa con ramas delgadas y en menor cantidad ocasionando menor desarrollo foliar, también tiene la característica de que las hojas basales se caen cuando llega la madurez fisiológica que influye en el rendimiento de broza.

Al respecto Choque (2005), obtuvo rendimientos de 4769 kg/ha en el ecotipo Lasta y en el ecotipo Saihua de 2983 kg/ha. Al comparar con el rendimiento de broza del presente trabajo estos resultados son inferiores, probablemente se deba al riego efectuado durante la emergencia que favoreció el crecimiento uniforme y las precipitaciones pluviales durante la fase de ramificación, asimismo la fertilidad del suelo que presenta un contenido

alto de N₂, K₂O, P₂O₅ y materia orgánica favoreciendo el crecimiento vegetativo de la planta que permitieron un mayor rendimiento de broza.

Por otra parte Copeticona (1999), reportó rendimiento de broza de 6289 kg/ha en el ecotipo Saihua y en el ecotipo Lasta de 5254 kg/ha. Asimismo Quispe (1999), obtuvo un rendimiento de broza de 7651 kg/ha en el cultivar Lasta y en el cultivar Saihua de 5510 kg/ha, estos valores son superiores al presente trabajo, debido a que durante la floración y formación de la inflorescencia se evidenció la presencia de granizadas que ocasionaron la caída de hojas en un 20% del ecotipo Saihua y 15 % en el ecotipo Lasta que afectaron en el rendimiento de broza.

6.5.3.2. Rendimiento de broza con abonos líquidos.

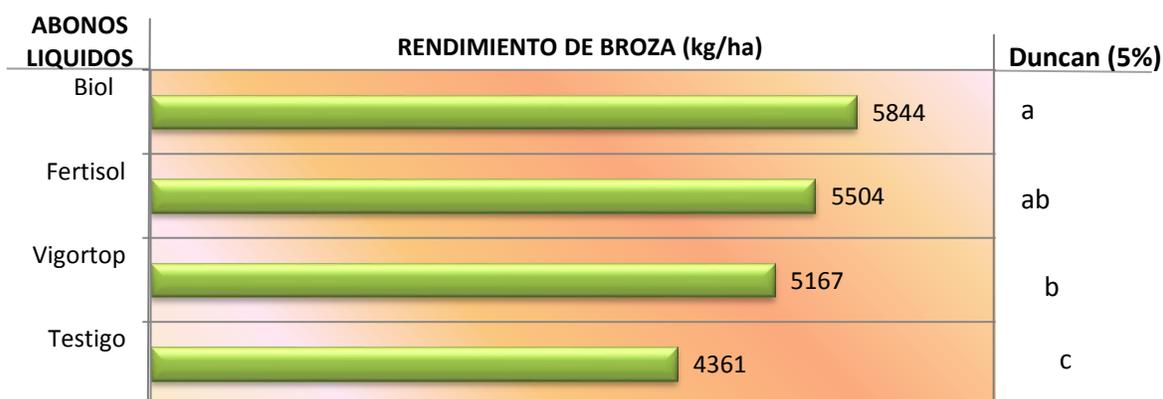


Figura 12. Rendimiento de broza en abonos líquidos.

En la Figura 12, se observan los promedios de rendimiento de broza para abonos líquidos y la prueba de Duncan (5%), donde la aplicación con biol fue superior con 5844 kg/ha y es diferente estadísticamente respecto al vigortop con 5167 kg/ha y al testigo con 4361 kg/ha. El fertisol, vigortop y el biol son similares entre si y diferente al testigo. El biol muestra mayor rendimiento de broza, debido a la presencia de sustancias orgánicas, vitaminas, hormonas y nutrientes aunque en baja cantidad estimula al desarrollo de los órganos vegetativos que influyen en el rendimiento de broza.

Restrepo (2002), menciona que el biol actúa al interior de la planta activando el fortalecimiento del equilibrio nutricional como un mecanismo de defensa a través de los ácidos orgánicos, enzimas, carbohidratos, aminoácidos, fitohormonas, vitaminas y minerales. Grupo Latino (2006), señala que el biol es una fuente de fitoreguladores a

diferencia de los nutrientes, en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas.

Quispe (1999), reportó rendimiento de broza de 7808 kg/ha, al aplicar 15 t/ha de estiércol, a su vez Choque (2005), obtuvo un rendimiento de broza de 6280 kg/ha al aplicar 10 t/ha de estiércol de llama. Los resultados anteriormente citados son superiores a los registrados en el presente trabajo, probablemente las condiciones climáticas con la presencia de granizadas afectaron al cultivo durante la fase de formación de la inflorescencia, con la caída de hojas en un 30% en el ecotipo Lasta y 25 % en el ecotipo Saihua.

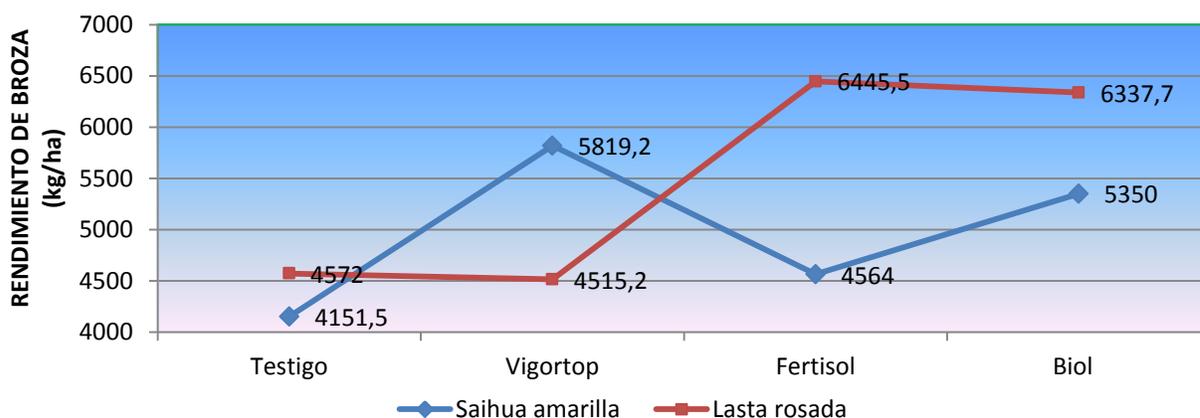


Figura 13. Interacción de líneas de cañahua por abonos líquidos para el rendimiento de broza.

En la Figura 13, se observa que la aplicación de vigortop en la línea Saihua amarilla tiene mayor rendimiento de broza respecto a la línea Lasta rosada. El vigortop, fertisol y el biol presentan diferencias en el rendimiento de broza en las líneas Saihua amarilla y Lasta rosada.

6.5.4. Rendimiento de grano.

A continuación se presenta los resultados de rendimiento de grano de cultivo de cañahua y la prueba de Duncan para abonos líquidos.

Cuadro 14. Análisis de varianza del rendimiento de grano.

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M	F.C.	Prob.> F
Bloques	3	99984.38	33328.13	0.36	0.788 ns
Líneas	1	155403.13	155403.13	1.68	0.285 ns
Error (A)	3	277509.38	92503.13		
Abonos líquidos	3	1084234.3	361411.46	8.21	0.001 **
Líneas * abonos líquidos (A*B)	3	998659.38	332886.46	7.56	0.001 **
Error (B)	18	792381.25	44021.18		
Total	31	408171.8			

Gl=Grados de Libertad SC= Suma de Cuadrados CM= Cuadrado Medio Fc= F Calculado ** Altamente significativo ns no significativo

CV = 8.69 %

En el Análisis de Varianza del Cuadro 14, se observa que no existen diferencias significativas entre bloques, el ensayo no gana precisión, asimismo no existen diferencias significativas sobre el rendimiento de grano, en las dos líneas de cañahua presentando un comportamiento similar. También existen diferencias altamente significativas para abonos líquidos, refleja que la aplicación de los biofertilizantes tuvieron efectos favorables en el rendimiento de grano.

Asimismo existen diferencias altamente significativas para la interacción líneas por abonos líquidos, lo cual representa que el abono líquido influye en las líneas de cañahua y viceversa por lo tanto ambos factores no son independientes en el rendimiento de grano. Se presenta un coeficiente de variación de 8.69%, lo cual refleja que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

6.5.4.1. Rendimiento de grano para líneas de cañahua.

En el Cuadro 15, se observa los promedios de rendimiento de grano, para líneas de cañahua; las dos líneas de cañahua no presentan diferencias estadísticamente significativas, teniendo un comportamiento similar.

Cuadro 15. Promedios de rendimiento de grano para líneas de cañahua.

Líneas de Cañahua	Promedios (kg/ha)
Lasta rosada	2483.8
Saihua amarilla	2344.4

En el mismo Cuadro, se evidencia diferencias que no logran ser significativas entre ambas líneas, sin embargo la línea Lasta rosada presenta mayor rendimiento de grano debido a las características morfológicas y hábito de crecimiento, con muchas ramificaciones, que permite obtener mayor cobertura foliar, ramas laterales de mayor diámetro y longitud, favoreciendo la fotosíntesis.

La línea Saihua amarilla de crecimiento erecto con ramas de menor diámetro y longitud, presenta menor área de cobertura vegetativa, por lo tanto permite tener mayor número de plantas por unidad de superficie y debido al sistema de siembra a chorro continuo, se cosecha mayor número de plantas por m² que influye en el rendimiento de grano.

Al respecto Mamani (2003), indica que la altura de planta va asociado al diámetro del tallo, a mayor diámetro mayor es la formación de cobertura vegetativa, permitiendo mayor aprovechamiento de la luz, necesaria para el proceso de fotosíntesis que influye en la producción de grano. La línea Saihua desarrolla mayor número de ramas no decumbentes, asimismo la longitud de ramas por la forma de desarrollo corimboidal no logran tener mayor cobertura vegetativa de la planta, esta característica influye en la producción de grano.

Estos resultados son corroborados con los obtenidos por Quispe (1999), con rendimiento de grano en la línea Lasta de 2188 kg/ha y en la línea Saihua de 1633 kg/ha presentando diferencias entre ambas líneas.

El mayor rendimiento de grano encontrado en el presente trabajo respecto a Quispe (1999) y Choque (2005) posiblemente se atribuye a la precipitación pluvial, que fueron favorables durante la fase de ramificación, permitiendo obtener mayor diámetro y número de ramas, presentando buena cobertura vegetativa, evitando así la pérdida de agua por evaporación del suelo, favoreciendo la absorción y transporte de nutrientes para la

formación de compuestos orgánicos a través de la fotosíntesis que repercute en la producción de grano.

También se atribuye la implantación de barreras vivas alrededor del cultivo, que tuvieron algún efecto en el rendimiento de grano, debido a que evita el desgrane por acción del viento durante la madurez fisiológica del cultivo. Calle (1980), indica que el fruto de cañahua presenta la maduración progresiva, se caracteriza por ser caduco, cae inmediatamente después de la maduración, teniendo la mayor pérdida de grano durante la cosecha. Mamani (2003), indica que durante la cosecha de la cañahua el desgrane es cerca del 30%.

A su vez Lescano (1994), menciona que un factor que puede afectar la producción es la presencia de granizadas en el mes de marzo poco antes de la maduración, lo que puede reducir los rendimientos de grano en un 40 a 50 %, ya que las semillas no están suficientemente adheridas a las inflorescencias.

6.5.4.2. Promedios de rendimiento de grano con la aplicación de abonos líquidos.



Figura 14. Rendimiento de grano en abonos líquidos.

En la Figura 14, se muestran los promedios de rendimiento de grano para abonos líquidos y la prueba de Duncan (5%), donde la aplicación con biol, fertisol alcanzan rendimientos superiores de grano con 2677.5 y 2495 kg/ha siendo similares entre si y diferentes estadísticamente respecto al vigortop con 2253.8 kg/ha y al testigo con 2230 kg/ha.

En la misma Figura, se observa que el biol y el fertisol presenta mayor rendimiento de grano debido a que son abonos líquidos elaborados con estiércol de vaca, presentando

en su composición mayor actividad microbiana, que son fuente de elementos nutritivos y fitohormonas que estimulan al desarrollo de raíces profundas permitiendo la absorción de nutrientes, mejorando el desarrollo y crecimiento de follaje, favoreciendo la floración y altura de planta que se relaciona con el rendimiento de grano. Al respecto Lescano (1984), señala que existe correlación entre la altura de planta y el rendimiento de grano.

Restrepo (2002), indica que los biofertilizantes elaborados con estiércol de vaca presenta microorganismos que transforman los materiales orgánicos como el estiércol, suero, leche, jugo de caña y cenizas produciendo vitaminas, ácidos orgánicos y minerales que son indispensables para el metabolismo y el equilibrio nutricional de la planta.

Grupo Latino (2006), menciona que el biol promueve actividades fisiológicas, estimula al desarrollo de las plantas, tiene acción sobre el enraizamiento, aumenta y fortalece la base radicular, mejorando la floración.

Al comparar con Quispe (1999), que obtuvo en el Altiplano Central rendimiento de grano de 2330 kg/ha mediante la aplicación de 12.5 t/ha de estiércol y Choque (2005), con rendimiento de grano de 2670 kg/ha, mediante la aplicación de 10 t/ha de estiércol de llama. Estos resultados se encuentran dentro del rango de rendimiento de grano con el presente ensayo.

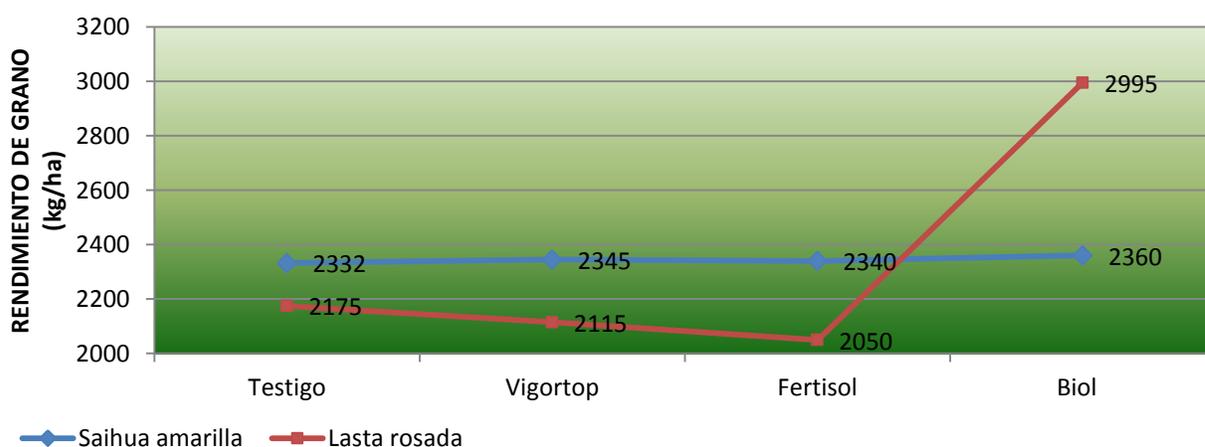


Figura 15. Interacción de líneas de cañahua por abonos líquidos para el rendimiento de grano.

En la Figura 15, se observa que existe interacción de líneas de cañahua por abonos líquidos para el rendimiento de grano. El testigo y con la aplicación de vigortop, fertisol en la línea Saihua amarilla presenta mayor rendimiento de grano respecto a la línea Lasta rosada. En el biol se muestra diferencias entre las líneas Saihua amarilla y Lasta rosada.

6.5.5. Diámetro de grano.

A continuación se presenta en el Cuadro 16 los resultados de diámetro de grano.

Cuadro 16. Análisis de varianza de diámetro de grano.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M	F.C.	Prob.> F
Bloques	3	0.00097	0.00033	0.71	0.607 ns
Líneas	1	0.048	0.048	104.84	0.002 *
Error (A)	3	0.0014	0.00046		
Abonos líquidos	3	0.0041	0.0014	2.14	0.13 ns
Líneas * abonos líquidos (A*B)	3	0.0036	0.0012	1.90	0.16 ns
Error (B)	18	0.0113	0.00063		
Total	31	0.069			

*= significativo ns= no significativo Gl=Grados de Libertad SC= Suma de Cuadrados CM= Cuadrado Medio

FC= F Calculado

CV = 2.30 %

En el análisis de varianza del Cuadro 16, se observa que no existen diferencias significativas entre bloques, representa que las unidades experimentales son homogéneas. Por otro lado existen diferencias significativas entre los efectos de las líneas sobre los diámetros de grano, asimismo no existen diferencias significativas para abonos líquidos, que refleja las cantidades de biofertilizante aplicadas no tuvieron efectos favorables en el diámetro de grano.

En la interacción abonos líquidos para líneas no es significativa, los dos factores en estudio se comportan de manera independiente en el diámetro de grano. El coeficiente de variación de 2.30 %, señala que, el grado de dispersión de las observaciones en torno la media poblacional fueron confiables para el análisis estadístico. Para determinar las diferencias entre líneas de cañahua se realizó la prueba Duncan de comparación de medias a una probabilidad del 5%.

6.5.5.1. Promedios de diámetro de grano para líneas de cañahua.

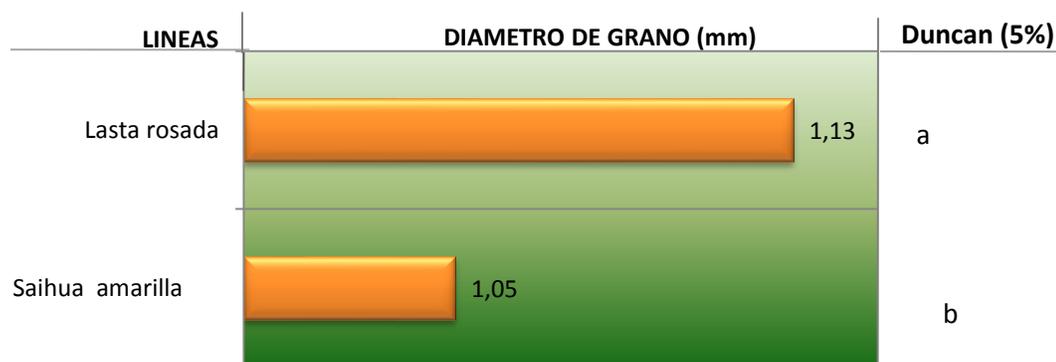


Figura 16. Diámetro de grano de las líneas de cañahua.

En la Figura 16, se observan los promedios de diámetro de grano con perigonio por líneas de cañahua y la prueba de Duncan (5%), donde la línea Lasta rosada tiene mayor diámetro de grano con 1.13 y es diferente estadísticamente respecto a la línea Saihua amarilla con 1.05 mm.

Se establecen diferencias debido a las características genéticas y morfológicas de la línea Lasta rosada, que se manifiestan en su forma de crecimiento postrado, con raíces profundas pivotantes de mayor diámetro, que permite a la planta absorber agua y nutrientes del suelo que favorecen el desarrollo de ramas vigorosas y de mayor diámetro mejoran el llenado de grano que de alguna manera tiene influencia en el diámetro de grano.

Mamani (1994), menciona que el diámetro de grano de cañahua varía entre 0.85 mm hasta 1.25 mm, a su vez Quispe (1999), reporta diámetro de grano de 0.71 mm para el cultivar Saihua mientras que para el cultivar lasta de 0.72 mm. Quisbert (2003), reporta diámetro de grano para el ecotipo Saihua de 0.85 a 0.88 mm y lasta de 0.85 a 1.10 mm.

6.5.5.2. Diámetro de grano con la aplicación de abonos líquidos.

En el Cuadro 17, se presenta los promedios de diámetro de grano mediante la aplicación de los abonos líquidos.

Cuadro 17. Promedios de diámetro de grano de cañahua por abonos líquidos.

Abonos líquidos	Promedios (mm)
Biol	1.11
Vigortop	1.09
Fertisol	1.08
Testigo	1.08

En el Cuadro 17, se observa los promedios de diámetro de grano, donde los valores obtenidos en los abonos líquidos y el testigo son similares estadísticamente teniendo un comportamiento similar. No se establecen diferencias debido a que la aplicación de los biofertilizantes promueve el desarrollo de hojas, raíces, tallos, flores y no influyen de manera significativa en el diámetro de grano.

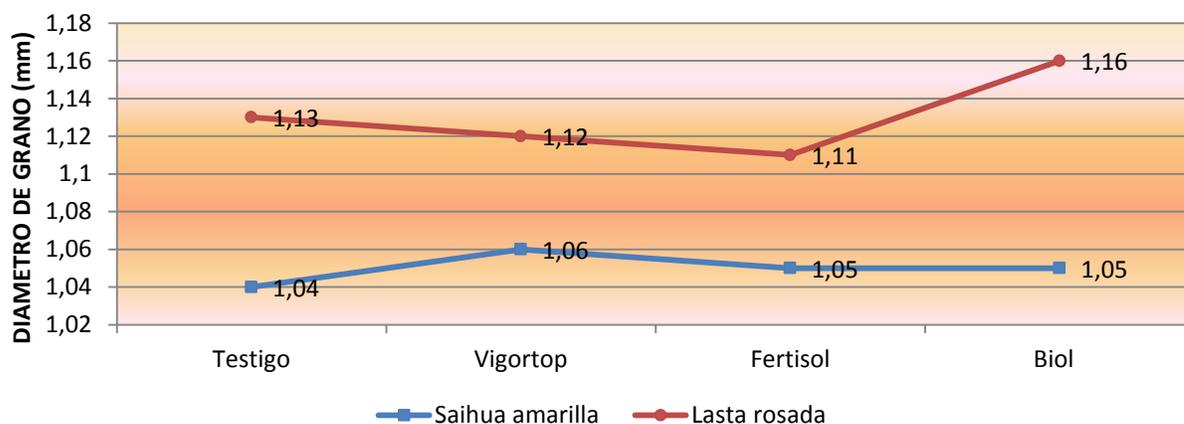


Figura 17. Comparación de promedios de diámetro de grano entre líneas mediante la aplicación de abonos líquidos.

En la Figura 17, muestra que la línea Lasta rosada presenta una variación de diámetro de grano entre 1.11 a 1,16 mm siendo superior en todos los tratamientos mediante la aplicación de los biofertilizantes, la línea Saihua amarilla presenta una variación de 1.04 a 1.06 mm.

6.5.6. Índice de cosecha.

A continuación se presenta los resultados de índice de cosecha para el cultivo de cañahua.

Cuadro 18. Análisis de varianza de Índice de cosecha.

Fuentes de variación	G.L.	S.C.	C.M	F.C.	Prob.> F
Bloques	3	0.0018	0.00061	2.37	0.248 ns
Líneas	1	0.00076	0.00076	2.95	0.184 ns
Error (A)	3	0.00077	0.00026		
Abonos líquidos	3	0.0057	0.0019	4.45	0.01 **
Líneas * abonos líquidos (A*B)	3	0.0088	0.0029	6.86	0.002 **
Error (B)	18	0.0077	0.00043		
Total	31	0.0256			

Gl=Grados de Libertad SC= Suma de Cuadrados CM= Cuadrado Medio FC= F Calculado
**= Altamente significativo ns= no significativo

CV = 6.50

En el Cuadro 18, se observa que no existen diferencias significativas entre bloques, por lo tanto el diseño pierde precisión, asimismo no existen diferencias significativas entre las líneas de cañahua sobre el índice de cosecha, presentando un comportamiento similar. Por otro lado existen diferencias altamente significativas entre los abonos líquidos, refleja que los biofertilizantes tuvieron efectos favorables en el índice de cosecha.

Para la interacción abonos líquidos por líneas son altamente significativos, lo cual representa que los biofertilizantes influyen en el factor líneas y viceversa por lo tanto ambos factores son dependientes en el índice de cosecha. Se presenta un coeficiente de variación es 6.50 % de acuerdo a Calzada (1982), este valor se considera confiable y aceptable para ensayos en campo.

6.5.6.1. Índice de cosechas en líneas de cañahua.

En el Cuadro 19, se observa los promedios de índice de cosecha para líneas cañahua; donde las dos líneas de cañahua son similares estadísticamente. El factor líneas no influye en el índice de cosecha, indica que en ambas líneas de cañahua la eficiencia de conversión para la formación de grano es baja, siendo similares entre si.

Cuadro 19. Promedios de Índice de cosecha por líneas de cañahua.

Líneas de Cañahua	Promedios (kg/ha)
Saihua amarilla	0.32
Lasta rosada	0.31

No se establecen diferencias en el índice de cosecha entre líneas de cañahua debido al método de siembra que fue a chorro continuo en líneas, que permitió obtener mayor número de plantas por unidad de superficie, por lo tanto existe mayor competencia de nutrientes, luz y agua que tuvieron efectos en una mayor producción de broza y menor en grano.

Al respecto Quispe (2003), indica que el índice de cosecha representa la cantidad de materia seca total producida para convertirla en producto comercial (grano), índice de cosecha mayor a 0.3 indica que el total del peso seco de la planta 30% es grano y 70% broza. Powers y Mcsorley (2001), mencionan que el índice de cosecha es el porcentaje del peso que realmente se aprovecha.

Choque (2005), reporta índice de cosecha de 0.28 para el ecotipo Lasta y en el ecotipo Saihua de 0.42. A su vez Copeticona (1999), reporta índice de cosecha para el ecotipo Saihua de 0.32 y para el ecotipo lasta de 0.25. Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias en el índice de cosecha en la línea Saihua amarilla y Lasta rosada.

6.5.6.2. Promedios de índice de cosecha para abonos líquidos.

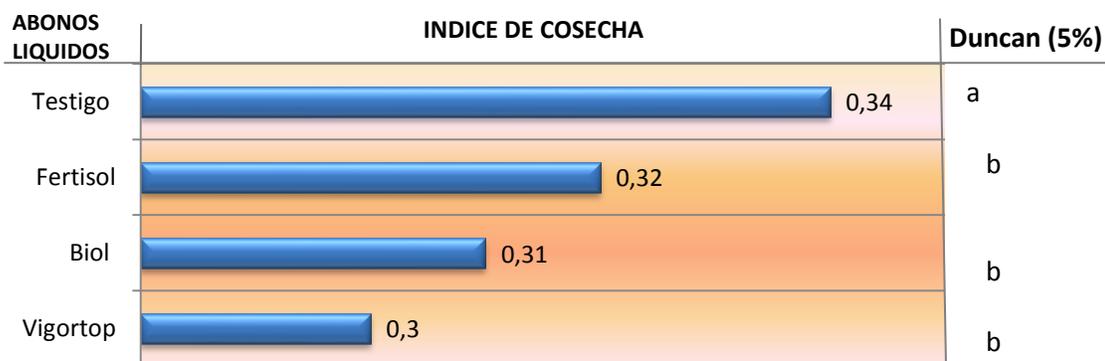


Figura 18. Índice de cosecha en abonos líquidos.

En la Figura 18, se observan los promedios de índice de cosecha para abonos líquidos y la prueba de Duncan (5%), donde el testigo tiene mayor índice de cosecha de 0.34 y es distinta con respecto al fertisol con 0.32, vigortop con 0.31 y el biol con 0.30.

En la misma Figura, se observa que el testigo presenta índice de cosecha mayor con respecto a los abonos líquidos (fertisol, vigortop, biol), indica que la aplicación de los biofertilizantes es adecuado para la producción de forraje, probablemente esta diferencia se deba a la presencia de fitoreguladores que promueven el desarrollo vegetativo de la planta. Grupo Latino (2006), indica que los fitoreguladores al ser aplicados en los cultivos en pequeñas dosis, regulan y estimulan el crecimiento de la planta.

Al comparar con Choque (2005), que reportó índice de cosecha de 0.43 al aplicar estiércol de llama a razón de 10 t/ha y Quispe (2003), que obtuvo índice de cosecha de 0.32 mediante la aplicación de abonos líquidos estos valores corroboran al presente estudio.

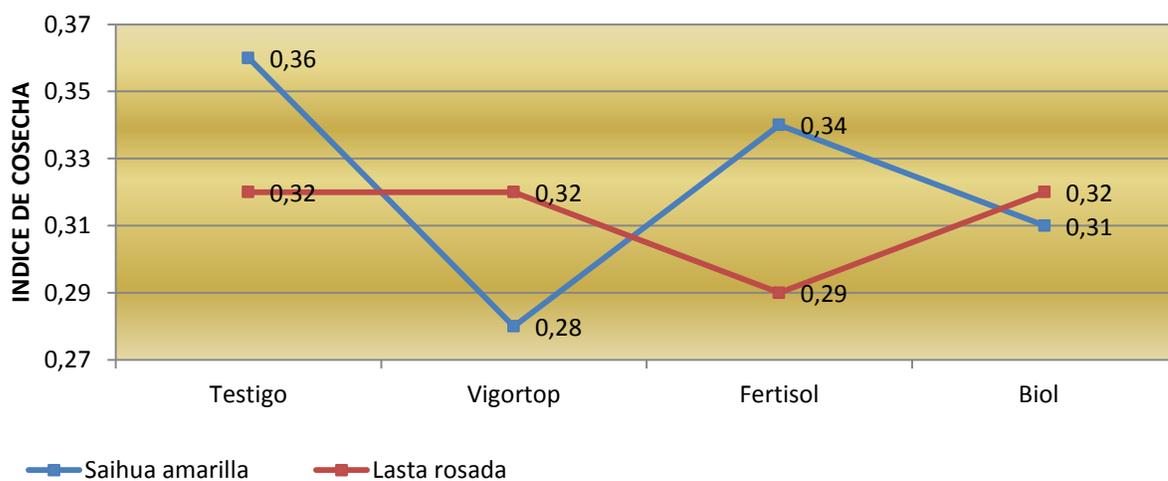


Figura 19. Interacción de líneas de cañahua por abonos líquidos para el Índice de cosecha.

En la Figura 19, se muestra la interacción de abonos líquidos por líneas para el índice de cosecha. Se observa diferencias en el índice de cosecha del vigortop, fertisol y el testigo en las líneas Saihua amarilla y Lasta rosada.

En la misma Figura, se observa que la aplicación de vigortop en la línea Saihua amarilla presenta un decremento teniendo y menor índice de cosecha, al aplicar el

fertisol se incrementa el índice de cosecha en la línea Saihua amarilla y la línea Lasta rosada decrece, en el biol no existen diferencias entre ambas líneas de cañahua. Asimismo el testigo presenta índice de cosecha mayor en la línea Saihua amarilla debido a que los biofertilizantes aplicados tienen la característica de ser más productoras de forraje, debido a que estimulan al desarrollo de hojas, tallos y ramas.

6.5.7. Peso hectolitro.

En el análisis de varianza no existen diferencias significativas en los factores de estudio evaluados solo se presentan los promedios de peso hectolitro. En el Cuadro 20, se presenta los promedios mediante la aplicación de los abonos líquidos.

Cuadro 20. Promedios de peso hectolitro por líneas de cañahua.

Líneas de Cañahua	Promedios (kg/l)
Saihua amarilla	0.556
Lasta rosada	0.543

En el Cuadro 20, se observa los promedios de peso hectolitro, para líneas cañahua; donde las dos líneas son similares estadísticamente. El factor líneas no afectan el peso hectolitro.

El peso decalítrico indica que a mayor tamaño, menor es el peso decalítrico, el tamaño de grano determina el peso, el diámetro esta asociado al peso decalítrico. En el Cuadro 21, se presenta los promedios mediante la aplicación de los abonos líquidos.

Cuadro 21. Promedios de peso hectolitro de cañahua por abonos líquidos.

Abonos líquidos	Promedios (kg/l)
Vigortop	0.556
Biol	0.551
Fertisol	0.548
Testigo	0.544

En el Cuadro 21, se observa los promedios de peso hectolitro, para abonos líquidos; donde el biol, vigortop y fertisol son similares estadísticamente teniendo un comportamiento similar.

6.6. Análisis económico.

El análisis económico se realizó de acuerdo a la metodología empleada por el (CIMMYT, 1988).

En el Cuadro 22, se detalla los costos que varían con la aplicación de los abonos orgánicos líquidos, en el mismo no se considera los costos fijos (preparación del suelo, cosecha, post.cosecha).

Cuadro 22. Cálculo de costos que varían.

Concepto	Abonos líquidos			
	Testigo	Biol	Fertisol	Vigortop
Precio (l/Bs)	0.0	2.26	13.0	98.0
Cantidad usada (l/ha)	0.0	59.0	59.0	59.0
Número de aplicaciones	0.0	3.0	3.0	3.0
Volumen total (l/ha)	0.0	177.0	177.0	177.0
Costo de biofertilizante (Bs/ha)	0.0	400.0	2301.0	17346.0
Precio mano de obra/jornal (Bs)	0.0	30.0	30.0	30.0
Número de aplicaciones	0.0	3.0	3.0	3.0
Número de jornales	0.0	5.0	5.0	5.0
Costo mano de obra (Bs/ha)	0.0	450.0	450.0	450.0
Total costos de producción (Bs/ha)	0.0	850.0	2751.0	17796.0

En el mismo Cuadro, se aprecia que los costos de producción son mayores con la aplicación de fertisol y vigortop. La adición de vigortop resulta ser el de mayor costo variable debido al precio por litro de biofertilizante seguido por el fertisol, estos resultados obtenidos son de acuerdo a la planilla de costos de la institución de aprovisionamiento de bioinsumos Bio Top srl. (Anexo), en cambio el biol resulta más económico por que presenta menor costo variable y los costos de producción son bajos.

En el Cuadro 23, se presenta el presupuesto parcial para los tratamientos mediante la aplicación de biol, fertisol y vigortop, considerando para el rendimiento ajustado el 15% tomando en cuenta que los resultados obtenidos son en parcelas experimentales, donde el manejo es uniforme, obteniendo mayores rendimientos.

El precio del producto es de 7.0 Bs/kg, se consideró al precio en campo, no se incluye el costo de transporte, lavado, secado del mismo. El beneficio bruto se obtuvo al multiplicar el rendimiento ajustado por el precio del producto en Bs/ha, finalmente el beneficio neto resulta de la diferencia entre el total de costos variables y el beneficio bruto de cada tratamiento.

Cuadro 23. Presupuesto parcial para el cultivo de cañahua.

Concepto.	Abonos líquidos.			
	Fertisol	Biol	Vigortop	Testigo
Rendimiento medio (kg/ha)	2495.0	2677.5	2253.8	2230.0
Rendimiento ajustado (kg/ha) (-15%)	2120.7	2275.9	1915.7	1895.5
Precio del producto (Bs/kg)	7.0	7.0	7.0	7.0
Beneficios Brutos de campo (Bs/ha)	14854.3	15931.1	13410.1	13268.5
Costo del biofertilizante (Bs/ha)	2301.0	400.0	17346.0	0.0
Costo mano de obra (Bs/ha)	450.0	450.0	450.0	0.0
Total costo de producción (Bs./ha)	2751.0	850.0	17796.0	0.0
Beneficio neto (Bs/ha)	12103.3	15081.1	- 4385.9	13268.5

En el mismo Cuadro, se evidencia que presenta mayor beneficio neto con la aplicación de biol, por otro lado el testigo tiene mayor beneficio neto en relación al fertisol y al vigortop.

El Vigortop presenta valores negativos, indica que no existen beneficios netos al contrario existen pérdidas al aplicar este biofertilizante. Por tanto se concluye que de los tratamientos alternativos resulta más beneficioso económicamente aplicar biol, y restringir la aplicación de fertisol y vigortop por que presenta menores beneficios al comparar con el testigo.

Cuadro 24. Análisis de dominancia del cultivo de cañahua por abonos líquidos.

Abonos líquidos	Total costos que varían (Bs/ha)	Beneficios netos (Bs/ha)
Testigo	0.0	13268.5
Biol	850.0	15081.1
Fertisol	2751.0	12103.3 D
Vigortop	3978.0	- 4385.1 D

En el Cuadro 24, muestra que la aplicación de los biofertilizantes fertisol y vigortop son dominados, presentan beneficios netos menores, es decir que no es conveniente incrementar los costos al aplicar el fertisol y vigortop para obtener mayores rendimientos de grano por que el beneficio neto obtenido es menor, ocurre lo contrario al incrementar los costos al aplicar biol por que se obtienen mayores beneficios netos.

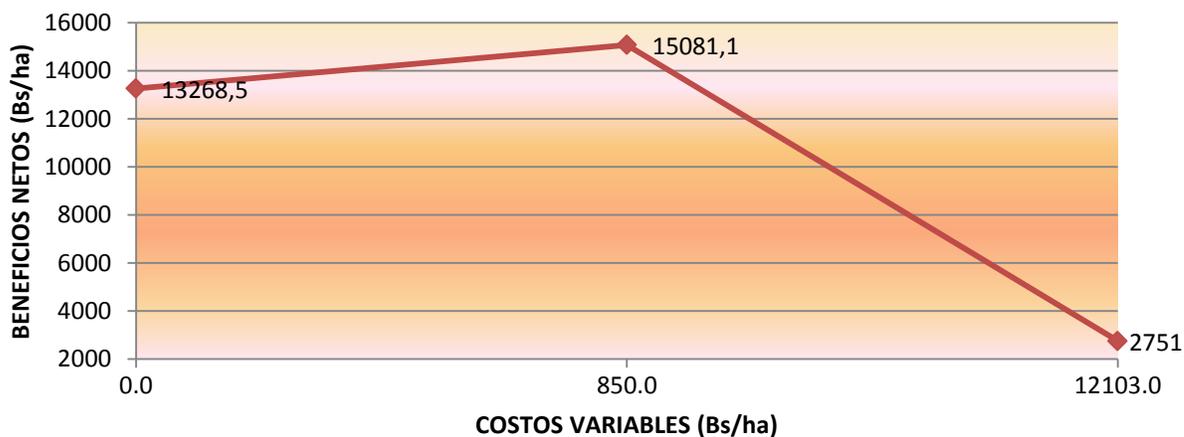


Figura 20 .Curva de beneficios netos.

De acuerdo a la Figura 20, indica que la aplicación de biol es la alternativa más conveniente porque es la única que presenta una pendiente positiva, los restantes tratamientos (fertisol, vigortop) no se toma en cuenta en la curva de beneficios netos debido a que son dominados y presentan un beneficio neto no significativo.

7. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos de la investigación en campo y de acuerdo a los objetivos planteados se llega a las siguientes conclusiones:

- ❖ La fertilidad del suelo, el riego efectuado durante la emergencia, la implantación de barreras vivas, permitieron alcanzar mayor altura de planta en todos los tratamientos, teniendo mayor efecto con la aplicación de biol que fue el mejor con un valor de 59.6 cm.
- ❖ En el rendimiento de fitomasa, la aplicación de biol y fertisol alcanzan mayores rendimientos de fitomasa con valores de 8521.4 y 7999.8 kg/ha, para líneas de cañahua no se establecen diferencias significativas.
- ❖ Con relación al rendimiento de broza para líneas de cañahua: la línea Lasta rosada es superior con 5467.6 kg/ha con respecto a la línea Saihua amarilla con 4971.2 kg/ha. Asimismo la aplicación de biol fue favorable, con rendimiento de broza de 5844 kg/ha.
- ❖ Para el rendimiento de grano se obtuvieron valores altos con la aplicación de biol y fertisol, con rendimientos de 2677.5 y 2495 kg/ha, para líneas de cañahua no presentan diferencias significativas.
- ❖ La aplicación de biofertilizante (biol, fertisol, vigortop) no tienen influencia en el diámetro de grano. La línea Lasta rosada presenta mayor diámetro de grano con 1.13 respecto a la línea Saihua amarilla con 1.05 mm.
- ❖ Con relación al índice de cosecha el testigo presenta un valor de 0.34 es superior al biol, vigortop y fertisol.
- ❖ La aplicación del biol es la más económica y es una alternativa que debería ser considerada para la producción de cañahua.

8. RECOMENDACIONES.

Sobre la base de los resultados y las conclusiones obtenidos sobre el comportamiento agronómico de dos líneas de cañahua mediante la biofertilización en la comunidad de Calasaya se hacen las siguientes recomendaciones.

- ❖ Se recomienda la implantación de barreras vivas, lo cual crea un microclima que evita el cambio brusco de la temperatura y protege al cultivo de fuertes vientos, evitando el desgrano prematuro, debido a que la mayor pérdida se da en la cosecha.
- ❖ Incentivar y concientizar a la comunidad agropecuaria a que usen fertilizantes e insecticidas orgánicos y no químicos, una alternativa es el uso del biol que no requiere de costos mayores para su elaboración y se obtienen rendimientos de grano mayores.
- ❖ Realizar estudios referidos al uso de biofertilizantes en diferentes concentraciones y en diferentes fases fenológicas del cultivo.
- ❖ Se recomienda utilizar la línea Lasta rosada para realizar pruebas de fitomejoramiento porque presenta mayor diámetro de grano.
- ❖ Se sugiere realizar estudios acerca de los requerimientos nutritivos del cultivo de cañahua en función a la aplicación de fertilizantes orgánicos.
- ❖ Realizar estudios sobre el efecto del riego al inicio de las fases fenológicas, debido a que el riego en el presente estudio posibilitó incrementos en las variables de rendimiento.

9. BIBLIOGRAFIA.

- ALCANTAR, G. 2007. Nutrición de de Cultivos. Ediciones Mundí Prensa. México S.A. pp. 326-362
- ANTEZANA, A. y CASTELLON, S. 1991. Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos andinos del 4 febrero al 8 de febrero. La Paz, Bolivia pp. 131-133
- BELLAPART, C. 1996. Nueva agricultura biológica en equilibrio con la agricultura química. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. pp. 35, 49 - 55
- BIDWELL, R. 1993. Fisiología Vegetal. A.G.T.Editor. México. pp. 784
- BIOTOP srl. 2006. Cochabamba, Bolivia.
- CALZADA, B. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. 5º Edición. Editorial Milagros. S. H. Lima, Perú.
- CALLE, E. 1980. II Congreso Internacional de cultivos andinos. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador pp. 306-312.
- CALSIN, B. 1977. Investigaciones en cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Puno, Perú pp. 17 -19.
- CALLE, E. 1980. Morfología y variabilidad de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) cultivada en el Altiplano boliviano. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Simón. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias Martín Cárdenas Cochabamba, Bolivia pp. 113
- CANO, A. 1973. El cultivo de cañahua. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Facultad de Ingeniería Agronómica. Puno, Perú. pp. 1-9
- CARRETERO, I. 2002. Técnico en Agricultura. Tomo 1 Editorial Cultural S.A. Madrid, España. pp. 34
- CARRETERO, I 2002. Técnico en Agricultura. Tomo 2 Editorial Cultural S.A. Madrid, España pp. 98

COPETICONA, 1999. Evaluación Del comportamiento agronómico de tres cultivares de kañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en dos épocas y formas de siembra en la comunidad San José Taraco. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 41 - 46

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; Manual Metodológico de evaluaciones Económicas. México D.F. pp. 13-23.

CHILON, E. 1997. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas, prácticas de campo, invernadero y laboratorio. Ediciones CIDAT. La Paz, Bolivia. pp. 38 - 48

CHOQUE, R. 2005. Efecto de niveles de fertilización con estiércol de llama (*Lama glama*) en tres ecotipos de kañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia pp. 45-82

FAJARDO, 2002. Manual agropecuario tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Bogotá, Colombia pp. 548-578

FAO, 1992. Cultivos marginados. Editado por Hernández y León. España. pp. 129, 133

FUENTES, J. 1999. Manual practico sobre utilización y uso de fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Editorial Mundí Prensa Madrid, España. pp. 49 -105

GARCIA, C. 1987. Abonos Orgánicos y órgano-minerales. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. Madrid, España pp. 13, 14

GARCIA, L. & GONZALES, P. 1997. Agricultura de conservación fundamentos agronómicos, medioambientales y económicos. Asociación Española Laboreo de Conservación de Suelos Vivos (AELC/SV). Córdoba, España pp. 45-48

GOMERO, L. 1999. Manejo ecológico del suelo. Editorial Stefany S.R.L. Lima, Perú pp.182 -189.

GRUPO LATINO LTDA. 2006. Volvamos al campo, manual de cultivos orgánicos y alelopatía. Editorial Grupo Latino Ltda. Colombia. pp.156-161.

GUERRERO, A. 1996. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ediciones Mundi Prensa. España. pp. 78 – 89

IBTA-ORSTOM. 1992. Altiplano agricultura, riego y medio ambiente recursos hídricos y medio ambiente. Cochabamba, Bolivia. pp. 9-11

IBTEN. 2006. Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear Centro de Investigaciones Nucleares División de Química. La Paz, Bolivia

IGAC 2002. Manual agropecuario tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Bogotá, Colombia.

I.G.M. Y GEOBOL. 2000 Mapa Físico del Instituto Geográfico Militar. Mapa Fisiográfico de Bolivia.

IPGRI, PROINPA e IFAD 2005. Descriptores para Cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*). Instituto Internacional de Recursos Fitotécnicos, Roma, Italia; Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 1-3

LAZARO, Z. 2007. Evaluación de la aplicación de biol en el cultivo de maca (*Lepidium meyenii Walp*). Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 25.

LESCANO, J. 1984 IV Congreso Internacional de Cultivos Andinos ICA (Instituto Colombiano Agropecuario), CIID (Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo) Programa de Cultivos Múltiples. Colombia pp. 378-381

LESCANO, J. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos, quinua, cañahua, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Programa Interinstitucional de Wanu-Wanu convenio INADE-COTESU. Puno, Perú. pp.43, 60-63,149-161

MAMANI, F. 1994 Efecto de la densidad de siembra en cuatro variedades de qañawa (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) en el Altiplano norte. Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 20 – 21

MAMANI, F. 2003. Componentes de rendimiento de la producción de grano de seis cultivares de cañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*). Universidad Nacional del

Altiplano Escuela de Post grado Maestria en Agricultura Andina Especialidad en Agroecología. Puno, Perú. pp. 29-34

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1999), Manual práctico de manejo del suelo y de los fertilizantes Ediciones Mundi – Prensa Madrid, España pp. 137

MEDINA, A. 1992. El biol fuente de fitoestimulantes en el desarrollo agrícola. Universidad Mayor de San Simón – GTZ. Cochabamba, Bolivia. pp. 57-77

MEJIA, M. 2002. Manual agropecuario tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. Bogotá, Colombia. pp. 548 - 578

MOLINA. 1978. Investigaciones en cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Puno, Perú. pp. 17 -19.

MUJICA, A. 2002. Investigaciones en cañahua. Puno, Perú. pp. 13 – 15

ORSAG, V. 2003. El recurso suelo principios para su manejo y conservación. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 100

EDITORIAL PANAMERICAN BOOKS 2009. Gran Atlas de Bolivia histórico, geográfico, estadístico de recursos naturales y temáticos. Cochabamba, Bolivia pp. 59

POWERS y MCSORLEY. 2001. Principios ecológicos en agricultura. Thomson editores Spain. Madrid, España. pp. 55-73

PROINPA 2008. Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) Variedad de cañahua. La Paz, Bolivia. Ficha técnica.

PROINPA sf. Fundación PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos) Planta de bioinsumos. La Paz, Bolivia.

QUISBERT, L. 2003. Evaluación agronómica preliminar de 20 accesiones de cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el Altiplano Norte. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 45-77

QUISPE, R. 2003. Efecto de la fertilización con abonos líquidos orgánicos fermentados en cañahua. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia pp. 55 – 57

QUISPE, P. 1999. Efectos de niveles de fertilización orgánica en dos cultivares de kañahua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) en el altiplano central. Tesis de grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 33-46

RESTREPO, J. 1998. La idea y el arte de fabricar los abonos orgánicos fermentados. Managua, Nicaragua. pp. 74-83.

RESTREPO, J. 2002. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca. Santiago de Cali, Colombia. pp. 19, 61-79

SENAMHI, 2006. Ministerio de agua. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrográfica unidad de Climatología. La Paz, Bolivia.

SILGUY, C. 1999. La agricultura biológica técnicas eficaces y no contaminantes. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. pp. 24

TAPIA, M. 1997. Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Santiago, Chile. pp. 53 – 60.

TAPIA, M. 1992. Cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentación. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Santiago, Chile. pp. 53 – 60.

TAPIA, M. y FRIES, A. 2007. Guía de campo de cultivos andinos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación - Asociación de Productores Ecológicos del Perú. Lima, Perú. pp. 89-93.

TAMBO, R. 2004. Manual del Agricultor. Universidad Católica Boliviana San Pablo Unidad Académica Campesina –Tiahuanaco. La Paz. Bolivia. pp. 245-249.

UNZUETA, O. 1975. Mapa Ecológico de Bolivia, memoria explicativa, Bolivia, M.A.C.A, Revisión de suelos, riego e ingeniería. pp. 312.

YUSTE, P. 1997. Defensa de las plantas cultivadas. Biblioteca de la agricultura IDEA BOOKS S.A. España. pp.725

YUSTE, P. 1997. Biblioteca de la agricultura IDEABOOKS S.A. España pp 55-59

9.1 Paginas Webs.

[http://www soberanía alimentaria.org.bo.](http://www.soberaníaalimentaria.org.bo)

ANEXOS

ANEXO 1.

Cálculo de nutrientes en el suelo, gestión 2006.

Cálculo del peso de la capa arable.

PCA = Área * Profundidad * Densidad aparente

Dap suelo arcilloso = 1.3 g/cc

Prof. radicular = 0.3 m

PCA = 10000 m² /ha * 0.3 m * 1300 kg/m³

PCA = 3900000 kg de suelo /ha.

Cálculo del nitrógeno total.

100 kg suelo ----- 0.33 kg N total

3900000 kg suelo ----- x

X = 12870 kg de nitrógeno total / ha

Cálculo del fósforo asimilable.

Relación: 16.52 ppm = 16.52 kg de fósforo / 1000000 kg suelo

1000000 kg de suelo ----- 16.52 kg de fósforo asimilable

3900000 kg de suelo ----- x

X = 64.428 kg de fósforo asimilable/ha

Cálculo del potasio cambiabile.

$\frac{0.61 \text{ meq K}}{100 \text{ g suelo}} * \frac{1 \text{ Eq K}}{1000 \text{ meq K}} * \frac{39 \text{ g K}}{1 \text{ Eq K}} = 0.02379 \text{ g K} / 100 \text{ g suelo}$

100 kg suelo ----- 0.02379 kg K

3900000 kg de suelo ----- X

X = 927.81 kg K cambiabile / ha

Transformar los resultados de nitrógeno total, fósforo asimilable y potasio cambiabile en valores de N, P, K disponibles.

Para Nitrógeno: coeficiente de mineralización 1 % para el Altiplano.

$$12870 \text{ kg N total /ha} * 0.01 = 128.7 \text{ kg de NO}_3^- \text{ /ha /año.}$$

El ciclo del cultivo de cañahua es de 6 meses, tenemos:

$$(128.7 \text{ kg de N mineral/ha/año}) / 2 = 64.35 \text{ kg de nitrógeno asimilable/ha/6meses.}$$

Para Fósforo: ya se encuentra en fósforo disponible.

Para Potasio: se considera que el 50 % de K esta disponible.

$$927.81 * 0.5 = 463.4 \text{ kg de potasio disponible /ha.}$$

Transformar los valores N, P, K disponibles a la forma de oxido.

Para Nitrógeno : 64.35 kg. N mineral disp. / ha / 6 meses

Para Fósforo : 64,428 kg. P disp. * 2.29 = 147.59 kg de P₂O₅/ha

Para Potasio : 463.4 kg. K disp. * 1.2 = 556.68 kg de K₂O /ha

El nivel de nutrientes en el suelo es:

$$64.3 - 147.54 - 556.68 \text{ de N - P}_2\text{O}_5 - \text{K}_2\text{O}$$

Considerando la eficiencia de absorción de nutrientes (estimación para el Altiplano) es de N = 40 %; P = 20 %; K = 40 %

Para N : 64.35 * 0.4 = 25.74 kg de N/ha

Para P : 147.54 * 0.2 = 29.50 kg de P₂O₅/ha

Para K : 556.68 * 0.4 = 222.67 kg de K₂O/ha

El nivel de nutrientes en el suelo para el cultivo es:

$$25.84 - 29.50 - 222.23$$

$$25 - 29 - 222 \text{ N - P}_2\text{O}_5 - \text{K}_2\text{O}$$

ANEXO 2.

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO.

Altura de planta (cm)					Rendimiento de broza (kg/ha)				
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
a ₁ b ₁	49.1	64.3	49.8	55.7	a ₁ b ₁	5112	4014	4584	4546
a ₁ b ₂	58.3	61.2	57.6	63.9	a ₁ b ₂	5136	5796	5248	5220
a ₁ b ₃	55.2	55.6	54.2	52.7	a ₁ b ₃	6840	4860	5040	6537
a ₁ b ₄	50.1	53.6	57.2	52.1	a ₁ b ₄	4230	4050	4158	4168
a ₂ b ₁	52.1	56.5	54.3	54.2	a ₂ b ₁	6156	6180	6094	7352
a ₂ b ₂	61.3	58.9	57.3	58.3	a ₂ b ₂	6498	5857	6156	6840
a ₂ b ₃	54.6	49.5	50.2	53.1	a ₂ b ₃	4410	4680	4428	4543
a ₂ b ₄	56.1	48.2	50.6	50.6	a ₂ b ₄	4536	4572	4680	4500
Rendimiento de fitomasa (kg/ha)					Rendimiento de grano (kg/ha)				
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
a ₁ b ₁	7702	6094	6924	6896	a ₁ b ₁	2590	2080	2340	2350
a ₁ b ₂	7236	8346	7598	7660	a ₁ b ₂	2100	2550	2350	2440
a ₁ b ₃	9490	6780	7480	8907	a ₁ b ₃	2650	1920	2440	2370
a ₁ b ₄	6870	6390	6258	6418	a ₁ b ₄	2640	2340	2100	2250
a ₂ b ₁	8766	8910	8734	9972	a ₂ b ₁	2610	2730	2640	2620
a ₂ b ₂	9288	8897	9456	9690	a ₂ b ₂	2790	3040	3300	2850
a ₂ b ₃	6460	6810	6618	6633	a ₂ b ₃	2050	2130	2190	2090
a ₂ b ₄	6486	6442	7240	6820	a ₂ b ₄	1950	1870	2560	2320
Diámetro de grano (mm)					Peso hectolitro				
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
a ₁ b ₁	1.05	1.04	1.07	1.05	a ₁ b ₁	0.546	0.556	0.551	0.547
a ₁ b ₂	1.08	1.09	1.04	1.01	a ₁ b ₂	0.574	0.540	0.560	0.566
a ₁ b ₃	1.07	1.03	1.08	1.06	a ₁ b ₃	0.582	0.524	0.532	0.546
a ₁ b ₄	1.05	1.01	1.03	1.06	a ₁ b ₄	0.562	0.551	0.549	0.536
a ₂ b ₁	1.12	1.10	1.09	1.13	a ₂ b ₁	0.556	0.549	0.547	0.542
a ₂ b ₂	1.18	1.17	1.15	1.15	a ₂ b ₂	0.540	0.545	0.538	0.540
a ₂ b ₃	1.12	1.14	1.11	1.10	a ₂ b ₃	0.538	0.539	0.552	0.532
a ₂ b ₄	1.10	1.16	1.15	1.09	a ₂ b ₄	0.530	0.526	0.518	0.548
Índice de cosecha									
	I	II	III	IV					
a ₁ b ₁	0.33	0.34	0.33	0.33					
a ₁ b ₂	0.29	0.30	0.30	0.30					
a ₁ b ₃	0.27	0.28	0.32	0.32					
a ₁ b ₄	0.38	0.36	0.33	0.33					
a ₂ b ₁	0.29	0.30	0.30	0.30					
a ₂ b ₂	0.30	0.34	0.34	0.34					
a ₂ b ₃	0.31	0.31	0.33	0.33					
a ₂ b ₄	0.30	0.29	0.35	0.35					

ANEXO 3.

REGISTRO DE PRECIPITACION PLUVIAL (mm) (2006-2007).

Día	Agost	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Febr.	Marz	Abril	Mayo
1					11.3				9.5	1.8
2				5.2		10.3		8.7	5.7	4.6
3						8.2	10.2	6.3		
4			2.4				0.2	2.4	6.8	
5				13.3	3.1	0.5		2.1		
6						6.3		8.7	2.3	4.0
7						1.4	4.5	7.3		3.0
8				22.2	3.8	0.7	1.1	1.2	1.8	3.2
9						1.4	0.4	5.8		
10	3.3			8.2	1.9	2.4	3.0	1.0		
11	2.1					5.0				
12	1.6		8.5	2.1						
13						15.6	1.5	22.8		
14						4.8	8.6			
15					1.4	16.7	6.0			
16					0.8	8.8	6.6	1.7		
17					3.0	2.9		1.2		
18							1.6	6.5		
19						6.2	5.3	10.5		
20					1.3					
21				2.5	3.4		0.2			
22				8.2	1.2		2.0			
23			11.2	4.4		1.9				
24					5.2	19.1				
25	9.2		2.0	0.4		3.0		10.4		
26				2.0					8.5	
27		10.3	5.2							
28			4.7		8.2		1.8		3.1	
29					0.2					
30		7.9		5.8	3.2			19.5	1.8	
31			6.2	11.3						
Total	20.9	19.4	40.2	85.6	36.7	115.2	53.0	98.1	30.0	16.6

ANEXO 4.

TEMPERATURAS MEDIAS MAXIMAS, MEDIAS MINIMAS Y TEMPERATURAS PROMEDIO GESTION AGRICOLA 2006-2007.

Año	Mes	Temperatura (°C)		Temperatura Promedio (°C)
		Máxima.	Mínima.	
2006	Julio	15.1	- 5.6	4.8
2006	Agosto	15.9	- 2.1	6.9
2006	Septiembre	16.4	- 0.4	8.0
2006	Octubre	17.3	2.4	9.9
2006	Noviembre	16.5	3.8	10.2
2006	Diciembre	16.7	5.1	10.9
2007	Enero	16.4	5.2	10.8
2007	Febrero	15.9	4.6	10.3
2007	Marzo	15.9	4.8	10.4
2007	Abril	16.3	3.1	9.7
2007	Mayo	15.5	0.5	8.0
2007	Junio	15.8	- 3.5	6.2

ANEXO 5.

Costo de elaboración de Biol.

N°	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Sub Total (Bs.)	Total (Bs.)
1	Construcción del Biodigestor.					
	Barril de plástico (180 l de capacidad)	Pza	1	150.00	150.00	
	Niple de bronce.	Pza	1	20.00	20.00	
	Manguera de goma.	m	2	4.00	8.00	
	Blader de llanta.	m	5	2.00	10.00	
						188.00
2	Insumos para la elaboración de biol.					
	Estiércol Bovino.	kg	25		0.00	
	Leche.	l	3	2.00	6.00	
	Chancaca	kg	1.5	7.00	10.50	
	Ceniza.	kg	0.5	4.00	2.00	
	Jugo de Sábila	l	1.0	5.00	5.00	23.00
4	Costo variable.					
	Mano de obra		3.0	20.00	60.00	60.00
Total						271.00

Fuente: Elaboración Propia.

Cálculo del precio del biol en campo.

Precio del biol = $\frac{\text{Costo de producción del biol (bs)}}{\text{Cantidad de biol producido (l)}}$

Precio del biol = 271.00 (Bs.) / 120 (l)

= 2,26 Bs/l.

ANEXO 6.**Costos de producción del cultivo de cañahua con la aplicación del biofertilizante.**

Nro.	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio (Bs)	Subtotal (Bs)	Total (Bs)
1.	Preparación del Terreno.					
	Arado y roturado.	h	4	120.00	480.00	
	Rastreado y Nivelado.	h	4	120.00	480.00	
	Limpieza del terreno.	Jornal	1	20.00	20.00	980.0
2.	Insumos.					
	Semilla.	kg	10	7.00	70.00	70.00
3.	Siembra.	Jornal	3	20.00	60.00	60.00
4.	Labores Culturales.					
	Deshierbe, aporque.	Jornal	16	20.00	320.00	
	Aplicación de los abonos orgánicos líquidos	Jornal	18	30.00	540.00	860.0
	Cosecha.	jornal	30	20	600.00	600.0
5.	Post-Cosecha.					
	Trilla.	Jornal	30	20	600.00	
	Venteado	jornal	30	20	600.00	1200.
Total inversión						3770.0

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 7. Análisis químico del estiércol bovino.

ANEXO 9. Fotografías.



Fotografía 1. Siembra.



Fotografía 2. Implantación de barreras vivas.



Fotografía 3. Delimitación del área experimental.



Fotografía 4. Vista general del cultivo.



Fotografía 5. Línea Saihua amarilla.



Fotografía 6. Línea Lasta rosada.



Fotografía 7. Aplicación de los biofertilizantes.



Fotografía 8. Madurez fisiológica.



Fotografía 9. Toma de muestras en la cosecha.



Fotografía 10. Cernido y venteado.