

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



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE Y SECA  
DEL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) CON LA  
APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE BIOL EN LA COMUNIDAD DE  
QUENACAGUA ALTA DEL MUNICIPIO DE PUCARANI**

**Por:**

**Ronald Walter Gutierrez Huañapaco**

**EL ALTO – BOLIVIA  
Noviembre, 2016**

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

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE Y SECA DEL CULTIVO DE  
CEBADA (*Hordeum vulgare* L.) CON LA APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE BIOL EN  
LA COMUNIDAD DE QUENACAGUA ALTA DEL MUNICIPIO DE PUCARANI**

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

**Ronald Walter Gutierrez Huañapaco**

**Asesores:**

Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

.....

Ing. Juan Carlos López Cantuta

.....

**Tribunal Revisor:**

Dr. Ing. Humberto Nelson Sainz Mendoza

.....

Dr. Ing. Francisco Mamani Pati

.....

Ing. René Rolando Tambo Herrera

.....

**Aprobada**

Presidente Tribunal Examinador

.....



**DEDICATORIA:**

*Al supremo creador por permitirme ver cada día un nuevo amanecer, concederme la alegría de tener a mi lado a mis padres Daniel Walter Gutiérrez y Erlinda Huañapaco, por su permanente apoyo, sacrificio, esfuerzo, comprensión, confianza y por sus sabios consejos y los beneficios que he recibido durante a lo largo de mi vida y durante mi formación profesional.*

*A mis hermanos (as): Wilder, Alvaro, Xeser y Noemi y a mis cuñadas Luisa, Marisol y Belia por brindarme su apoyo moral en todo momento para la conclusión del presente trabajo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi profundo agradecimiento a Dios por la oportunidad de concederme la vida, por guiarme en su camino y por la conclusión de mi carrera profesional.

Mis más sinceros agradecimientos a las siguientes instituciones, asociaciones y personas:

A la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto (UPEA), al plantel docente y administrativo, por haberme acogido durante mi formación profesional.

A la Asociación Integral de Productores Agropecuarios de Fertilizantes Orgánicos y Humus de Lombriz (AIPAFOHL) en la comunidad de Quenacagua Alta, municipio Pucarani, por haberme acogido y proporcionándome una parcela y el biol para el presente estudio.

A la asociación de productores agropecuarios Lecheros Iquiaca Centro (APALIC) y Iquiaca Arriba (APLACIA) del Municipio de Pucarani, por haberme acogido y compartido momentos gratos, además de brindarme su amistad y así también por su valioso tiempo que dedicaron durante todo el desarrollo del trabajo de investigación.

A mis asesores: Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, Ing. Juan Carlos López Cantuta, por el apoyo en la planificación, corrección y orientación profesional; brindándome por el tiempo dedicado, que sin su ayuda no hubiera sido posible la ejecución del presente trabajo.

A mis Tribunales Revisores: Ing. Ph.D. Humberto Nelson Sainz Mendoza, Ing. Ph.D. Francisco Mamani Pati, e Ing. René Rolando Tambo Herrera; por las sugerencias, recomendaciones y correcciones en la redacción final del presente trabajo de tesis.

A mis grandes amigos y compañeros de estudio de la carrera de Ingeniería Agronómica: Wily Mollisaca, Simón Mamani, Guido Bustamante y Wely Apaza por el apoyo y amistad que de una u otra manera me brindaron durante todo el tiempo de estudio.

Al Sr. Guillermo López y su esposa María Cantuta y a sus hijos: Rebeca y Jhemy, por ofrecerme su ayuda incondicional en el presente trabajo de tesis.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xii
ABREVIATURAS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1. Origen de la cebada.....	5
2.2. Importancia y usos de la cebada.....	5
2.3. Principales países productores de cebada.....	6
2.4. Zonas productoras de cebada en Bolivia .....	6
2.5. Taxonomía.....	8
2.6. Descripción botánica.....	8
2.7. Fases fenológicas del cultivo de cebada.....	9

2.8.	Características nutritivas de la cebada.....	9
2.9.	Valor nutritivo de la cebada forrajera.....	10
2.10.	Requerimientos climáticos del cultivo de cebada .....	11
2.10.1.	Temperatura .....	11
2.10.2.	Precipitación .....	11
2.10.3.	Suelo.....	11
2.11.	Particularidades del cultivo .....	11
2.11.1.	Preparación del terreno.....	11
2.11.2.	Profundidad de siembra .....	12
2.11.3.	Densidad de siembra .....	12
2.11.4.	Variedades.....	12
2.11.5.	Abonamiento del cultivo .....	12
2.11.6.	Altura de la planta .....	13
2.11.7.	Macollamiento .....	13
2.11.8.	Numero de hojas/planta .....	14
2.11.9.	Importancia de relación hoja/tallo.....	14
2.11.10.	Rendimiento en materia verde y seca .....	14
2.11.11.	Cosecha.....	14
2.11.12.	Principales enfermedades .....	15
2.12.	Fertilizantes orgánicos .....	15
2.13.	Efecto de materia orgánica en las propiedades del suelo .....	15
2.14.	El biol.....	16
2.15.	Tipos de biol .....	17
2.16.	El biodigestor .....	17
2.16.1.	Capacidad de producción del biodigestor.....	18
2.16.2.	Descomposición de la materia orgánica en el biodigestor .....	19

2.16.3.	Elaboración del biol.....	20
2.17.	Composición del biol.....	20
2.18.	Ventajas del biol .....	20
2.19.	Aplicación foliar del biol.....	21
2.20.	Uso del biol.....	23
2.21.	Análisis de costos parciales de producción.....	24
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
3.1.	Localización.....	25
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	25
3.1.2.	Características ecológicas .....	26
3.1.2.1.	Suelo.....	27
3.1.2.2.	Fisiografía .....	27
3.1.2.3.	Cultivos y vegetales .....	27
3.1.2.4.	Fauna.....	28
3.1.2.5.	Economía.....	28
3.1.2.6.	Recursos hídricos.....	28
3.2.	Materiales .....	29
3.2.1.	Material vegetal.....	29
3.2.2.	Material orgánico.....	29
3.2.3.	Material de escritorio.....	29
3.2.4.	Material de campo.....	29
3.2.5.	Material de laboratorio.....	29
3.3.	Metodología.....	30
3.3.1.	Procedimiento experimental.....	30
3.3.1.1.	Preparación del terreno.....	30
3.3.1.2.	Muestreo de suelo.....	30

3.3.1.3.	Siembra.....	30
3.3.1.4.	Producción y cosecha de biol.....	30
3.3.1.5.	Análisis de biol.....	31
3.3.1.6.	Aplicación de biol.....	31
3.3.1.7.	Deshierbe.....	31
3.3.1.8.	Cosecha.....	31
3.3.2.	Diseño experimental.....	32
3.3.3.	Tratamientos en estudio.....	32
3.3.4.	Variables de respuesta.....	33
3.3.4.1.	Variables agronómicas.....	33
3.3.4.2.	Variables de rendimiento.....	33
3.3.4.3.	Variable de análisis económico.....	34
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1.	Temperatura y precipitación registradas durante el periodo de estudio.....	36
4.1.1.	Temperatura.....	36
4.1.2.	Precipitación.....	37
4.1.3.	Análisis del biol.....	38
4.1.4.	Análisis del suelo.....	39
4.2.	Variables agronómicas.....	39
4.2.1.	Altura de planta.....	40
4.2.2.	Número de hojas/planta.....	42
4.2.3.	Número de macollos/planta.....	44
4.3.	Variables de rendimiento.....	46
4.3.1.	Rendimiento de materia verde.....	46
4.3.2.	Rendimiento de materia seca.....	48
4.3.3.	Relación hoja/tallo.....	50



4.4.	Variables de análisis económico.....	52
4.4.1.	Análisis de costos parciales de producción .....	52
4.4.2.	Ingresos netos.....	52
4.4.3.	Relación beneficio/costo .....	53
5.	CONCLUSIONES.....	54
6.	RECOMENDACIONES.....	55
7.	BIBLIOGRAFÍA .....	56
8.	ANEXOS .....	61

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de cebada a nivel mundial.....	6
Cuadro 2. Aporte nutricional por 100g de cebada.....	9
Cuadro 3. Composición de la cebada en % de materia seca en verde y como paja .....	10
Cuadro 4. Composición bromatológica de la cebada en diferentes formas.....	10
Cuadro 5. Efecto de materia orgánica en las propiedades del suelo.....	15
Cuadro 6. Ventajas del biol.....	21
Cuadro 7. Cada qué tiempo debo aplicar y cuanto .....	22
Cuadro 8. Aplicación del biol .....	22
Cuadro 9. Análisis físico – químico del biol .....	38
Cuadro 10. Análisis físico – químico del suelo .....	39
Cuadro 11. Análisis de varianza de la altura de planta .....	40
Cuadro 12. Análisis de varianza de número de hojas/planta.....	43
Cuadro 13. Análisis de varianza de número de macollos/planta .....	45
Cuadro 14. Análisis de varianza para rendimiento de materia verde .....	47
Cuadro 15. Análisis de varianza para rendimiento de materia seca.....	48
Cuadro 16. Análisis de varianza para relación hoja/tallo.....	50
Cuadro 17. Comparacion de ingresos netos de los tratamientos .....	52
Cuadro 18. Relación beneficio/costo de los tratamientos.....	53
Cuadro 19. Temperatura máxima, mínima y media .....	63
Cuadro 20. Precipitación registrada durante el estudio.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Porcentaje de superficie sembrada de cebada por provincia del departamento de La Paz 1998 – 2006 (PDLA, 2007).....	7
Figura 2.	Diseño de un biodigestor (GTZ EnDev Bolivia, 2012) .....	18
Figura 3.	Esquema de funcionamiento de un biodigestor (GTZ EnDev Bolivia, 2012)..	18
Figura 4.	Elaboración del biol (PROLAGO – USAID, 2012) .....	19
Figura 5.	Nivel de aplicación de biol (Serrano, 2009) .....	22
Figura 6.	Mapa de ubicación de la zona de estudio (INE, 2001) .....	25
Figura 7.	Temperatura ambiental en el periodo de estudio (SENAMHI, 2016) .....	36
Figura 8.	Precipitación pluvial en el periodo de estudio (SENAMHI, 2016).....	37
Figura 9.	Promedios para altura de planta .....	40
Figura 10.	Altura de planta registrada durante el periodo de desarrollo.....	42
Figura 11.	Prueba de Duncan para número de hojas/planta .....	43
Figura 12.	Prueba de Duncan para número de macollos/planta.....	45
Figura 13.	Prueba de Duncan para rendimiento de materia verde (kg/m <sup>2</sup> ) .....	47
Figura 14.	Prueba de Duncan para rendimiento de materia seca (kg/m <sup>2</sup> ).....	49
Figura 15.	Promedios para relación hoja/tallo .....	51

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1.	Costos de producción por tratamiento en (Bs)/ha.....	62
Anexo 2.	Costos de inversión herramientas.....	63
Anexo 3.	Temperatura y precipitación.....	63
Anexo 4.	Análisis físico – químico del biol.....	64
Anexo 5.	Análisis físico – químico del suelo.....	65
Anexo 6.	Croquis del experimento.....	66
Anexo 7.	Reconstrucción del biodigestor.....	67
Anexo 8.	Recolección de estiércol y alimentación al biodigestor.....	67
Anexo 9.	Preparación y delimitación del predio experimental.....	68
Anexo 10.	Siembra de cebada variedad IBTA – 80.....	68
Anexo 11.	Elaboración y colocado de letreros en el predio experimental.....	69
Anexo 12.	Fase de emergencia y crecimiento del cultivo de cebada.....	69
Anexo 13.	Medición de las características agronómicas (altura de planta).....	70
Anexo 14.	Conteo de número de macollos y número de hojas/planta.....	71
Anexo 15.	Producción y cosecha de biol.....	71
Anexo 16.	Aplicación de biol en las diferentes fases del cultivo de cebada.....	72
Anexo 17.	Evaluación de variables de rendimiento (materia verde kg/m <sup>2</sup> ). ....	72
Anexo 18.	Cosecha del cultivo de cebada.....	73
Anexo 19.	Determinación del rendimiento de materia seca y relación hoja/tallo. ....	73

## ABREVIATURAS

AIPAFOHL	Asociación Integral de Productores Agropecuarios de Fertilizantes Orgánicos y Humus de Lombriz.
APALIC y APLACIA	Asociación de Productores Agropecuarios Lecheros Iquiaca Centro y Iquiaca Arriba.
MDRA y MA	Ministerio de Desarrollo Rural Agropecuario y Medio Ambiente
PDLA	Programa de Desarrollo Lechero del Altiplano
GTZ	Cooperación Técnica Alemana
CIF	Centro de Investigación de Forrajes
CIAT	Centro de Investigación Agrícola Tropical
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
LCA	Laboratorio de Calidad Ambiental
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
M.V.	Materia verde
M.S.	Materia seca
t	Toneladas
g	Gramos
cm	Centímetros
ha	Hectárea
Bs	Bolivianos
Tm	Toneladas métricas
Kcal	Kilo calorías
°C	Grados centígrados
mm	Milímetros
kg	Kilogramos
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
km	Kilómetros
msnm	Metros sobre el nivel del mar

## RESUMEN

El presente trabajo se llevo a cabo en la zona del Altiplano Norte en la comunidad de Quenacagua Alta perteneciente al municipio de Pucarani de la provincia Los Andes del departamento de La Paz, durante la gestión agrícola 2015 – 2016 y como objetivo general fue: evaluar el rendimiento de materia verde y seca del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con la aplicación de tres dosis de biol en la comunidad de Quenacagua Alta del municipio de Pucarani; El experimento fue evaluado bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de dieciséis unidades experimentales en un periodo de tres meses y dos semanas. El material vegetal que se utilizo para el presente trabajo de investigación fue semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad IBTA-80, proveniente de SEFO Cochabamba y como material orgánico se utilizó biol proveniente de un biodigestor de flujo continuo implementado por el proyecto PROLAGO - USAID. Los mejores resultados obtenidos fue con el tratamiento 100% biol con 97.43 cm en altura de planta, en número de hojas/planta con el tratamiento 100% biol con 33.68 hojas, en número de macollos/planta con el tratamiento 75% biol con 8.45 macollos, presentó mayores características agronómicas. Por otra parte, el tratamiento 0% biol (Testigo) obtuvo valores inferiores de 86.90 cm en altura de planta, y numero de macollos/planta con 5.83; Respecto a las variables de rendimiento se obtuvo con el tratamiento 100% biol en relación hoja/tallo con 0.26 g/g, mientras en materia verde con 25.00 t/ha y en materia seca con 13.8 t/ha. En cambio, el tratamiento 0% biol (Testigo) presentó valores inferiores en materia verde con 11.5 t/ha y en materia seca con 6.8 t/ha. Y, finalmente en relación beneficio/costo los 4 tratamientos son rentables para la producción de cebada, pero el mejor tratamiento fue el 100 % biol con 2.173 es decir se recupera el capital invertido y se genera una ganancia de 1.73 Bs.

## ABSTRACT

The present work you carries out in the area of the North Highland in the community of High Quenacagua belonging to the municipality of Pucarani of the county The Andes of the department of The Peace, during the agricultural administration 2015 - 2016 and as general objective it was: to evaluate the yield of green and dry matter of the barley cultivation (*Hordeum vulgare* L.) with the application of three biol dose in the community of High Quenacagua of the municipality of Pucarani; The experiment was evaluated totally at random under a design of blocks with four treatments and four repetitions, with a total of sixteen experimental units in a period of three months and two weeks. The vegetable material that you uses for the present investigation work was barley seeds (*Hordeum vulgare* L.) variety IBTA-80, coming from SEFO Cochabamba and as organic material biol coming from a biodigestor of continuous flow was used implemented by the project PROLAGO - USAID. The best obtained results were with the treatment 100% biol with 97.43 cm in plant height, in hojas/planta number with the treatment 100% biol with 33.68 leaves, in macollos/planta number with the treatment 75% biol with 8.45 macollos, it presented bigger agronomic characteristics. On the other hand, the treatment 0% biol (Witness) he/she obtained inferior values of 86.90 cm in plant height, and I number of macollos/planta with 5.83; regarding the yield variables it was obtained with the treatment 100% biol in relationship hoja/tallo with 0.26 g/g, while in green matter with 25.00 t/ha and in dry matter with 13.8 t/ha. on the other hand, the treatment 0% biol (Witness) it presented inferior values in green matter with 11.5 t/ha and in dry matter with 6.8 t/ha. AND, finally in relationship beneficio/costo the 4 treatments are profitable for the barley production, but the best treatment was 100% biol that is to say with 2.173 he/she recovers the invested capital and a gain of 1.73 Bs is generated.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia el cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) por las múltiples ventajas que ofrece a los ganaderos y/o agricultores se constituye en un valioso recurso forrajero en la actividad pecuaria, es por esta razón que el cultivo de cebada está ampliamente difundida en la zona de los valles y el altiplano boliviano.

En el altiplano boliviano la producción de forrajes es de gran importancia en la actividad ganadera; sin embargo, su abastecimiento es escaso lo cual hace que el forraje existente tenga poca calidad en la alimentación del ganado bovino lechero.

La cebada tiene cualidades nutritivas principalmente en proteínas de 1,9 g en materia seca y 2,6 g en materia verde que es un valor nutritivo muy importante para la alimentación del ganado. Actualmente en el altiplano es un cultivo forrajero que ocupa el mayor área cultivada en comparación con otros cultivos (Colque, 2005).

Como forraje, la cebada tiene alta digestibilidad, proporciona alta calidad de energía metabolizada y su fibra presenta mejores cualidades para la alimentación del ganado lechero como proteínas, materia grasa, materia nitrogenada, celulosa, ceniza y agua; mientras que el grano, entre sus cualidades, presenta alta cantidad y calidad de proteínas, carbohidratos, minerales, grasas y contenido de vitamina B.

La cebada es el cereal de mayor importancia en las alturas de la zona andina de Bolivia, por ser un alimento que se utiliza para complementar las necesidades nutritivas del ganado bovino durante la prolongada época seca del año en forma de heno o ensilaje.

La cebada es uno de los cereales importantes en la alimentación humana y de los animales ya sea como planta forrajera y/o como grano, debido a ello actualmente se sitúa en el cuarto lugar de importancia entre los cereales a nivel mundial, después del trigo, maíz y arroz.

En el altiplano de La Paz, la población ganadera está sub alimentada en la época seca debido a la escases de forrajes, por lo que es necesario, lograr la producción de forrajes en las épocas lluviosas y su posterior conservación en materia seca (heno o ensilaje). Entre estos forrajes anuales, el cultivo de cebada tiene mayor importancia en las zonas andinas por su adaptación a las condiciones climáticas adversas y productividad.



Los abonos orgánicos líquidos o también denominados biofertilizantes provenientes del excremento animal como el Biol aplicados como fertilizantes orgánicos son de rápida absorción y balancean los nutrientes a la planta, lo que estimula el normal crecimiento y principalmente aumentar los rendimientos agrícolas de las cosechas; así mismo son biodegradables, no contaminan el ambiente, posibilitando que mejoren las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que es el principal elemento de origen de la vida.

### **1.1. Antecedentes**

Gutiérrez (2012), realizó un estudio en efecto de dosis y frecuencia de aplicación de biol en el cultivo de cebada en la comunidad de San Cristóbal, Provincia Los Andes, indicando que el biol induce al desarrollo de la cebada, lo cual se percibe principalmente en el rendimiento, la altura de la planta, número de macollos/planta y número de hojas/planta.

La mayor altura de planta encontrado en el cultivo de cebada fue de 131,36 cm con 100% biol cada 7 días de aplicación y sin biol fue de 115,06 cm; por otro lado en número de macollos/planta fue de 9,83 correspondiente al 100% biol y 6,93 sin la aplicación de biol. Igualmente hay diferencias en el rendimiento en materia verde que fue de 5,2 kg/m<sup>2</sup> lo cual es igual a 52 t/ha correspondiente al 100% biol, en cambio el rendimiento más bajo fue de 3,4 kg/m<sup>2</sup> lo cual es igual a 34 t/ha sin biol; por otro lado en materia seca fue de 1,28 kg/m<sup>2</sup> con 100% biol lo cual es 12,8 t/ha, en cambio el rendimiento de 0,83 kg/m<sup>2</sup> lo cual es igual a 8,3 t/ha sin la aplicación de biol (Gutiérrez, 2012).

López (2013), en el ensayo realizado sobre el efecto de niveles de biol en el cultivo de avena en el municipio de Puerto Pérez, señala que las concentraciones de biol recomendadas para la aplicación en cultivos de forraje pueden ser entre 50%, 75% y 100% de biol, con una aplicación de cada 15 días. Asimismo mencionando las diferencias en el desarrollo de la avena y en el rendimiento con las diferentes concentraciones con una aplicación de cada dos semanas, desde un mes de desarrollo hasta la floración en época de lluvia.

Donde existe diferencias en el desarrollo de altura de avena con la dosis de 100% biol con un promedio de 108.40 cm y sin biol fue de 94.77 cm y finalmente existe una diferencia en el rendimiento en materia verde que fue de 9.23 kg/m<sup>2</sup> con la dosis de 100 % biol y 8.10 kg/m<sup>2</sup> sin la aplicación de biol (López, 2013).

## **1.2. Planteamiento del problema**

El problema que existe en regiones del altiplano es la baja disponibilidad de forraje verde y seca para la alimentación del ganado lechero, esto debido a que los agricultores no tienen manejo técnico de producción de forrajes, aplicación de abonos orgánicos, fertilización de forrajeras, lo que ocasiona que la producción de forraje sea insuficiente, repercutiendo directamente en la baja producción de leche y en la economía del productor.

## **1.3. Justificación**

En el área rural del altiplano muchas familias se dedican a la crianza del ganado bovino, con fines de producción de leche, los mismos son comercializados para la subsistencia de la familia, es por tal razón, que para mantener constante y sostenida la producción lechera en la época seca, la cebada constituye en una alternativa para disponer forraje conservado en forma de heno o ensilaje.

En la actualidad la producción forrajera se realiza con poca o ninguna aplicación de fertilizantes, abonos o enmiendas, sabiendo que muchos de los agricultores de las regiones del altiplano boliviano realizan la siembra de cultivos forrajeros como la cebada con nutrientes residuales ya aprovechados anteriormente por la siembra de cultivos primarios como: papa, oca, haba, quinua y arveja, reduciendo los nutrientes en el suelo; debido al aprovechamiento principalmente de los macro nutrientes como: nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (k) por los cultivos ya mencionados, haciendo que a la larga repercuta en la disminución de la producción, siendo que como cualquier otro cultivo la cebada requiere también de nutrientes para su desarrollo y crecimiento durante su ciclo vegetativo.

El biol en los últimos años llega hacer un fertilizante foliar orgánico excelente, utilizado para la fertilización de cultivos frutales, anuales, hortalizas y forrajes con el fin de obtener un mayor rendimiento por sus múltiples ventajas que ofrece principalmente de inducir a una mayor asimilación de los nutrientes por parte de las plantas, estimula el desarrollo de la planta, estimula un mejor desarrollo radicular y foliar; además mostrando características importantes: pH 7.5, materia orgánica 85 %, nitrógeno 2,6 %, fosforo 1.5 % y potasio 1.0 %. De acuerdo a estudios realizados por la GTZ EnDev Bolivia (2012).

Es por tal razón, que el presente trabajo de investigación tiene la finalidad de incrementar la producción de forraje, mediante la aplicación de tres diferentes dosis de fertilización foliar orgánica, con el objetivo de obtener un mayor rendimiento de biomasa foliar y de esta manera, tener mayor cantidad de alimento para el ganado lechero y también nos permitirá generar información y alternativas de producción que contribuyan a incrementar la producción en gran escala del cultivo en estudio.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar el rendimiento de materia verde y seca del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con la aplicación de tres dosis de biol en la comunidad de Quenacagua Alta del Municipio de Pucarani.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las características agronómicas del cultivo de cebada con la aplicación de tres dosis de biol como fertilizante foliar.
- Evaluar el rendimiento de forraje en materia verde y seca con la aplicación de tres diferentes dosis de biol (50%, 75% y 100%).
- Evaluar el beneficio costo de la producción de cebada, con tres dosis de fertilización con biol.

#### **1.5. Hipótesis**

- No existe diferencias significativas en el rendimiento de cebada con tres dosis de biol.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Origen de la cebada**

Según Robles (1990) y López (1991), mencionan que la cebada es originaria de la parte occidental de Asia donde existe mayor número de tipos y formas de género *Hordeum* considerándose como el centro de distribución y diversidad genética, siendo hoy en día cultivada en casi todo el mundo.

Asimismo Infoagro (2012), señala que el cultivo de cebada se conoce desde tiempos remotos y se supone que procede de dos centros de origen situados en el sud este de Asia y África septentrional. Se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura.

### **2.2. Importancia y usos de la cebada**

Parsons (1984), indica que el cultivo de la cebada representa una de las actividades agrícolas de mayor importancia en la dieta de la población ganadera y en la rotación de cultivos, de igual manera el subproducto de este cereal que es la paja sirve de cama en los establos, como agregado en los forrajes, en la artesanía y para la construcción de chozas.

Mamani *et al.* (1999), el crecimiento paulatino de la población ganadera y la escasez de forraje durante los últimos años, influyó considerablemente en la búsqueda de alternativas para incrementar la producción de biomasa forrajera. Muchos cultivares nuevos, en el mercado de semillas de cebada, se cultivan en la zona de los valles y no en el altiplano.

Squella y Ormeño (2007), señalan que en la época de estiaje son críticos en cuanto a la disponibilidad de forraje y valor nutritivo, respectivamente la utilización de cebada representa una opción válida para mejorar el balance forrajero en el predio.

El grano de cebada se emplea principalmente en la alimentación del ganado, aunque también es utilizada como planta forrajera, en pastoreo, heno o ensilado, sola o con leguminosas forrajeras. La paja de cebada está considerada como buen alimento para el ganado. En menor escala, la cebada se emplea como alimento para consumo humano, en productos dietéticos, triturada o molida y para preparar diversos platillos. También se

mezcla con harina de otros cereales en la fabricación de pan, así como en la fabricación de alcohol y bebidas (García, 2007).

Según Colque (2005), señala que la cebada ocupa un lugar muy importante en los sistemas agrícolas, en la alimentación del ganado, rotación de cultivos, obtención de subproductos, industrialización y en la alimentación humana.

### 2.3. Principales países productores de cebada

Infoagro (2012), citando en FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), muestra en el cuadro 1 a los principales países más productores de cebada a nivel mundial.

**Cuadro 1. Principales países productores de cebada a nivel mundial**

Países	Producción año 2001 (millones de toneladas)	Países	Producción año 2001 (millones de toneladas)
Alemania	13.589.000	China	4.000.000
Canadá	11.103.300	Polonia	3.339.747
Francia	9.851.000	Kazajstán	2.330.000
Ucrania	7.100.000	República Checa	1.850.000
España	6.944.500	Finlandia	1.850.000
Reino Unido	6.690.000	Suecia	1.600.000
Turquía	6.600.000	Irán	1.400.000
Australia	5.893.000	Marruecos	1.216.000
E.E.U.U.	5.737.510	Uruguay	225.200
Dinamarca	4.100.000		

Fuente: FAO (2012).

### 2.4. Zonas productoras de cebada en Bolivia

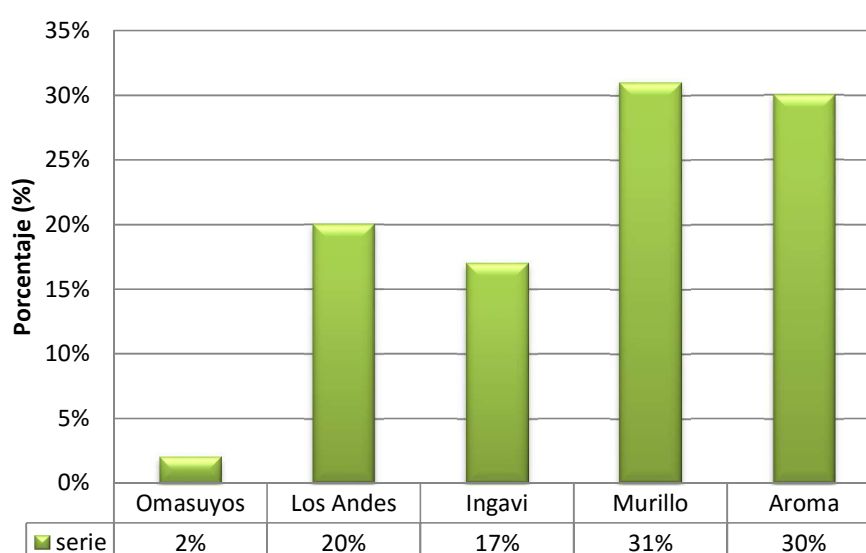
Cordoba (1994), menciona que las zonas de mayor producción de cebada se encuentran en los departamentos de La Paz y Oruro, las que tienen más del 80 % de la superficie destinada a producción de forraje y grano, el 20 % restante que está repartida entre los departamentos de Chuquisaca, Potosí, Cochabamba, Tarija y Santa Cruz.

Además el mismo autor señala que más del 90 % del cultivo de cebada es a secano, ya que en tierras bajo riego existen otros cultivos más competitivos económicamente como la papa, maíz, etc.

Según INE (2001), menciona que la superficie cultivada de cebada en berza en Bolivia tiene un promedio de 66.865 ha.

Según MDRA y MA (2008), menciona que en el departamento de La Paz la superficie sembrada con cebada es de 45.838 ha con un promedio de producción en materia verde de 2.6 t/ha.

En la grafica que se presenta a continuación se observa el porcentaje de participación de cada provincia en la siembra por especie:



**Figura 1. Porcentaje de superficie sembrada de cebada por provincia del departamento de La Paz 1998 – 2006 (PDLA, 2007).**

## 2.5. Taxonomía

La clasificación taxonómica de la cebada según Rojas (2001), es la siguiente:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Cyperales
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Hordeum</i>
Especie:	vulgare
Nombre común:	Cebada "Wat´a"

## 2.6. Descripción botánica

Según Robles y Garza (1990), mencionan la siguiente descripción botánica de la cebada:

- **Raíz.** El sistema radicular está compuesto por raíces fibrosas, al igual que el trigo son de dos clases: las primarias o seminales, y las secundarias o adventicias. Las seminales están preformadas en el embrión y son reemplazadas en el estado de plántula, por raíces adventicias, las que se desarrollan de los nudos inferiores del tallo.
- **Tallo.** El tallo es cañoso, erecto y ascendente, con nudos y entrenudos, siendo los entrenudos basales cortos y gradualmente más largos hacia el ápice, pueden alcanzar una altura de hasta un metro.
- **Hoja.** La hoja es lanceolada, se presentan en número de 4 a 6 en cada tallo, cada hoja está formada por dos partes principales que son la vaina y la lámina, además de dos estructuras accesorias, lígula y las aurículas.
- **Inflorescencia.** Las espiguillas están compuestas por una flor, que están reunidas en número de tres sobre cada diente del eje, el cual está articulado.
- **Flor.** La flor es hermafrodita, presentan un estilo que llevan unos estigmas plumosos a los que les rodean tres estambres. Todo el conjunto floral está

encerrado en una casilla floral llamada antecio, formada por dos brácteas llamadas glumelas; de las dos glumelas, la inferior recibe el nombre de lema y la superior palea.

- **Fruto.** El fruto es una cariósida de forma puntiaguda en uno de sus extremos y aunque puede ser desnudo, en la generalidad vestido, detalle que depende de la variedad.

## 2.7. Fases fenológicas del cultivo de cebada

Arellano (2012), describe de la siguiente manera la fase fenológica de la cebada:

- Siembra a emergencia de 0 a 10 días
- Emergencia a inicio de macollo de 11 a 30 días
- Inicio de macollo a fin de macollo de 31 a 45 días
- Fin de macollo a inicio de encañado de 46 a 60 días
- Inicio de encañado de 61 a 75 días
- Espigadura de 76 a 80 días
- Formación de semillas de 81 a 110 días
- Madurez de 111 a 140 días

## 2.8. Características nutritivas de la cebada

Según Infoagro (2012), el aporte nutricional por cada 100 g. de cebada se muestra en el siguiente Cuadro 2:

**Cuadro 2. Aporte nutricional por 100 g de cebada.**

Composición (Nutrientes)	Cantidad (materia verde) (g)	Cantidad (materia seca) (g)
Proteínas	2.50	1.90
Materia grasa	0.50	1.70
Materia nitrogenada	8.80	43.80
Celulosa	5.60	34.40
Ceniza	1.70	4.00
Agua	80.90	14.20

Fuente: Infoagro (2012).



## 2.9. Valor nutritivo de la cebada forrajera

En el cuadro 3, se presenta los valores nutricionales de la cebada en base seca:

**Cuadro 3. Composición de la cebada en % de materia seca en verde y como paja.**

Nutriente analizado en materia seca (%)	Estado del forraje			
	Cebada paja	Cebada verde	Cebada heno	Cebada ensilaje
Materia seca	88	30.38	87	35
Proteínas	2.21 – 3.8	8.6 – 13.09	8.7	8.7
Materia no nitrogenada	51.05	46.07		
Celulosa	40.09	29.32		
Total carbohidratos	91.14	75.39		
Materia grasa	1.98	2.56		
Cenizas	4.66	8.9		
Energía Mcal	1.4	2.11	2.04	2.04

Fuente: INFOAGRO (2005), citado por Mendoza (2009).

En el siguiente cuadro 4, se compara el valor nutricional del Forraje de cebada en diferentes formas en materia seca y comparada con otras formas de cebada como fuente de alimentos, donde se puede apreciar su ventaja en todos los indicadores de calidad por alimento.

**Cuadro 4. Composición bromatológica de la cebada en diferentes formas**

Nutriente analizado	Análisis nutritivo de la cebada			
	Cebada hidropónica	Cebada concentrado	heno	paja
Energía (Kcal/kg MS)	3216	3000	1680	1392
Proteína Cruda (%)	25.0	30	9.2	3.7
Digestibilidad (%)	81.6	80	47	39
Kcal. Digestible/kg	488	2160	400	466
kg Proteína digestible/ Tm	46.5	216	35.75	12.41

Fuente: Sepúlveda (1994), citado por Mendoza (2009).

## **2.10. Requerimientos climáticos del cultivo de cebada**

### **2.10.1. Temperatura**

Robles (1986), menciona que la cebada desarrolla en una temperatura mínima de 3 a 4 °C una óptima de 20 °C y una máxima de 28 a 30 °C. En cuanto a la humedad prospera mejor en condiciones secas.

López (1991), señala que el cultivo de cebada requiere de una temperatura óptima de crecimiento durante el periodo vegetativo de 15 °C y de 17a 18 °C en el espigado. La cebada es considerada como cultivo resistente a la sequía. Sus necesidades de agua para producir una unidad de peso de grano son menores que en otros cereales.

### **2.10.2. Precipitación**

Según Infoagro (2012), señala que el cultivo de cebada en zonas que tienen una altura de 2000 a 4000 msnm, requiere una precipitación pluvial anual de 300 a 600 mm, durante el ciclo vegetativo de las variedades.

Guerrero (1984), citado por Gutiérrez (2012), afirma que el cultivo de cebada tiene el coeficiente de transpiración superior al cultivo de trigo, aunque por ser de ciclo corto, la cantidad de agua absorbida es algo inferior. La cebada tiene como ventaja que exige más agua al principio de su desarrollo que al final.

### **2.10.3. Suelo**

López (1991), señala que la cebada crece bien en suelos francos o ligeramente arcillosos, bien drenados. Los suelos con excesivo nitrógeno inducen al encamado. La cebada es más tolerante que otros cereales a los suelos básicos y menos tolerantes a los suelos ácidos, el pH del suelo debe estar comprendido entre 6 – 8,5 debido a que la cebada es el cereal de mayor tolerancia a la salinidad.

## **2.11. Particularidades del cultivo**

### **2.11.1. Preparación del terreno**

El cultivo de la cebada requiere de suelos con buen drenaje y bien preparado para lograr altos rendimientos de forraje, pero en forma general se recomienda barbechar (arar o

voltrear el suelo), rastrear, levantar bordos y canales para el riego. (INIAF – Bolivia s.f.)

### **2.11.2. Profundidad de siembra**

Según Gutiérrez (2012), señala que no debe enterrarse más de 3 ó 4 centímetros, sobrepasando los 5 ó los 6 cm de profundidad, el grano no llega muchas veces a aflorar a la superficie.

Según Enriquez (1998), la semilla debe ser colocada al suelo a una profundidad de un puño (5 a 8 cm).

### **2.11.3. Densidad de siembra**

Robles (1990), citado por Colque (2005), menciona que la densidad de siembra en el caso de la cebada para forraje se recomienda de 90 a 120 kg/ha.

Según Robles (1986), citado por Huiza (2008), menciona que la población óptima por unidad de superficie estará de acuerdo con cada región agrícola con sus condiciones ecológicas y edáficas y también la variedad para producir el máximo de rendimiento.

Enriquez (1998), menciona que si cultivamos la cebada para producción de grano se necesita de 80 a 90 kg/ha y si es para el forraje (cebada berza) de 90 a 100 kg/ha.

### **2.11.4. Variedades**

Enriquez (1998), señala que existen muchas variedades de cebada destinada a la producción de grano y forraje. Las más conocidas son: IBTA-80, Warisata, Bolivia, Quchala, San Benito, Kolla, Runa y otras.

Prieto y Alzerreca (1990), mencionan que las variedades de cebada más adaptadas al altiplano y con rendimientos altos son IBTA – 80 y lucha.

### **2.11.5. Abonamiento del cultivo**

Rodríguez (1982), menciona que la cebada para forraje en secano que produce unos 2000 kg/ha necesita como promedio en kg/ha N: 50 a 80; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 40 a 70 y K<sub>2</sub>O: 40 a 60. Una cebada de regadío que produzca unos 5000 kg/ha de materia seca tiene las siguientes necesidades en kg /ha: N: 150 a 200; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 50 a 120 y K<sub>2</sub>O: 75 a 100.

Según Vigliola (1992), la fuente más importante para el cultivo es el estiércol que por su aporte de materia orgánica posee una acción física más favorable la agregación, una acción biológica por el aporte de microorganismos y también una acción química ya que la descomposición de materia orgánica libera ácidos que solubilizan nutrientes de compuestos orgánicos.

#### **2.11.6. Altura de la planta**

Melgarejo (1999), en el Centro de Investigación de Forrajes (CIF), se encontró promedios de las alturas de planta de las líneas 22 IBON L-136 y Gloria con 93.33 cm y 95.77 cm; 22 IBON L-144 con 95.67 cm; 19 IBYT L-18 con 89.17 cm de altura.

Colque (2005), en la evaluación de variedades y líneas de cebada, bajo épocas de siembra en la provincia Pacajes encontró promedios en la 1ra época de siembra de 100.3 y 94.8 cm en altura de planta.

Huiza (2008), en efectos de la densidad de siembra y abono orgánico en el comportamiento agronómico de la cebada en el municipio de Tiahuanaco encontró promedios de 76.5 cm (60 kg/ha y 5 t/ha), 70.3 cm (100 kg/ha y 5 t/ha) y por ultimo 64.5 cm (140 kg/ha y 5 t/ha) en altura de planta.

#### **2.11.7. Macollamiento**

Gutiérrez (2012), en efecto de dosis y frecuencia de aplicación de biol en el cultivo de cebada en la provincia Los Andes encontró un promedio similar de 8.30 macollo/planta con (75% biol) y 6.93 macollos/planta con 0% biol.

Quispe (1999), en un estudio de especies y variedades de avena, cebada y triticale para la producción de forraje en el altiplano central en Choquenaira en condiciones de secano, encontró un promedio de 6.46, 5.46 y 3.40 macollos por planta de las especies estudiadas.

Paye (2012), en la evaluación realizada en el comportamiento agronómico de tres variedades de cebada forrajera bajo tres épocas de siembra en el altiplano central obtuvo 2.6 macollos/planta en la primera época, en la segunda época registro 3.4 macollos/planta y luego en la tercera época encontró 2.58 macollos/planta.

#### **2.11.8. Numero de hojas/planta**

Huiza (2008), en efectos de la densidad de siembra y abono orgánico en el comportamiento agronómico de la cebada en el municipio de Tiahuanaco encontró promedios de 25.7 (60 kg/ha y 5 t/ha) y 22.5 (100 kg/ha y 5 t/ha) en número de hojas/planta.

#### **2.11.9. Importancia de relación hoja/tallo**

Respecto Meneses y Rodríguez (2003), indican este parámetro como el factor más importante desde el punto de vista de la producción de forrajes; puesto que en las hojas se tienen más nutrientes (en especial proteínas) y su digestibilidad es mayor. Por ello, un valor alto para esta variable es señal de una mejor calidad forrajera del cereal.

#### **2.11.10. Rendimiento en materia verde y seca**

Gutiérrez (2012), en efecto de dosis y frecuencia de aplicación de biol en el cultivo de cebada en la comunidad de San Cristobal, Provincia los Andes encontró un promedio similar con 100% biol en materia seca de 1.28 kg/m<sup>2</sup> y el Testigo sin biol presento un promedio de 0.83 kg/ m<sup>2</sup>.

SEFO (1997), citado por Gutiérrez (2012), en la evaluación del rendimiento en dos variedades de cebada en condiciones del altiplano del municipio de Patacamaya encontró promedios de 2.16 y 1.88 t/ha en materia seca.

#### **2.11.11. Cosecha**

García (2007), la cosecha o corte se realiza cuando más del 50% del cultivo se encuentra en etapa de floración y el grano está lechoso, que es el momento en que más ventajas tiene como cultivo forrajero: otra forma de cosecha es cortar en forma mecánica, preparar las pacas y así trasladarlas a un lugar seguro para su posterior comercialización.

Aitken (1987), se corta con hoces, a mano y en grandes sembradíos se hace la cosecha con maquinaria.

### 2.11.12. Principales enfermedades

Maydana (2007), señala que el carbón descubierto de la cebada, *Ustilago nuda* muestra síntomas principalmente en las espigas, cubiertas de una masa de esporas que destruyen totalmente los granos quedando solo el raquis pelado.

El mismo autor señala que la Mancha listada de las hojas de cebada o Royado de la cebada, *Helminthosporium gramineum* se presenta en las hojas inferiores de la planta, unas o varias rayas largas y angostas de color.

### 2.12. Fertilizantes orgánicos

Piñuela (2000) citado por Quispe (2013), define fertilizantes orgánicos como un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal o animal, que tienen la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo.

Los fertilizantes orgánicos son los más utilizados en la agricultura ecológica, existe una gran diversidad de este tipo de fertilizantes, pero los más extendidos son los estiércoles y purines de diferentes animales. En principio, estos fertilizantes disponen de la mayoría de los nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos (Navarro, 2007).

### 2.13. Efecto de materia orgánica en las propiedades del suelo

Mamani (2006), indica que algunos autores hacen referencia a las propiedades físicas, químicas y biológicas que son favorecidos por el uso de materia orgánica, como se detalla en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Efecto de materia orgánica en las propiedades del suelo**

Propiedades físicas	Propiedades químicas	Propiedades biológicas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora la estructura y permeabilidad del suelo.</li> <li>- Baja la densidad aparente del suelo.</li> <li>- Incrementa la capacidad retentiva de agua y la temperatura del suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico del suelo y la disponibilidad de nutrientes.</li> <li>- Forma compuestos fosfóricos que alarman la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incrementa la actividad microbiana.</li> <li>- Es la fuente de energía y carbono para los organismos heterótrofos.</li> <li>- Estimula el crecimiento de las plantas por la</li> </ul>

(captación de radiación). - Reduce las pérdidas del material fino por la erosión.	retro degradación del fósforo. - Atenúa la retro degradación del potasio. - Poder tampón del suelo, evitando variaciones bruscas del pH.	acción de los ácidos húmicos sobre diversos procesos metabólicos especialmente sobre nutrición mineral.
--	--	---

Fuente: Mamani (2006).

#### 2.14. El biol

Para PROLAGO - USAID (2012), el biol es un abono ecológico que se produce por la fermentación del estiércol dentro del biodigestor, su uso aumenta el rendimiento de los cultivos.

Paco (2012), define que el biol es el resultado de la descomposición de la materia orgánica (animal y vegetal) dentro de un atmosfera anaeróbica (en ausencia de oxígeno) el biodigestor dando como producto al fertilizante ecológico con características ricas en nutrientes para las plantas.

Es un abono foliar orgánico, también llamado biofertilizante líquido, resultado de un proceso de fermentación anaeróbica de restos orgánicos de animales y vegetales (Álvarez, 2010).

Serrano (2009), considera que el biol es un fertilizante foliar que favorece el desarrollo foliar de las plantas. Asimismo sostiene que el biol tiene efectos favorables en las propiedades químicas y biológicas del suelo.

Fernando (2010), es un abono foliar orgánico, también llamado biofertilizante líquido, resultado de un proceso de fermentación en ausencia de aire (anaeróbica) de restos orgánicos de animales y vegetales (estiércol, residuos de cosecha).

Para Cavasa (2007), el biol es una fuente de fitoreguladores producto de la descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos que se obtienen por medio de la filtración o decantación del bioabono.

Gomero (1999), considera que el biol no es más que abonos en base a la fermentación de residuos orgánicos que generalmente se aplican foliar mente de la planta.

### 2.15. Tipos de biol

Paco (2012), citado por Quispe (2013), menciona que los tipos de biol existente son:

- **Materia orgánica animal**, son estiércoles de los animales mayores y menores, que resultan como desechos del proceso de la digestión de los alimentos que consumen, como ser: vaca, porcinos, ovinos, camélidos, cuyes y otros.
- **Materia orgánica vegetal**, son residuos de origen vegetal, que se descomponen rápidamente, como ser: restos vegetales, rastrojos, residuo orgánico (restos de cocina).
- **Materia orgánica animal y vegetal**, son la mezcla de los estiércoles de los animales más restos vegetales o residuo orgánico.

### 2.16. El biodigestor

Según PROLAGO - USAID (2012), un biodigestor es un tanque de plástico muy bien cerrado que al ser cargado con estiércol fresco y agua produce biogás y biol (abono ecológico).

El biodigestor es un sistema cerrado de digestión anaeróbica de la materia orgánica, del cual se obtiene principalmente biol y biogas en menor proporción el biosol (Serrano, 2009).

GTZ EnDev Bolivia (2012), considera que el biodigestor es una bolsa de plástico grande (nylon grueso especial) donde se introduce estiércol mezclando con agua. Al no existir aire dentro del biodigestor, el estiércol se fermenta produciendo biogás que se utiliza para cocinar. La parte que no se convierte en biogás se transforma en un fertilizante líquido natural ecológico llamado biol. El biodigestor familiar, al ser de plástico, debe estar semi-enterrado en una zanja abierta en el suelo.

El mismo autor, indica que en el altiplano, el biodigestor debe estar bajo una carpa solar para protegerlo del frío e instalarlo con orientación de este a oeste, como se detalla en la Figura 2



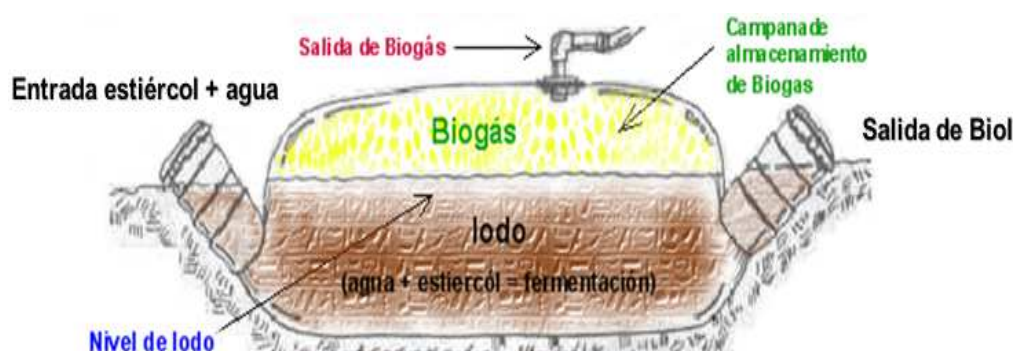


Figura 2. Diseño de un biodigestor (GTZ EnDev Bolivia, 2012)

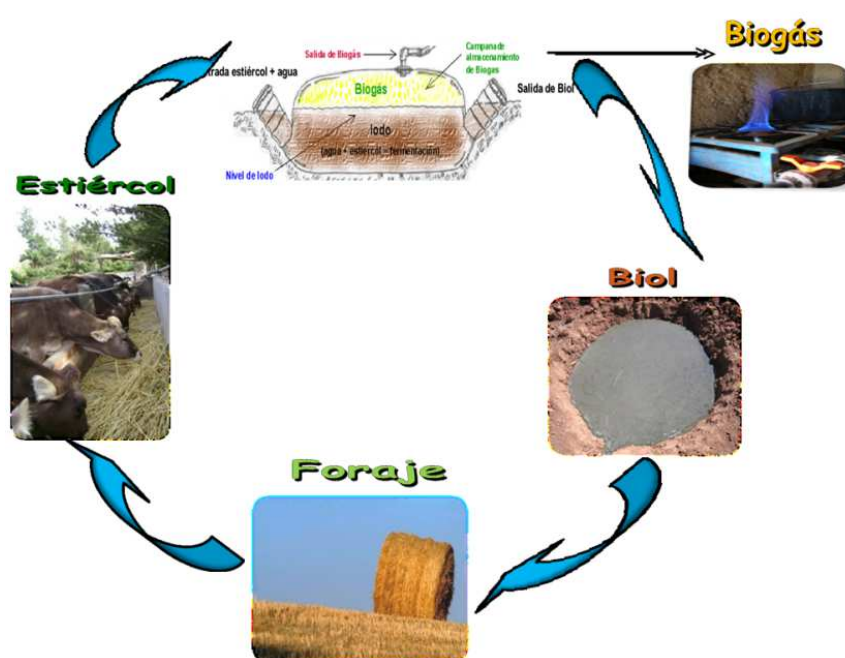


Figura 3. Esquema de funcionamiento de un biodigestor (GTZ EnDev Bolivia, 2012)

### 2.16.1. Capacidad de producción del biodigestor

Para PROLAGO – USAID (2012), el biodigestor mide 8 metros de largo por 1.7 metros de ancho, para que el Biodigestor produzca Biogás y Biol se debe esperar aproximadamente dos meses, es decir, no produce Biogás y Biol de manera inmediata. Instalado ya el Biodigestor, inicialmente se debe llenar con una primera carga de 21 baldes (baldes de 20 litros) de estiércol mezclados con 63 baldes de agua (baldes de 20 litros), suficientes para tapar todos los tubos de entrada y salida del Biodigestor.

Luego se debe alimentar diariamente con 20 kilos de estiércol (aproximadamente 1 balde de 20 litros) mezclados con 60 litros de agua (3 baldes de 20 litros), transforma cada día aproximadamente: biogás suficiente para 3 horas de cocina y 70 litros de biol, en caso de no alimentarlo diariamente no se tendrá biogás ni biol y se tiene el riesgo de que la mezcla vaya a secarse (PROLAGO – USAID 2012), como se detalla en la figura 4.



Figura 4. Elaboración del biol (PROLAGO – USAID, 2012).

#### 2.16.2. Descomposición de la materia orgánica en el biodigestor

Restrepo (2001), indica que a mayor temperatura mayor es la fermentación y a menor temperatura es menor la fermentación. El mismo autor, explica que para asegurar el ciclo biológico de las bacterias en el proceso de biodigestión anaeróbica, es necesario que se presenten las siguientes condiciones óptimas:

- **Temperatura**, las bacterias mesofílicas completan su ciclo biológico en el ámbito de 15 a 40 °C con una temperatura óptima de 35 °C. Las bacterias termofílicas cumplen sus funciones en el ámbito de 35 a 60 °C con una temperatura óptima de 55 °C.
- **Hermetismo**, para que el proceso de digestión se lleve a cabo en forma eficiente, el tanque de fermentación debe estar herméticamente cerrado; es decir no debe existir presencia de oxígeno.
- **Tiempo de retención**, es el tiempo promedio en la que la materia es degradada por los microorganismos, se ha observado que a un tiempo corto de retención, se produce mayor cantidad de biogás, pero con un residuo de (biol) de baja calidad; para tiempos largos de retención se obtendrá un menor cantidad de biogás, pero

con un residuo (biol) más degradados y con excelentes características como fuente de nutrientes.

- **Agitación**, esta práctica es importante para establecer el mejor contacto de las bacterias con el sustrato.

### 2.16.3. Elaboración del biol

Diariamente se obtienen 80 litros de Biol. Una vez que el Biol es recolectado en un balde, se debe tamizar o cernir. Debido a que el Biol obtenido tiene una elevada concentración de nutrientes, para obtener el Biol (abono ecológico) que sea aprovechado por los cultivos, se debe mezclar con agua, en una relación de 1 litro de Biol con 1 litro de agua. Es recomendable usar el Biol (abono ecológico) inmediatamente después de recolectarlo y prepararlo (PROLAGO – USAID, 2012).

### 2.17. Composición del biol

Para GTZ EnDev Bolivia (2012), el biol tiene la siguiente característica: pH 7.5, Materia orgánica 85%, Nitrógeno (N) 2.6%, Fósforo (P) 1.5% y Potasio (K) 1.0%.

Por otra parte Quino (2007), indica que el biol está compuesto por: **Nitrógeno** en forma de amonio; **aminoácidos** los que ayudan a la síntesis de tres productos como **hormonas**, enzimas y proteínas, su base de estos tres es NH<sub>2</sub> grupo amino; hormonas como las auxinas y giberelinas; **vitaminas** como, purinas tiaminas, riboflavinas y piroxinas; con un efecto repelente a las plagas y en contra de las heladas.

Rodríguez (2003), en la Unidad Académica Campesina de Tiahuanacu determinó la siguiente composición química del biol: materia seca 1.07%, densidad 0.99 g/mL, nitrógeno total 0.40 mg/mL, fósforo total 0.08 mg/mL potasio total 0.41 mg/mL y materia orgánica 5.29 mg/mL.

En estudios realizados por Gutiérrez (2012), menciona que el biol contiene Nitrógeno 0.07%, Fósforo 0.01%, Potasio 0.09%, pH 7.6 y Materia orgánica 0.35%.

### 2.18. Ventajas del biol

GTZ EnDev Bolivia (2012), muestra las ventajas o beneficios de biol en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Ventajas de biol**

Producto	Planta	Suelo
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecológico libre de contaminante químicos.</li> <li>- Fertilizante rico en nutrientes.</li> <li>- Se obtiene a base estiércol y agua.</li> <li>- Se puede aplicar de manera directa a los cultivos.</li> <li>- Costo de producción mínima y sencilla aplicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor asimilación de nutrientes por parte de las plantas.</li> <li>- Estimula el desarrollo de la planta.</li> <li>- Estimula un mejor desarrollo radicular y foliar.</li> <li>- Se puede remojar la semilla.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora el suelo (disponibilidad de nutrientes en el suelo).</li> <li>- Activa los procesos biológicos del suelo (microorganismos).</li> <li>- Reemplaza a los fertilizantes químicos y no contamina el suelo.</li> <li>- Mejora la estructura del suelo.</li> </ul>

Fuente: GTZ EnDev Bolivia (2012).

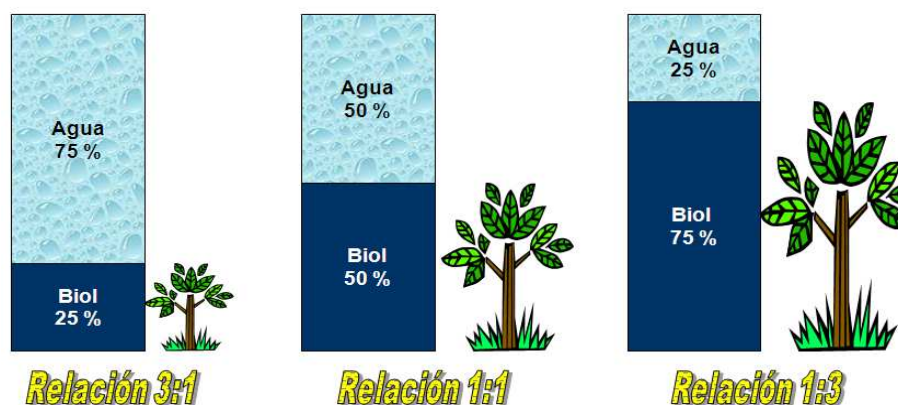
### 2.19. Aplicación foliar del biol

PROLAGO-USAID (2012), explican que el biol obtenido tiene una elevada concentración de nutrientes, para obtener el biol que sea aprovechado por los cultivos se debe mezclar con agua, en una relación de 1 litro de biol con 1 litro de agua.

Según Restrepo (2001), las aplicaciones foliares es mezclar una parte del preparado por dos partes de agua, con intervalos entre aplicación de más o menos 10 días.

Brechelt (2004), menciona que las concentraciones deben ser entre 25 al 75%, se debe aplicarse 3 a 5 veces al follaje con 400 a 800 litros por hectárea dependiendo de la edad del cultivo.

Serrano (2009), indica que el biol a mayor cantidad de aplicación, mayor es el desarrollo del cultivo de forraje y a menor cantidad de aplicación de biol, menor desarrollo del cultivo de forraje, como se muestra en la figura 5



**Figura 5. Nivel de aplicación de biol (Serrano, 2009)**

GTZ EnDev Bolivia (2012), considera que el biol en los cultivos anuales es recomendable aplicar desde la semilla hasta la floración de la planta. En caso de frutas hasta el 3 años de plantación definitiva, en hortalizas (ver si es de hoja, tallo, raíz o fruto), aplicar después de la cosecha y en forrajes aplicar inmediatamente después del corte (alfalfa y pastos), como se detalla en el Cuadro 7 y 8

**Cuadro 7. Cada qué tiempo debo aplicar y cuanto**

Cultivos	Dosis de biol preparado 1:3	Frec. de aplicación	Método
Hortalizas	15 mochilas de 20 litros para 1ha	Cada 7-10 días	Aspersión
Cultivos anuales	24 mochilas de 20 litros para 1ha	Cada 10-15 días	Aspersión
Frutales perennes	1-2 litros	Cada 15-30 días	Localizado
Forrajes	25 mochilas de 20 litros para 1ha	Cada 15 días	Aspersión

Fuente: GTZ EnDev Bolivia (2012)

**Cuadro 8. Aplicaciones del biol**

Aplicación	Cuanto	Cuando	Como
Surco	Corrido	Antes de sembrar	Echar

Semilla	6 horas	La noche antes de sembrar.	Remojo
Aspersión	20 litros mochila 5 biol+ 15 agua	Antes de la floración por las tarde o al amanecer por las mañanas.	Asperjando por las hojas.
Riego por inundación	20 litros/balde biol puro.	En aporque, después de corte.  Antes de la floración.	Echar al canal de riego inundando o echar de forma localizado a las plantas.
Foliar	20 litros mochila 5 biol+ 15 agua.	A la mañana después de la helada, no aplicar al medio día, tarde desde las 14:30 pm	Asperjando en las hojas.

Fuente: GTZ EnDev Bolivia (2012)

## 2.20. Uso del biol

Según Clauere (1992) citado por Gutiérrez (2012), el biol se puede emplear en forma pura y en disoluciones crecientes a razón de 600 litros por hectárea, ya sea por aspersión o por imbibición a la semilla, con resultados positivos en la mayoría de los cultivos.

Colque *et al.* (2005), consideran que la aplicación del biol acelera el crecimiento, desarrollo, mejora la producción y productividad de las cosechas en los diferentes cultivos.

Los abonos líquidos aumentan la producción de los cultivos, dan resistencia a las plantas contra el ataque de las plagas y enfermedades, permitiendo soportar las condiciones drásticas de sequía y heladas (CIAT, 1999).

Alanoca (2006), indica que el biol aumenta el área foliar de una planta también se incrementa la actividad fotosintética, donde existe una mayor área foliar expuestas a la luz, a su vez señala que la medida del área foliar es importante para evaluar el comportamiento de los cultivos por su relación directa para la productividad del cultivo.

Es recomendable usar el Biol (abono ecológico) inmediatamente después de recolectado y preparado, en caso de querer almacenar se lo debe hacer en un envase plástico que este a la sombra. El periodo máximo de almacenamiento del Biol (abono ecológico) es de dos semanas (PROLAGO – USAID, 2012).

Medina (1989), indica que el biol es el afluente líquido que promueve el crecimiento en la zona trofógena de los vegetales por un incremento apreciable en el área foliar efectiva; (en especial cultivos anuales y semi perennes).

### **2.21. Análisis de costos parciales de producción**

El objetivo de una evaluación económica propuesta por el CIMMYT (1988), consiste en demostrar la viabilidad financiera de un proyecto mediante una metodología sobre el presupuesto parcial y el análisis marginal, como herramienta útiles para determinar las implicaciones económicas en costos y beneficios al analizar los resultados. Para tal efecto, se toman los siguientes aspectos económicos.

- **Presupuesto parcial.-** Es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales, con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos.
- **Costos variables.-** Son los costos por hectárea relacionados con los insumos comparados, la mano de obra y maquinaria, que varía de un tratamiento a otro.
- **Rendimiento ajustado.-** Es el rendimiento medio reducido en un cierto porcentaje de 5 a 30% con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y lo que el agricultor podría lograr con ese tratamiento.
- **Beneficio bruto.-** El beneficio bruto resulta de la multiplicación entre el rendimiento ajustado y por el precio del producto.
- **Beneficio neto.-** El beneficio neto es el beneficio total bruto del campo menos el total de los costos variables.
- **Relación beneficio/costo.-** Explica, que el mayor a 1 permite recuperar la inversión inicial y se adquiere la ganancia adicional, por ende el Beneficio/Costo es igual a 1 solo se recupera las inversiones y no existe margen de ganancia y si en caso que el Beneficio/Costo sea menor a 1 simplemente se desaprovechan las inversiones.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

##### 3.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Quenacagua Alta perteneciente al municipio de Pucarani de la provincia Los Andes del departamento de La Paz, se encuentra geográficamente a  $54^{\circ}47'58''$  de latitud sur y  $81^{\circ}85'39,8'$  de longitud oeste, a una altitud de 3856 msnm y a 71 km al oeste de la ciudad de La Paz (Google Earth, 2016).

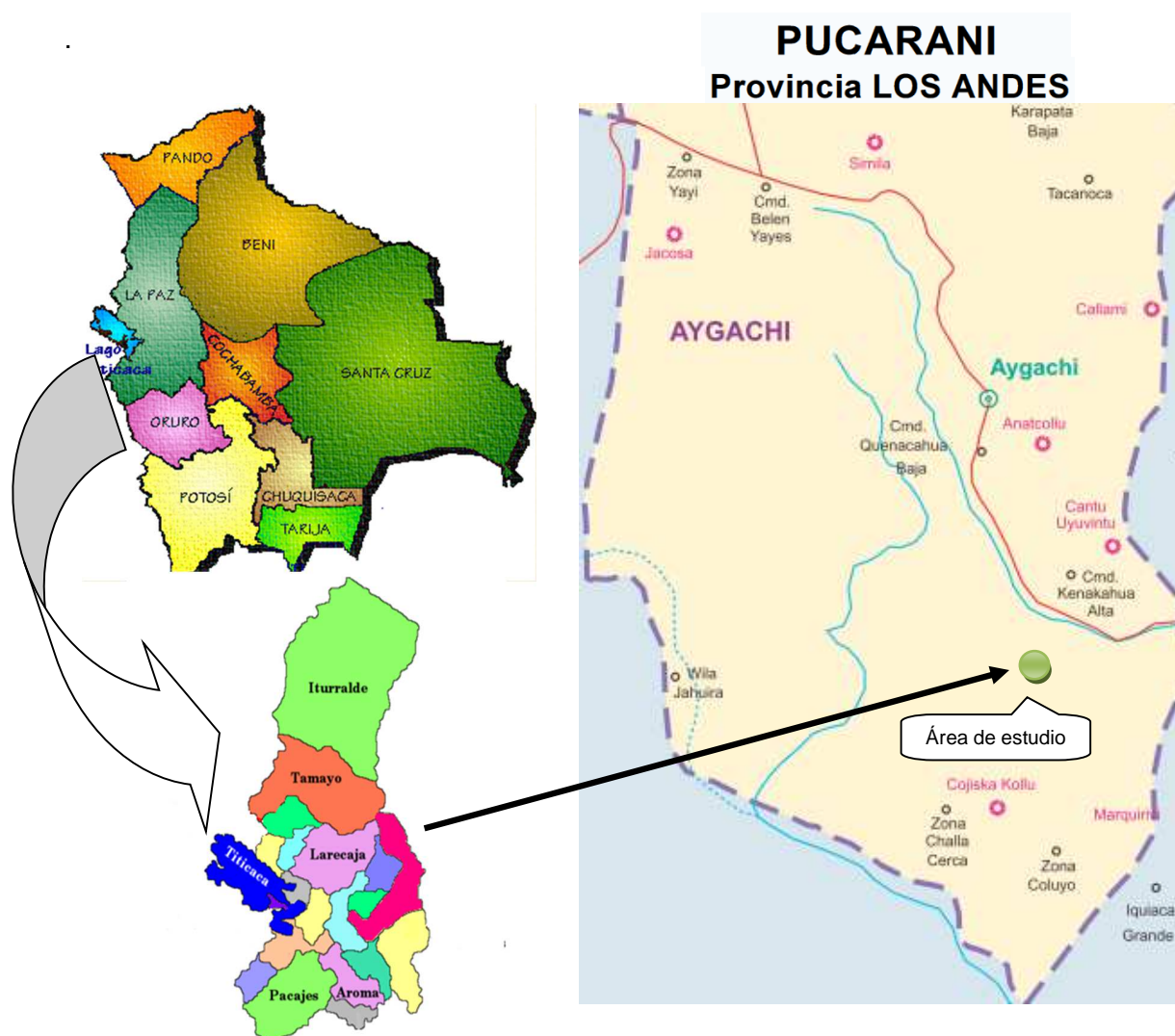


Figura 6. Mapa de ubicación de la zona de estudio (INE, 2001).



### 3.1.2. Características ecológicas

El P.D.M. (2007), del municipio de Pucarani indica que la cuenca del Altiplano, se caracteriza por tener clima templado-frío. Por su altitud recibe una mayor cantidad de radiación solar que hoy en día ha incrementado su efecto negativo. Los suelos del municipio se caracterizan en su mayoría por ser francos arenosos y francos arcillosos.

Según Montes de Oca (2005), la provincia Los Andes se sitúa en la zona agro-ecológica del altiplano norte, esta región se caracteriza por ser húmeda, también en ella se encuentra el lago Titicaca y los glaciares de la cordillera Real.

Iturry (2002), indica que el clima de la zona se caracteriza por ser seco durante gran parte del año, pues la estación de lluvias es muy corta. Más del 60% de las precipitaciones pluviales tienen lugar entre los meses de diciembre a febrero.

Quispe (1999), menciona que las características generales del clima en la zona de estudio es seco y frío con una temperatura promedio anual de 8 °C y una mínima de extrema en junio de 14 °C bajo cero y con 208 días de heladas al año, la precipitación media es de 398.16 mm/año que se concentra en un 80% de humedad en los meses de diciembre a marzo.

El mismo autor, menciona que las heladas ocurren casi todo el año siendo las más peligrosas, las que ocurren a inicio de crecimiento de las plantas en los meses con menos frecuencia son: noviembre, diciembre, enero, febrero; los meses de mayor frecuencia son: mayo, junio, julio, agosto. Los granizos, son frecuentes en los meses noviembre, diciembre y al finalizar la época de lluvias.

Iturry (2002), menciona que existe intensa radiación solar durante el día, que contrasta con las bajas temperaturas nocturnas, provocando grandes variaciones térmicas que derivan en diferentes grados de estrés térmico de los cultivos, los mismos que pueden llegar a bajar considerablemente su producción en los días de helada en el invierno (mayo, junio y julio), cabe mencionar que el riesgo de helada se presenta durante todos los meses del año, aun en el verano.

### 3.1.2.1. Suelo

Orsag (1989), citado por López (2013), indica que los suelos del altiplano son muy heterogéneos en virtud de que se han formado sobre distintos materiales parentales depositados en las depresiones de la cuenca ante montaña de Los Andes.

Las propiedades físicas son de estructuración débil, compactación elevada y baja porosidad; impidiendo la infiltración del agua y su almacenamiento, con un alto riesgo de erosión. La capa arable es poco profunda, los suelos en los cerros aledaños son poco profundos y muy pedregosos, con tendencias a la erosión.

Poseen textura franco arcillo arenosa y presentan acumulaciones y materiales consolidados de gravas, arenas, limo, arcillas y caliza. El mismo autor menciona que en el altiplano tenemos suelos con problemas de salinidad, y pH alcalino.

### 3.1.2.2. Fisiografía

Según Quispe 2013, menciona que la zona de estudio presenta una fisiográfica muy compleja, comprendidas entre laderas, cimas de cerros. Su topografía presenta variaciones desde serranías paleozoicas y terciarias de poca altura, hasta una extensa zona plana constituida por sedimentos cuaternarios, hacia el sur presenta una planicie que corresponde al cantón Aygachi, la parte central está atravesada por una cadena montañoso que alcanza la máxima altura (Cerro Kallumani con 4242 msnm ).

### 3.1.2.3. Cultivos y vegetales

El GAMP (2007), menciona las especies más cultivadas papa (*Solanum tuberosum* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.), avena (*Avena sativa* L.), quinua (*Chenopodium quinoa* W.), haba (*Vicia faba* L.), arveja (*Pisum sativum* L.), oca (*Oxalis tuberosa* M.) y la papaliza (*Ullucus tuberosus* C.).

Entre las especies silvestres están: la ch'illiwa (*Festuca dolichophylla* J.), iru jichhu (*Festuca orthophylla* P.), t'ola (*Parastrephia lepidophylla* W.), suput'ula (*Fabiana densa* R.), muni muni (*Bidens andicola* K.), Diente de león (*Taraxacum officinalis* W.), kaiña o kailla (*Tetraglochin cristatum* B.), q'ila q'ila (*Lupinus altimontanus* C.), qhanapaku (*Sonchus oleraceus* L.), reloj reloj (*Erodium cicutarium* L.), salvia (*Lepechinia meyenii* W.), wira wira (*Gnaphalium domdeyanum* DC.), cola de raton (*Hordeum muticum* P.),

Januq'ara (*Lepidium spp.*), ch'iji (*Pennisetum clandestinum* H.), ch'iji pasto (*Muhlebergia fastigiata* P.).

#### **3.1.2.4. Fauna**

En esta zona en cuanto a los animales domésticos se encuentran: vacuno, ovinos, gallinas, cuyes, patos y entre los animales silvestres se encuentran: gato silvestre (titi), cuis (pampa wuancu), patos silvestres (Callizaya, 1999).

El P.D.M. (2007), del municipio de Pucarani señala que la fauna está compuesta principalmente de zorro, zorrino, liebre, cuy, ratón de campo, vicuñas, perdiz, codorniz, águila, picaflor, hornero, golondrina, ibis, yaca, leqe leqe, pichitanka, choqhas (pato silvestre), choseka, gaviota, alcón, chañita, allqamari, etc.

Iturry (2002), menciona que entre las especies de la región, algunas han sido menguadas en gran proporción como la perdiz, zorro, lagartija, ratón andino, pato silvestre, gaviota del altiplano, tórtola y buitres.

#### **3.1.2.5. Economía**

La principal actividad de las familias en la comunidad de Quenacagua Alta del municipio de Pucarani, es la crianza de animales mayores y menores, principalmente del ganado vacuno, de la cual obtienen ingresos económicos principalmente por la venta de leche y sus derivados como ser el queso, también crían en menor escala ovinos, gallinas, cuyes y cerdos para el consumo de los agricultores o en algunos casos la venta de estos animales. Por otro lado la venta de abonos orgánicos como el biol y humus de lombriz en poca proporción.

#### **3.1.2.6. Recursos hídricos**

Iturry (2002), menciona que la napa freática se encuentra a profundidades variables, por lo que se pueden observar aguas superficiales en las zonas más bajas y cercanas a los ríos, los pozos son poco profundos y con un regular potencial hídrico.

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material vegetal**

El material vegetal que se utilizó para el presente trabajo de investigación fue semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) variedad IBTA-80, adquirida de la semillera MULTI-AGRO, proveniente de SEFO.

### **3.2.2. Material orgánico**

El material orgánico utilizado fue el biol de bovino, proveniente del biodigestor de flujo continuo familiar implementado por el proyecto PROLAGO - USAID.

### **3.2.3. Material de escritorio**

- Computadora e impresora
- Calculadora
- Reglas

### **3.2.4. Material de campo**

- Mochila fumigadora
- Tractor agrícola
- Cinta métrica
- Letreros
- Carretilla
- Rastrillo
- Hoz
- Valdez de 20 litros
- Picota
- Palas
- Bolsitas de plástico
- Balanza eléctrica
- Segadora
- Flexómetro
- Yutes
- Sogas
- Cámara fotográfica
- Cuaderno de registros
- Bolígrafos

### **3.2.5. Material de laboratorio**

- Horno metálico
- Balanza de 1000 g

### **3.3. Metodología**

#### **3.3.1. Procedimiento experimental**

##### **3.3.1.1. Preparación del terreno**

La preparación del terreno se realizó con maquinaria agrícola. Posterior a ello la delimitación de cada una de las unidades experimentales se lo realizó con una wincha métrica y finalmente la nivelación se hizo manualmente con la ayuda de un rastrillo con el fin de uniformizar el terreno (Anexo, 9).

##### **3.3.1.2. Muestreo de suelo**

El muestreo se realizó por el método de zig zag obteniendo 15 sub muestras a 20 centímetros de profundidad, las cuales fueron mezcladas, tamizadas y cuarteadas homogéneamente hasta obtener una muestra compuesta de 1 kg de suelo, que posterior a ello fue depositado en una bolsa de plástico e identificado con su respectiva etiqueta para ser enviada al laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la UMSA para el análisis físico y químico.

##### **3.3.1.3. Siembra**

La siembra se realizó el 14 de diciembre de 2015, con los métodos tradicionales empleados en la zona, de forma directa con la técnica a chorro continuo en surcos a una profundidad de 5 a 8 cm; a una distancia de 30 centímetros entre surcos con la ayuda de una yunta de acuerdo al croquis de campo, posterior a ello se cubrió con una delgada capa de tierra esto con la ayuda nuevamente de una yunta, con una densidad de siembra de 90 a 120 kg/ha (Robles, 1990) (Anexo, 10).

##### **3.3.1.4. Producción y cosecha de biol**

Para la producción del biol, se realizó la alimentación correspondiente al biodigestor con estiércol fresco recolectado durante las primeras horas de la mañana con la ayuda de una pala, posterior a ello se mezcló con agua en una proporción de 20 Kilogramos de estiércol fresco mas 60 litros de agua día por medio al biodigestor PROLAGO-USAID (2012), hasta acabar el proceso de investigación en campo.

Luego del proceso de fermentación de tres meses, se realizó la cosecha del biol del biodigestor en los recipientes de salida, para luego ser cernido con la ayuda de un tamizador para su posterior aplicación foliar (Anexo, 15).

#### **3.3.1.5. Análisis de biol**

Una vez concluido el proceso de fermentación, se tomo un volumen de muestra de biol de la parte de la salida del biodigestor, con la finalidad de realizar el análisis químico. Para ello, se utilizó una botella plástica previamente esterilizada en agua hervida y una malla milimétrica fina para filtrar un litro de biol y finalmente se envió las muestras al Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la UMSA (Anexo, 4).

#### **3.3.1.6. Aplicación de biol**

La aplicación de biol se realizó cuando las plantas tuvieron 15 días después de la emergencia por un periodo de tres meses y dos semanas, con una frecuencia de aplicación de cada 15 días por las tardes, donde se aplico asperjando en el follaje con la ayuda de una mochila fumigadora de 20 litros de capacidad.

Se preparó el biol en tres diferentes dosis T2: 50% biol (10 litros de biol y 10 litros de agua), T3: 75 % biol (15 litros de biol y 5 litros de agua), T4: 100% biol (20 litros de biol sin agua), y el testigo sin biol T1: 0% (Anexo, 16).

#### **3.3.1.7. Deshierbe**

El deshierbe se efectuó constantemente en todo la fase vegetativa, manualmente eliminando las plantas invasoras y malezas nocivas como la mostaza que podrían perjudicar el normal crecimiento y desarrollo de la planta.

#### **3.3.1.8. Cosecha**

La cosecha se realizó cuando concluyó el ciclo vegetativo, cuando la planta llego a conseguir la sintaxis de estado lechoso, cosechando con un hoz los surcos centrales tomando el efecto borde de 1 m en ambas cabeceras del surco y desechando un surco en cada extremo, el corte se realizó por m<sup>2</sup> a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo.

Luego se procedió a pesar la metería verde por m<sup>2</sup> por unidad experimental, para obtener el rendimiento de materia verde en kg/parcela y posteriormente se llevo al laboratorio, cuatro muestras de 200 g de forraje, para su secado correspondiente (Anexo, 18).

### 3.3.2. Diseño experimental

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, constituidos por 4 tratamientos y 4 repeticiones, con un total de 16 unidades experimentales, la evaluación de estos tratamientos experimentales se efectuó bajo el modelo lineal aditivo, sugerido por Ochoa, (2009).

Por lo que el modelo lineal aditivo es el siguiente:

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

Donde:

- $Y_{ij}$  = Una observación cualquiera
- $\mu$  = Media poblacional
- $\beta_j$  = Efecto de la j-ésimo bloque
- $\alpha_i$  = Efecto de la i-ésimo tratamiento
- $\epsilon_{ij}$  = Error experimental

### 3.3.3. Tratamientos en estudio

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
<b>T<sub>1</sub></b>	Testigo (sin la aplicación de biol)
<b>T<sub>2</sub></b>	50 % de biol + 50 % de agua ( 10 litros de biol + 10 litros de agua)
<b>T<sub>3</sub></b>	75 % de biol + 25 % de agua ( 15 litros de biol + 5 litros de agua)
<b>T<sub>4</sub></b>	100 % de biol + 0 % de agua ( 20 litros de biol + 0 litros de agua)

### **3.3.4. Variables de respuesta**

#### **3.3.4.1. Variables agronómicas**

- **Días a la emergencia**

La evaluación de esta variable se efectuó en todas las unidades experimentales, a partir de la fecha de la siembra, hasta que el 90% de las semillas emergieran a los 10 días.

- **Altura de la planta**

Esta variable se determinó, tomando la longitud en (centímetros) desde la base del tallo principal hasta el ápice de la hoja cada 15 días con la ayuda de un flexometro en las 6 plantas muestreadas de cada unidad experimental. Dichas medidas se realizó durante todo el desarrollo del estudio.

- **Número de hojas/planta**

Se realizó el conteo de numero de hojas en las 6 plantas muestreadas al azar de cada unidad experimental en el momento de la cosecha.

- **Número de macollos/planta**

Se realizó el conteo de numero de macollos por planta en el momento de la cosecha en las 6 plantas muestreadas de cada unidad experimental.

#### **3.3.4.2. Variables de rendimiento**

- **Rendimiento de materia verde**

Para determinar el rendimiento de materia verde (M.V.) se realizó dos muestreos al azar tomando en cuenta el efecto borde, cosechando 1m<sup>2</sup> de cada unidad experimental, posterior a ello se pesó con una balanza cada una de las muestras para obtener un promedio y finalmente determinar el rendimiento de la materia verde.

- **Rendimiento de materia seca**

Se realizó la cosecha de materia verde de las unidades experimentales obteniéndose una muestra al azar de aproximadamente de 1 kg de materia fresca por parcela



transportándolas en bolsas de polietileno cerradas con una cinta adhesiva a fin de evitar cualquier pérdida de humedad, en el laboratorio se procedió a realizar el cuarteo obteniendo sub muestras de aproximadamente 200 g, los cuales fueron picados y secados en sobres de papel madera a una temperatura de 120°C hasta obtener un peso constante.

#### - **Relación hoja/tallo**

Para determinar la relación hoja/tallo se cortó un mínimo de 20 tallos al azar de cada unidad experimental desde la base de la planta, teniendo el cuidado de no perder las hojas; de estos tallos se separaron todas las hojas, considerando para ello, hasta la parte suave de la vaina de la hoja que envuelve al tallo. Así separadas las hojas de los tallos, se picó en pequeños trozos tanto tallos como hojas y se procedió al secado en papel madera en el laboratorio a 120 °C para la obtención de la materia seca total, esperando hasta que la obtención de un peso constante tanto de hojas como de tallos, esto aproximadamente se dio a las 24 horas.

#### **3.3.4.3. Variable de análisis económico**

El análisis económico del presente estudio se realizó con el método de evaluación económica propuesto por el CIMMYT (1988), que a partir del presupuesto parcial, se determinó los costos y beneficios de los tratamientos.

#### - **Ingreso bruto**

El ingreso bruto se calculó para cada tratamiento, multiplicando el rendimiento ajustado por el precio del producto que fue 2 Bs por amarro de 2.5 kg/m<sup>2</sup>. Este precio se comprobó en la misma comunidad y en las ferias de la ciudad de El Alto.

$$IB = R * P$$

Donde:

IB = Ingreso bruto

R = Rendimiento ajustado por tratamiento

P = Precio

### - Ingreso neto

El ingreso neto se determinó restando el total de los costos de producción del ingreso bruto.

$$\mathbf{IN = IB - CP}$$

Donde:

IN = Ingreso neto

IB = Ingreso bruto

CP = Costo de producción

### - Relación beneficio/costo

Se calculó relacionando el ingreso bruto con los costos de producción, para una evaluación económica final, se uso la relación menor a 1 significó que se incurrieron en pérdidas y una relación superior a 1 significó que la actividad económica fue rentable (CYMMYT, 1998).

$$\mathbf{B/C = IB / CP}$$

Donde:

B/C = Beneficio costo

CP = Costo de producción

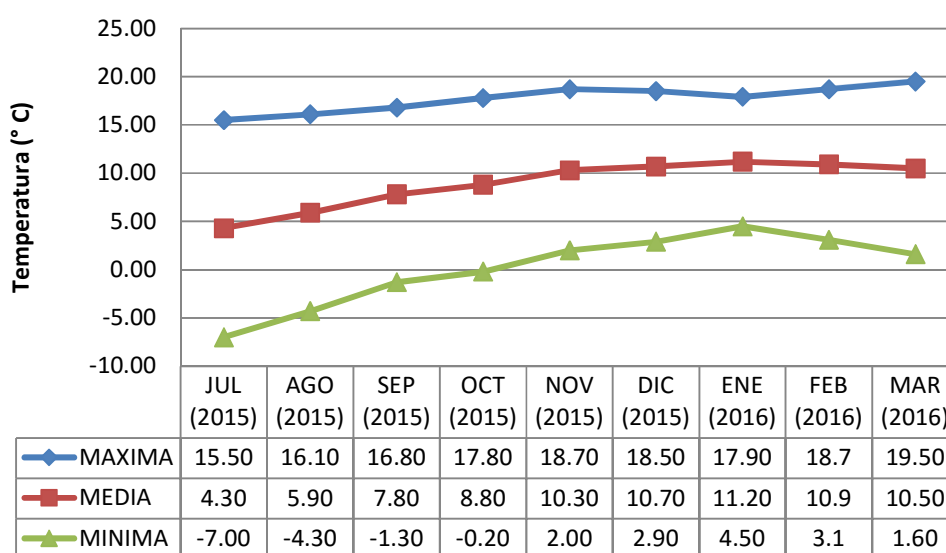
IB = Ingreso bruto

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Temperatura y precipitación registradas durante el periodo de estudio

Los índices climáticos de mayor importancia que se consideraron en el presente trabajo son la temperatura y la precipitación pluvial, los cuales fueron analizados a partir de la información proporcionada por SENAMHI (2015 - 2016), periodo agrícola las mismas que se detallan en la figura 7 y 8.

#### 4.1.1. Temperatura

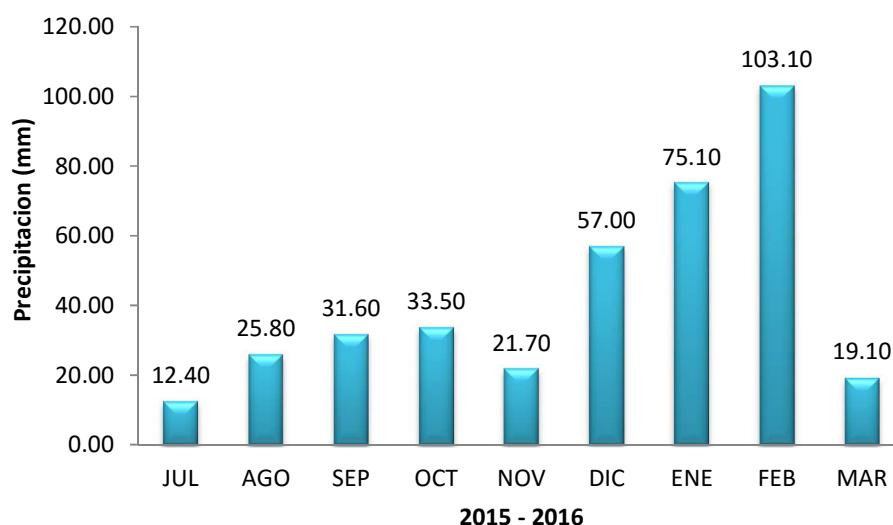


**Figura 7. Temperatura ambiental en el periodo de estudio (SENAMHI, 2016)**

Los datos registrados en la Figura 7, detalla el comportamiento de las temperaturas en el periodo de investigación. En los tres meses de enero, febrero y marzo las temperaturas promedio fueron los siguientes: la mínima fue de 3.1 °C, la media fue de 10.9 °C y finalmente las temperaturas máximas registradas fueron de 18.7 °C; por tanto los resultados no favorecieron en el crecimiento y desarrollo del cultivo de cebada.

Robles (1986), menciona que la cebada desarrolla en una temperatura mínima de 3 a 4 °C una óptima de 20 °C y una máxima de 28 a 30 °C. En cuanto a la humedad prospera mejor en condiciones secas.

#### 4.1.2. Precipitación



**Figura 8. Precipitación pluvial en el periodo de estudio (SENAMHI, 2016)**

En la figura 8, se observa la precipitación registrada durante el periodo de estudio. Estos fueron muy variables y mínimos en comparación con los años anteriores, en el mes de diciembre la precipitación fue mínima de 57.00 mm; por tanto la germinación en cada una de las unidades experimentales no fue el 100%; debido a la falta de humedad en el suelo, en el mes de enero la precipitación fue de 75.10 mm; por tanto existió y se observó un menor crecimiento en las plantas; en el mes de febrero la precipitación pluvial se registró de 103.10 mm; por tanto mejoró el crecimiento en las plantas y finalmente en el mes de marzo se registró una mínima precipitación pluvial en el sector de estudio de 19.10 mm, donde de manera directa afectó al crecimiento y desarrollo de las plantas, también durante el mes de marzo se pudo apreciar la presencia de heladas, de tal manera afectó en toda el predio de estudio principalmente en la pérdida de hojas en las plantas causando directamente el bajo rendimiento en materia verde.

Según Infoagro (2012), señala que el cultivo de cebada en zonas que tienen una altura de 2000 a 4000 msnm, requiere una precipitación pluvial anual de 300 a 600 mm, durante el ciclo vegetativo de las variedades.

Por otra parte Grace (1985), indica que la precipitación es la caída de agua de las nubes en forma de lluvia, nieve o granizo, algunos de los efectos positivos de la precipitación

sobre las plantas, como el lavado de las hojas permitiendo una mejor fotosíntesis y en el suelo hace que los abonos se disuelvan permitiendo una mejor absorción de nutrientes.

#### 4.1.3. Análisis del biol

El Cuadro 9, muestra que el biol tuvo un pH de 7.0 es neutro, el contenido de fósforo con 41 mg P-PO<sub>4</sub>/L, el nitrógeno de 201 mg/L tiene alto contenido y la presencia de sólidos totales con 4752 mg/L. También se observa el potasio de 167 mg/L, calcio 224 mg/L y magnesio 105 mg/L. El cual indica que el proceso de fermentación anaeróbica se desarrolló con normalidad debido que la muestra fue líquida, viscosa de color verdusco oscuro y presentaba olor amoniacal.

**Cuadro 9. Análisis físico - químico del biol.**

Parámetro	Unidades	Resultados
pH		7.0
Fósforo total	mg P-PO <sub>4</sub> /L	41
Nitrógeno total	mg/L	201
Sólidos totales	mg/L	4752
Sodio	mg/L	43
Potasio	mg/L	167
Calcio	mg/L	224
Magnesio	mg/L	105
Cobalto	mg/L	0.050
Cobre	mg/L	< 0.084
Hierro	mg/L	15
Manganeso	mg/L	0.77
Zinc	mg/L	0.24

Fuente: LCA (2012).

Al respecto GTZ EnDev Bolivia (2012), el biol tiene la siguiente característica: pH 7.5, Materia orgánica 85%, Nitrógeno (N) 2.6%, Fósforo (P) 1.5% y Potasio (K) 1.0%.

Mientras Gutiérrez (2012), menciona el contenido de Nitrógeno 0.07%, Fósforo 0.01%, Potasio 0.09%, pH 7.6 y Materia orgánica 35%.

#### 4.1.4. Análisis del suelo

Como se puede observar en el cuadro 10, el suelo presento 12 % de arena, 21 % de limo y 67 % de arcilla, un pH de 5.3, materia orgánica de 3.1%, sodio 0.7 cmolc/kg, fósforo 6.5 P/mg\*kg-1 y potasio 1.6 cmolc/kg por tanto corresponde a un suelo franco arcilloso, el cual es un suelo adecuado para la agricultura.

**Cuadro 10. Análisis físico - químico de suelo**

Parámetro	Unidades	Resultados
pH acuoso		5.3
Nitrógeno total	%	0.22
Carbón orgánico	%	1.8
Materia orgánica	%	3.1
Fósforo disponible (P)	P/mg*kg-1	6.5
Sodio intercambiable	cmolc/kg	0.70
Potasio intercambiable	cmolc/kg	1.6
Calcio intercambiable	cmolc/kg	9.0
Magnesio intercambiable	cmolc/kg	11
Arena	%	12
Limo	%	21
Arcilla	%	67
Clase textural		Arcilla

Fuente: Instituto de Ecología (LCA, 2012).

Al respecto Villarroel (1998), señala que la fertilidad de suelo es de clase media cuando la materia orgánica está entre 2-4 %, N total 0.1-0.2 %, P disponible 7-14 ppm y K disponible 272- 400 ppm.

#### 4.2. Variables agronómicas

Los análisis estadísticos del presente trabajo fueron analizados por SAS (Statistical Analysis System) los cuales se explican a continuación:

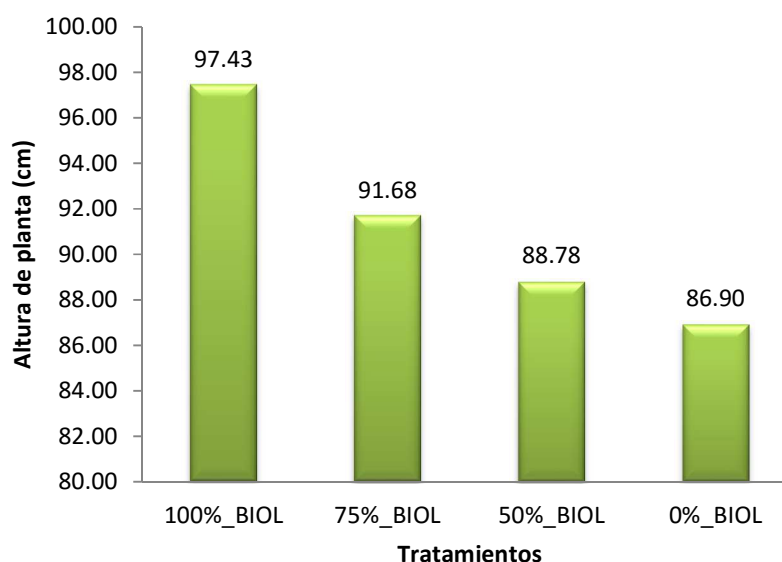
#### 4.2.1. Altura de planta

El análisis de varianza para altura de planta (cuadro 11), se observa que no existen diferencias significativas para los bloques y tratamientos, debido que las dosis de aplicación foliar actuó de manera homogénea en las plantas. El coeficiente de variación (CV) es 7.44 %, lo cual se encuentra dentro de los parámetros estadísticos de aceptación (< 30 %), por lo que podemos deducir que el manejo de las unidades experimentales fue aceptable y un promedio general de altura de las plantas de 91.19 cm.

**Cuadro 11. Análisis de varianza de la altura de planta**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	11.23	3.74	0.08	0.9686 ns
Tratamientos	3	253.39	84.46	1.83	0.2113 ns
Error	9	414.59	46.07		
Total	15	679.21			
<hr/>					
Promedio (cm.)	91.19				
CV (%)	7.44				

(ns) = No significativo estadísticamente.



**Figura 9. Promedios para altura de planta**

En la figura 9, se observa que los tratamientos según los promedios al 5 % de significancia, no presentan diferencias estadísticas significativas con la fertilización de biol; sin embargo, los tratamientos muestran diferentes valores en la altura de planta, el T<sub>4</sub> es el que presentó mayor altura de planta en comparación a los demás tratamientos con un promedio de 97.43 cm, T<sub>3</sub> con 91.68 cm, T<sub>2</sub> con 88.78 cm y el T<sub>1</sub> = (Testigo) fue el que presentó menor altura de comparación a los demás tratamientos con un promedio de 86.90 cm.

Los valores de altura de planta en el presente estudio se asemejan a los resultados obtenidos por Melgarejo (1999), en el Centro de Investigación de Forrajes (CIF), se encontraron promedios de las alturas de planta de las líneas 22 IBON L-136 y Gloria con 93.33 cm y 95.77 cm; 22 IBON L-144 con 95.67 cm; 19 IBYT L-18 con 89.17 cm de altura.

Asimismo, en estudios realizados por Colque (2005), en la evaluación de variedades y líneas de cebada, bajo épocas de siembra en la provincia Pacajes encontró promedios en la 1ra época de siembra de 100.3 y 94.8 cm en altura de planta.

Por otra parte en estudios realizados por Huiza (2008), en efectos de la densidad de siembra y abono orgánico en el comportamiento agronómico de la cebada en el municipio de Tiahuanaco encontró promedios de 76.5 cm (60 kg/ha y 5 t/ha), 70.3 cm (100 kg/ha y 5 t/ha) y por último 64.5 cm (140 kg/ha y 5 t/ha) en altura de planta.

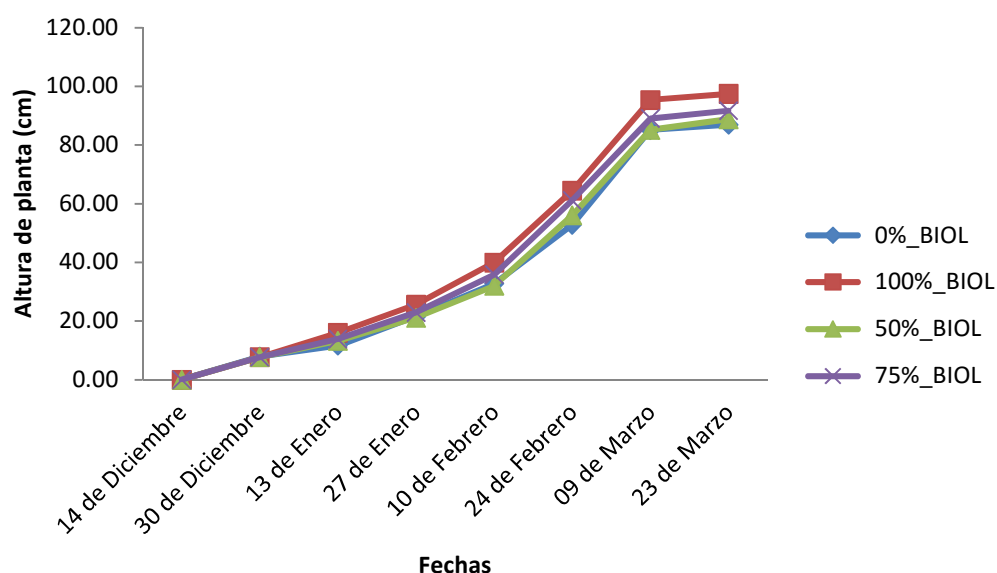
Por tanto los valores obtenidos en la presente investigación fueron relativamente superiores a los encontrados por Huiza (2008), por otro lado se asemejan a los resultados obtenidos por Melgarejo (1999) y Colque (2005).

Las diferencias obtenidas en altura de planta por las diferentes dosis de aplicaciones de abono foliar orgánico probablemente puede atribuirse a la disponibilidad de nutrientes que contiene el (biol) como: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y zinc (Zn), esto debido a que los mencionados nutrientes favorecen el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Al respecto Paye (2012), establece que el nitrógeno (N) favorece el desarrollo foliar y el crecimiento de las plantas, necesarias para la formación de proteínas, clorofila, enzimas y aminoácidos, a través del proceso de fotosíntesis; el fósforo (P), estimula la rápida formación y crecimiento de raíces al comienzo de la vegetación; el potasio (K) ayuda a la



producción de proteína de las plantas, otorga a las plantas gran vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas; calcio (Ca) influye en la formación de las paredes celulares; (Mg) forma parte de la clorofila y actúa en el metabolismo del fósforo y finalmente el (Zn) activa en la formación normal de la clorofila y para el crecimiento.



**Figura 10. Altura de planta registrada durante el periodo de desarrollo**

En la figura 10, se aprecia el crecimiento del cultivo de cebada, hasta la floración registradas cada dos semanas. Donde los resultados fueron distintos. A finales del mes de enero el crecimiento de altura de planta alcanzó a 25.58 cm; durante el mes de febrero las plantas comenzaron a desarrollar progresivamente los tallos y hojas llegando a una altura de 64.45 cm, debido a que las precipitación registradas en la zona de estudio fue de 103.10 mm. ayudando favorablemente en el desarrollo y crecimiento del cultivo en estudio y finalmente el mes de marzo alcanzó una altura promedio de 97.43 cm, debido a que las temperaturas y precipitaciones bajas que ocurrieron en el cultivo de cebada en las primeras fases fisiológicas afecto de manera directa al crecimiento.

#### 4.2.2. Número de hojas/planta

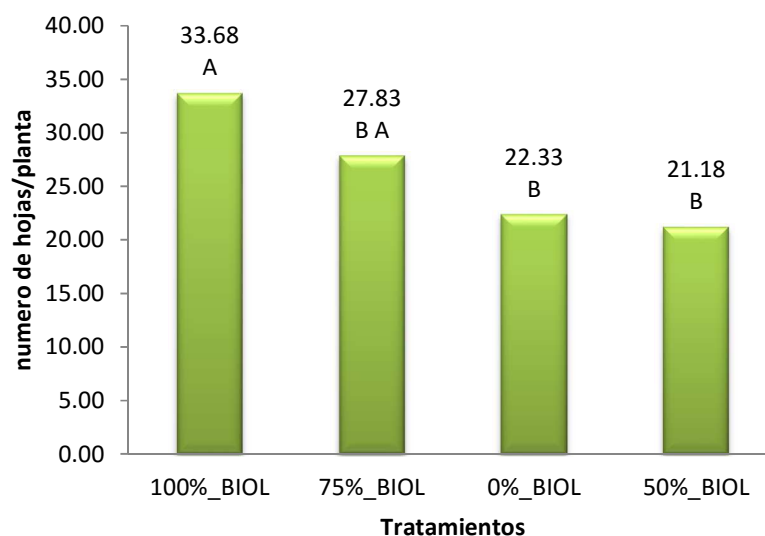
El análisis de varianza, presentado en el cuadro 12, para número de hojas/planta, se observa que no existen diferencias significativas para los bloques, pero si existe diferencias en la aplicación foliar de biol entre tratamientos. El coeficiente de variación

(CV) es 20.56 % lo cual se encuentra dentro de los parámetros estadísticos de aceptación (< 30 %), por lo que podemos deducir que el manejo de las unidades experimentales fue aceptable dando un promedio general de número de hojas/planta de 26.25.

**Cuadro 12. Análisis de varianza de número de hojas/planta**

	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques		3	45.22	15.07	0.52	0.6805 ns
Tratamientos		3	395.09	131.70	4.52	0.0339 *
Error		9	262.08	29.12		
Total		15	702.38			
Promedio		26.25				
CV (%)		20.56				

(ns) = No significativo estadísticamente; (\*) = Significativo estadísticamente al 5%



**Figura 11. Prueba de Duncan para número de hojas/planta**

En la figura 11, se observa que los tratamientos según la prueba de comparación de medias Duncan al 5 % de significancia, presenta diferencias estadísticas significativas con la fertilización de biol, el tratamiento que presentó mayor número de hojas/planta fue el T<sub>4</sub> (concentración al 100% biol) con un promedio de 33.68 hojas/planta; seguido por el

tratamiento  $T_3$  (concentración al 75% biol) con un promedio de 27.83 hojas/planta y finalmente por los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$  con promedios estadísticamente similares de 22.33 y 21.18 hojas/planta respectivamente.

Asimismo estudios realizados por Huiza (2008), en efectos de la densidad de siembra y abono orgánico en el comportamiento agronómico de la cebada en el municipio de Tiahuanaco encontró promedios de 25.7 (60 kg/ha y 5 t/ha) y 22.5 (100 kg/ha y 5 t/ha) en número de hojas/planta.

Estos resultados muestran que entre los diferentes tratamientos en estudio existe una diferencia notable en la variable número de hojas/planta, lo que da a entender que el tratamiento con fertilización de biol tiene una influencia marcada en número de hojas/planta a la cantidad de biol aplicada; debido probablemente al contenido de macro y micronutrientes que contiene el biol en el cultivo de cebada o también puede atribuirse por las diferentes dosis de aplicación de biol en la etapa de crecimiento y desarrollo en el follaje. Al respecto Chilón (1997), señala que la fertilización foliar es necesario, pero se debe aplicar un mayor, para que la planta aproveche los nutrientes de acuerdo a sus requerimientos según a su ciclo vegetativo.

Al respecto Meneses y Rodríguez (2000) citado por Colque (2005), indica que este parámetro es el factor más importante desde el punto de vista de la producción de forrajes puesto que en las hojas se tienen más nutrientes (en especial proteínas) y su digestibilidad es mayor. Por ello un valor alto para esta variable es señal de una mejor calidad forrajera.

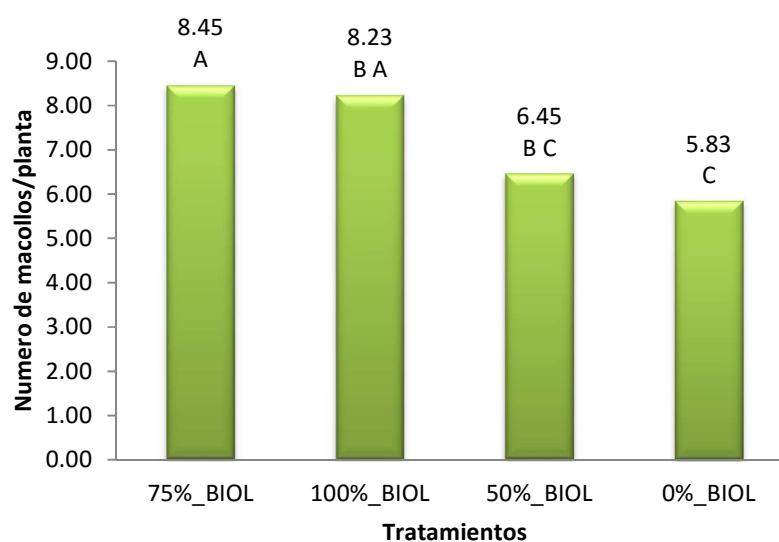
#### **4.2.3. Número de macollos/planta**

De acuerdo al análisis de varianza, presentado en el cuadro 13, para número de macollos/planta, se observa que no existen diferencias significativas entre bloques pero si existen diferencias significativas entre tratamientos, esto debido principalmente a los rebrotes del tallo de la planta. El coeficiente de variación (CV) es 15.43 % lo cual se encuentra dentro los parámetros estadísticos de aceptación (< 30 %), el cual indica que los datos descritos en este análisis se consideran aceptables y confiables dando un promedio general de número de macollos/planta de 7.24.

**Cuadro 13. Análisis de varianza de número de macollos/planta**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	0.85	0.28	0.23	0.8747 ns
Tratamientos	3	20.24	6.75	5.41	0.0210 *
Error	9	11.22	1.25		
Total	15	32.32			
Promedio	7.24				
CV (%)	15.43				

(ns) = No significativo estadísticamente; (\*) = Significativo estadísticamente al 5%

**Figura 12. Prueba de Duncan para número de macollos/planta**

En la prueba de comparación de medias Duncan al 5 % de significancia, como se aprecia en la figura 12, se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos, formando tres grupos diferentes de la siguiente manera: A ( $T_3$ ); B ( $T_4$  y  $T_2$ ) y finalmente C ( $T_1$ ).

El tratamiento que presentó mayor número de macollos/planta fue el  $T_3$  = (concentración al 75% biol), con un promedio de 8.45 macollos/planta superando estadísticamente al  $T_1$  (testigo) que tubo menor cantidad de macollos con 5.83 macollos/planta en promedio.

Asimismo en estudios realizados por Gutiérrez (2012), en efecto de dosis y frecuencia de aplicación de biol en el cultivo de cebada en la provincia Los Andes encontró un promedio similar de 8.30 macollo/planta con (75% biol) y 6.93 macollos/planta con 0% biol.

Por otra parte Quispe (1999), en estudios realizados de variedades de cebada, avena y triticale para la producción de forraje en el altiplano central (Estación Experimental de Choquenaira) en condiciones de secano, encontró promedios de 5.46, 6.46 y 3.41 de macollos/planta de las especies y variedades estudiadas.

Según Paye (2012), en la evaluación realizada en el comportamiento agronómico de tres variedades de cebada forrajera bajo tres épocas de siembra en el altiplano central obtuvo 2,6 macollos/planta en la primera época, en la segunda época registro 3,4 macollos/planta y luego en la tercera época encontró 2,58 macollos/planta.

Por tanto los resultados obtenidos en el presente estudio para la variable número de macollos/planta se asemeja a los resultados obtenidos por Gutiérrez (2012) y Quispe (1999), por otro lado presenta relativamente superioridad a los resultados registrados por Paye (2012).

La presencia de diferencias en número de macollos/planta posiblemente se pueda atribuirse al efecto causado por las cantidades de aplicación del fertilizante orgánico durante la fase de inicio de macollamiento, por la disponibilidad de nutrientes que contiene el biol. También puede ser probablemente a la calidad y variedad de semilla certificada de cebada, ya que la fisiología de la planta tiene la rapidez y la facilidad del rebrote; debido a que acumula reservas de nutrientes en la raíz extraída del suelo y donde la corona produce nuevos tallos y hojas.

### **4.3. Variables de rendimiento**

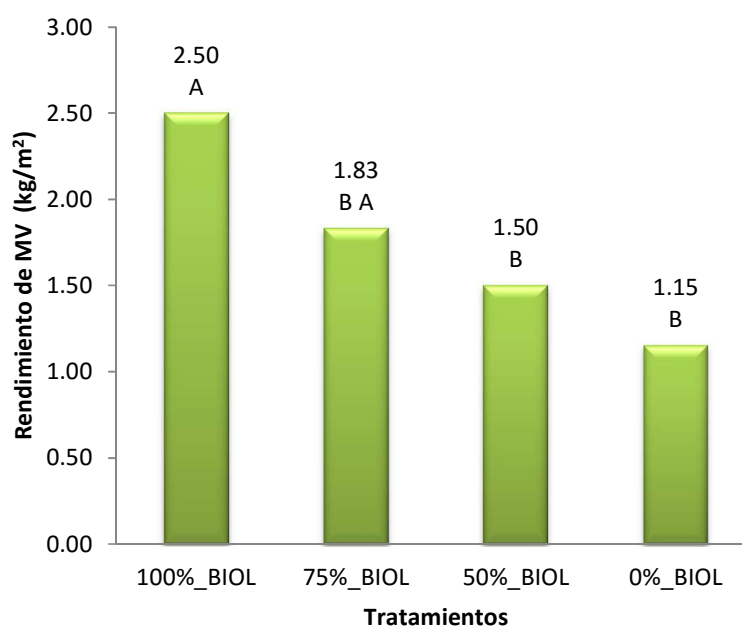
#### **4.3.1. Rendimiento de materia verde**

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro, 14) para el rendimiento de materia verde ( $\text{kg/m}^2$ ) muestra que no existen diferencias significativas para bloques, pero si existe para los tratamientos, debido a la cantidad de fertilización con biol. El coeficiente de variación (CV) fue 25.72 % lo cual los datos obtenidos y la metodología aplicada en la recolección de los mismos fueron de plena certidumbre, ya que tiene un valor menor al 30 % considerado como límite para trabajos de campo (Calzada, 1982).

**Cuadro 14. Análisis de varianza para rendimiento de materia verde**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	0.83	0.28	1.37	0.313 ns
Tratamientos	3	3.96	1.32	6.56	0.0121 *
Error	9	1.81	0.20		
Total	15	6.60			
Promedio (kg)	1.74				
CV (%)	25.72				

(ns) = No significativo estadísticamente; (\*) = Significativo estadísticamente al 5%

**Figura 13. Prueba de Duncan para rendimiento de materia verde (kg/m²).**

En la figura 13, se observa que los tratamientos según la prueba de comparación de medias al 5 % de significancia, presenta diferencias estadísticas significativas con la fertilización de biol, el tratamiento que presentó mayor rendimiento en materia verde (MV) es el tratamiento T<sub>4</sub> (concentración al 100% biol) con un promedio de 2.50 kg/m<sup>2</sup>, el cual nos refleja un rendimiento de 25.00 t/ha; seguido por el tratamiento T<sub>3</sub> (concentración al 75% biol) con un promedio de 1.83 kg/m<sup>2</sup> y finalmente por los tratamientos T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub> con

promedios estadísticamente similares de 1.50 y 1.15 kg/m<sup>2</sup>, el cual nos refleja un rendimiento bajo en el tratamiento de comparación (testigo) con 11.5 t/ha.

El rendimiento de materia verde se vio afectada por los niveles de aplicación de biol, debido a que la adición de este abono foliar favorece al incremento de peso del follaje en el cultivo de cebada en el ciclo de producción. Según PROLAGO - USAID (2012), menciona que la aplicación foliar aumenta un 20% los rendimientos y mejora la calidad de producción del cultivo.

De igual manera Quino (2007), indica que el biol incrementa los rendimientos en un 30%, esto debido a compuestos bien importantes como son: nitrógeno, aminoácidos, hormonas y vitaminas.

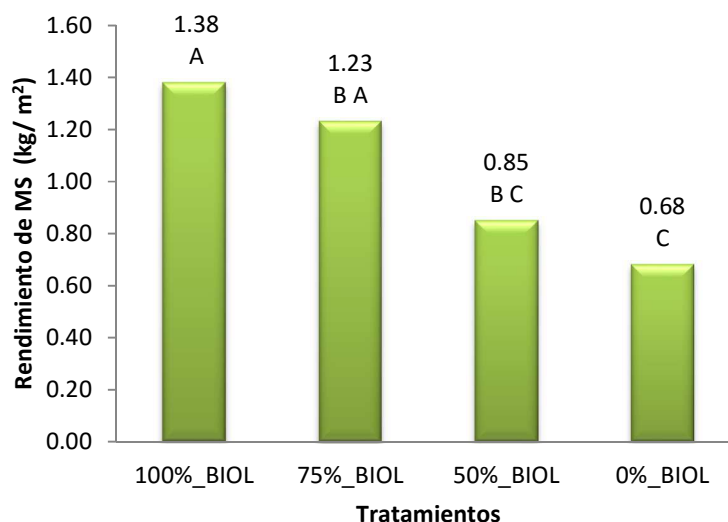
#### 4.3.2. Rendimiento de materia seca

De acuerdo al análisis de varianza, presentado en el cuadro 15, para rendimiento de materia seca, se observa que no existen diferencias significativas entre bloques; sin embargo, se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación (CV) es 26.07 %, lo cual se encuentra dentro de los parámetros estadísticos de aceptación (< 30 %), el cual indica que los datos descritos en este análisis se consideran aceptables y confiables dando un promedio general de rendimiento en materia seca de 1.03 kg/m<sup>2</sup>.

**Cuadro 15. Análisis de varianza para rendimiento de materia seca**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	0.16	0.05	0.75	0.5511 ns
Tratamientos	3	1.26	0.42	5.82	0.0172 *
Error	9	0.65	0.07		
Total	15	2.07			
Promedio (kg)	1.03				
CV (%)	26.07				

(ns) = No significativo estadísticamente; (\*) = Significativo estadísticamente al 5%



**Figura 14. Prueba de Duncan para rendimiento de materia seca (kg/m<sup>2</sup>)**

En la prueba de comparación de medias Duncan al 5 % de significancia, como se aprecia en la figura 14, se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>), formando tres grupos diferentes.

El tratamiento que presentó mayor rendimiento en materia seca fue el T<sub>4</sub> (concentración al 100% biol), con un promedio de 1.38 kg/m<sup>2</sup>, superando estadísticamente al tratamiento de comparación T<sub>1</sub> (testigo) que tubo menor cantidad de rendimiento con un promedio de 0.68 kg/m<sup>2</sup>. Por lo tanto existen diferencias significativas.

Asimismo en estudios realizados por Gutiérrez (2012), en efecto de dosis y frecuencia de aplicación de biol en el cultivo de cebada en la comunidad de San Cristobal, Provincia los Andes encontró un promedio similar con 100% biol en materia seca de 1.28 kg/m<sup>2</sup> y el (Testigo) sin biol presento un promedio de 0.83 kg/ m<sup>2</sup>.

Por otro lado en estudios realizados por SEFO (1997), citado por Gutiérrez (2012), en la evaluación del rendimiento en dos variedades de cebada en condiciones del altiplano del municipio de Patacamaya encontró promedios de 2,16 y 1,88 t/ha en materia seca.

Por lo tanto los valores obtenidos en la presente investigación fueron relativamente superiores a los encontrados por SEFO (1997), por otro lado se asemejan a los resultados obtenidos por Gutiérrez (2012).



Estos resultados influyó que, a mayor peso de follaje, mayor desarrollo de la planta por la capacidad fotosintética y a esto, mayor reserva de nutrientes, por tanto, mayor rendimiento en materia seca, como menciona GTZ EnDev Bolivia (2012), que las ventajas del biol, es un fertilizante que tiene mayor asimilación de nutrientes por parte de las plantas, por que estimula un mejor desarrollo radicular y foliar.

Al respecto Serrano (2009), considera que el biol es un fertilizante foliar que favorece el desarrollo foliar de las plantas. Este resultado podría atribuirse al rendimiento de materia seca (aplicación de biol), es decir plantas con abundante follaje obtuvieron mayor peso de materia seca y plantas con poco follaje obtuvieron menor peso de materia seca.

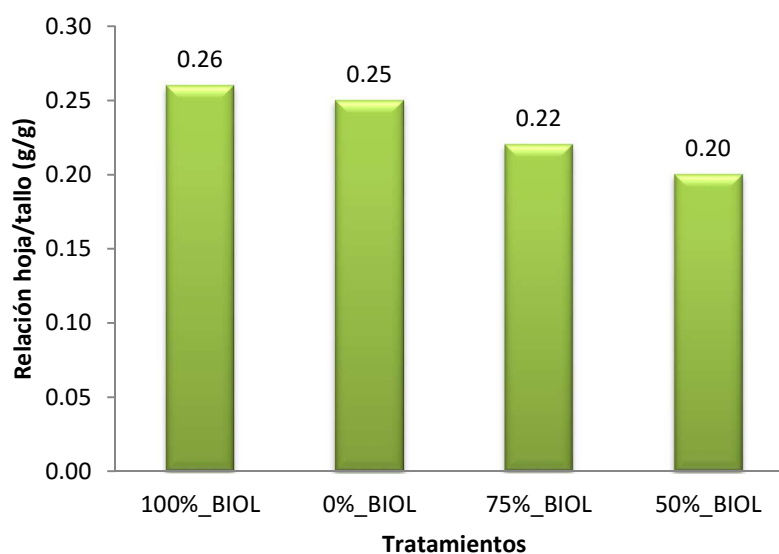
#### 4.3.3. Relación hoja/tallo

De acuerdo al análisis de varianza, presentado en el cuadro 16, para relación hoja/tallo, se observa que no existe diferencias significativas entre bloques, lo que da entender que las características del terreno no constituye una fuente de variación; sin embargo, se puede observar también que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. El coeficiente de variación (CV) es 18.99 % lo cual los datos obtenidos y la metodología aplicada en la recolección de los mismos fueron de plena certidumbre, ya que tiene un valor menor al 30 % considerado como límite para trabajos de campo (Calzada, 1982).

**Cuadro 16. Análisis de varianza para relación hoja/tallo**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F
Bloques	3	0.01	0.00	0.99	0.4397 ns
Tratamientos	3	0.01	0.00	1.55	0.2680 ns
Error	9	0.02	0.00		
Total	15	0.03			
Promedio (g/g)	0.23				
CV (%)	18.99				

(ns) = No significativo estadísticamente.



**Figura 15. Promedios para relación hoja/tallo**

En la figura 15, se observa que los tratamientos según los promedios al 5 % de significancia, no presentan diferencias estadísticas significativas con la fertilización de biol; sin embargo, los tratamientos muestran diferentes valores en relación hoja/tallo, donde el T<sub>4</sub> (concentración al 100% biol) es el que presentó mejor resultado de 0.26 g/g, el T<sub>1</sub> (testigo) presentó 0.25 g/g, el T<sub>3</sub> (concentración al 75% biol) presentó 0.22 y por último el T<sub>2</sub> (concentración al 50% biol) presentó un valor inferior a los demás tratamientos con 0.20 g/g. es decir que la figura muestra que en los tratamientos estudiados en la presente investigación existe una alta cantidad de tallos en relación a las hojas.

Los resultados del presente estudio, son superiores a los obtenidos por Colque (2005), quien evaluó variedades y líneas de cebada, bajo épocas de siembra en la provincia Pacajes, donde encontró promedios en la tercera época de siembra de 0.16 y 0.12 g/g en relación hoja/tallo.

Los porcentajes menores obtenidos en relación hoja/tallo presentados en la figura 15, se deben principalmente a los factores climáticos que se observaron en la zona de estudio, tales como la precipitación pluvial y la temperatura, donde en el mes de marzo la precipitación registrada fue de 19.10 mm, donde de manera directa afectó al crecimiento y desarrollo del cultivo, también se pudo observar durante el mes de marzo la presencia de heladas, provocando un desarrollo menor de las hojas en relación al tallo y principalmente causando la pérdida de las hojas en las plantas.

Al respecto Meneses y Rodríguez (2003), indican que este parámetro es el más importante en la producción de forrajes puesto que en las hojas se tiene más nutrientes (en especial proteínas) y su digestibilidad es mayor. Por ello, un valor alto para esta variable es señal de una mejor calidad forrajera del cereal.

#### 4.4. Variables de análisis económico

##### 4.4.1. Análisis de costos parciales de producción

La evaluación económica se realizó siguiendo el método de presupuestos parciales (CIMMYT, 1988), el cual se adecuó a las características del trabajo experimental.

##### 4.4.2. Ingresos netos

**Cuadro 17. Comparación de ingresos netos de los tratamientos**

Tratamientos	Rendimiento en Kilos/ha	Rendimiento Ajustado (5%)	Precio Bs/unidad	IB Bs/kilos	CP Bs/kilos	IN Bs/kilos
T1 0% biol	11.500	10.925	0.50	5462.5	4144	1318.5
T2 50% biol	15.000	14.250	0.50	7125.0	5284	1841.0
T3 75% biol	18.300	17.385	0.50	8692.5	5374	3318.5
T4 100% biol	25.000	23.750	0.50	11875.0	5464	6411.0

El cuadro 17, muestra los promedios en rendimiento de los tratamientos en kg/ha, el tratamiento 100% biol tiene el valor alto en rendimiento con 25.000 kg, en cambio el tratamiento 0% biol presenta el valor inferior en rendimiento con 11.500 kg. Posteriormente en la tercera columna se observa los mismos, reducidos al 5% con el fin de reflejar el rendimiento experimental y que el productor podría obtener con la implementación de los tratamientos. Al respecto, el CIMMYT (1988) como regla general aplica un ajuste del 5 al 30 %, y para el presente trabajo se redujo un 5 % porque se efectuó un manejo adecuado en el cultivo.

La cuarta columna se describe el precio de venta 0.50 Bs/kg de cebada para todos los tratamientos, debido a esta columna se comercializo en la misma comunidad para la alimentación del ganado bovino lechero. La quinta columna se puede observar que el tratamiento 100% biol tiene los resultados altos en ingreso bruto con 11875.0 Bs, que significa que es rentable en el cultivo de cebada con la aplicación de biol.

La penúltima columna (CP) muestra el total de costos de producción para cada tratamiento, que varía por los costos de compra de fertilizantes foliares como el biol.

Se puede apreciar que los mayores ingresos netos se obtuvieron con la aplicación de biol, esto debido al contenido de nutrientes esto favoreció que se tengan mayores rendimientos con relación al testigo (0 % biol).

#### 4.4.3. Relación beneficio/costo

**Cuadro 18. Relación beneficio/costo de los tratamientos**

Tratamientos	IB Bs/kilos	CP Bs/kilos	IN Bs/kilos	B/C
T1 0% biol	5462.5	4144	1318.5	1.318
T2 50% biol	7125.0	5284	1841.0	1.348
T3 75% biol	8692.5	5374	3318.5	1.618
T4 100% biol	11875.0	5464	6411.0	2.173

Se aprecia la relación beneficio/costo en el Cuadro 18, el tratamiento 100% biol obtiene alto en beneficio/costo con 2.173, frente a los tratamientos 75% biol, 50% biol y 0% biol, con 1.618, 1.348 y 1.318 que significa que es recomendable el tratamiento 100% biol para el agricultor, que al aplicar menor cantidad de biol en el cultivo de cebada los rendimientos de este producto son óptimos para poder obtener una rentabilidad utilitaria.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos señalados y los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- La mayor altura de planta lo presentó el tratamiento 100% biol con un promedio de 97.43 cm, seguido por el tratamiento 75% biol con un promedio de 91.68 cm, mientras el tratamiento 50% biol con 88.78 cm, y finalmente el tratamiento 0% biol (Testigo) obtuvo un promedio bajo a los demás con 86.90 cm de altura.
- El mejor resultado en número de hojas/planta obtuvo el tratamiento 100% con 33.68 hojas, mientras el tratamiento 75% biol con 27.83 hojas, así mismo el tratamiento 50% biol con 22.33 hojas y el tratamiento de comparación (Testigo) con 21.18 hojas.
- En número de macollos/planta obtuvo un mejor resultado el tratamiento 75% biol con 8.45 macollos, seguido por el tratamiento 100% biol con 8.23 macollos, mientras el tratamiento 50% biol con 6.45 macollos y el tratamiento 0% biol con 5.83 macollos.
- Con relación al rendimiento de materia verde, el que registro mayor resultado fue el tratamiento 100% biol con 25.00 t/ha, mientras en los tratamientos 75%, 50% y 0% biol (Testigo) presentaron rendimientos similares con promedios de 18.3 t/ha, 15.0 t/ha y 11.5 t/ha respectivamente.
- El mejor rendimiento de materia seca presentó el tratamiento 100% biol con 13.8 t/ha, seguido por el tratamiento 75% biol con 12.3 t/ha, en comparación los tratamientos 50% y 0% biol presentaron similares y bajos con 8.5 t/ha y 6.8 t/ha.
- La relación hoja/tallo más alta se obtuvo con el tratamiento 100% biol con 0.26 g/g, seguido por el tratamiento de comparación (testigo) con 0.25 g/g, mientras el tratamiento 75% biol con 0.22 g/g y finalmente por el tratamiento 50% biol con 0.20 g/g.
- Dentro del análisis de Beneficio/costo todos los tratamientos son rentables, pero se aprecia que el tratamiento 100% biol, logro obtener un valor alto con 2.173, mayores a los obtenidos con los tratamientos 75%, 50% y 0% biol con 1.618, 1.348 y el testigo 1.318.

## 6. RECOMENDACIONES

El presente trabajo de investigación, realiza las siguientes recomendaciones:

- Aplicar en la producción de cebada las dosis de 100% y 75% biol, porque presento mejores características agronómicas (altura de planta, número de hojas/planta y número de macollos/planta) por tanto mayor rendimiento en materia verde y seca.
- Aplicar al cultivo de cebada las dosis de 100% biol, debido a que presento una alta rentabilidad comparada con los demás tratamientos.
- Realizar estudios posteriores sobre la frecuencia de aplicación de biol en diferentes variedades de cebada con fines de analizar los efectos y de esa manera aportar con mayor información para el desarrollo de producción de este cultivo en estudio.
- Aplicar las mismas dosis de biol de 100%, 75% y 50% en el cultivo de cebada, con el fin de determinar cuál es su efecto en la producción en grano.
- Realizar el mismo trabajo de investigación en otras regiones del altiplano, con afán de validar los resultados para diferentes regiones del altiplano.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Arellano, VH. 2012. Manual de cebada cervecera (en línea). Consultado 20 Mar. 2012. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/14229542/Manual-cebada>.
- Álvarez, F. 2010. Preparación y uso de biol. Soluciones Prácticas ITDG tecnologías desafiando la pobreza. 1 ed. Biblioteca Nacional Lima. Consultado 22 jul. 2011. Disponible en [www.solucionespracticas.org](http://www.solucionespracticas.org)
- Alanoca, C. S. 2006. Efecto de la fertilización con biol en el cultivo ecológico de la estevia (*Stevia rebaudiana*). Tesis grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 12 p.
- AGROINFORMACION. 2012. El cultivo de cebada (en línea). Consultada el 14 de feb. 2012. Disponible en <http://www.abcagro.com/herbaceos/cereales/cebada.asp>
- Brechelt, A. 2004. Manejo ecológico del suelo. Fundación agricultura y medio ambiente (fama), 1 ed. Ed: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). República Dominicana. 35 p.
- Callizaya, O. 1999. Influencia de la introducción de Suka Kollos sobre la organización de la producción ganadera en la comunidad Achuta Grande, Provincia Ingavi. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. UMSA. 153 p.
- Cavasa, 2007. Portal en agricultura. Bioabono (en línea). Consultado el 1 de octubre de 2012. Disponible en <http://www.cavasa.com.co/htm/bioabono.htm>
- Claure, C. 1992. Manejo de efluentes. Proyectos Biogás. UMMS, GTZ. Cochabamba, Bolivia. p 47-67.
- CIAT. 1999. (Centro de investigación de agricultura tropical). Elaboración de abonos orgánicos. Santa cruz, Bolivia.
- CIMMYT. 1988. (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). Manual Metodológico de evaluación económica, México D.F. 1-79 p.

- Callizaya, O. 1999. Influencia de la introducción de Suka Kollos sobre la organización de la producción ganadera en la comunidad Achuta Grande, Provincia Ingavi. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. UMSA. 153 p.
- Colque, J. 2005. Evaluación de variedades y líneas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo épocas de siembra en la localidad de Janko Marca Sirpa, provincia Pacajes, departamento de La Paz. Tesis Lic. Agr. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). La Paz, Bolivia. 72 p.
- Enríquez, M. 1998. Manejo y selección de semillas. Serie: Mejoramiento de agricultura en el altiplano. 1ra ed. La Paz, Bolivia. pp. 23 – 27.
- Fernando, A. 2010. Preparación y uso de biol. Soluciones Prácticas ITDG tecnologías desafiando la pobreza. Biblioteca Nacional Lima Perú. Consultado 10 julio 2012. [www.solucionespracticas.org](http://www.solucionespracticas.org)
- García, A. 2007. Manual de producción y paquete tecnológico de avena (*Avena sativa*) Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 26 Norte 1202, Edificio “B”, Col. Humboldt. Correo electrónico: [cadenasproductivas@sdr.gob.mx](mailto:cadenasproductivas@sdr.gob.mx)
- Gomero, 1999. Manejo ecológico de suelos, Conceptos y técnicas. Ed. Grafica Estefany. Lima Perú. 189 – 201 p.
- Gutiérrez, C. L. 2012. Efecto de dosis y frecuencia de aplicación de biol en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la comunidad San Cristobal, provincia Los Andes. Tesis grado. Universidad Católica Boliviana (UCB). La Paz, Bolivia.
- GTZ. 2012. (Cooperación Técnica Alemana). EnDev Bolivia- Acceso a Energía. Biodigestores familiares. Producción de biol. La Paz, Bolivia. 27 diapositivas son., +1 Cd (25 min.), color.
- Grace, B. 1985. El Clima del Altiplano. 2. ed. Puno, Perú Ed. Ministerio de Agricultura 213 p.
- Huiza, A. 2008. Efecto de la densidad de siembra y abono orgánico en el comportamiento agronómico de la cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el altiplano norte. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). La Paz, Bolivia.



- Iturry, L. 2002. Manual de construcción y manejo del Walipini y Panqar Huyu. Bensosn Agriculture and Food Institute Brigham Young University Provo, UT USA. 61p.
- Infoagro. 2012. El cultivo de cebada (en línea). Consultada el 24 de febrero. 2012. Disponible en <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.asp>
- INE (Instituto Nacional de Estadística), 2001. Bolivia: Producción, superficie y rendimiento de productos agropecuarios (en línea). Consultada el 117 de Jun de 2012. Disponible en <http://www.ine.gov.bo>.
- INIAF - Bolivia (s.f.) Tecnología de Producción de Avena Forrajera de Riego en el Altiplano Potosino Tecnología No.8 Campo Experimental: Campo San Luis Distrito de Desarrollo Rural: 126,127 y 128 Ciclo: Otoño-Invierno Condición de Humedad: Riego
- López, L. 1991. Cereales. Madrid, ES. Mundi Prensa. p. 245 – 275.
- Montes de Oca, I. 2005. Enciclopedia geográfica de Bolivia. Editorial Atenea S.R.L. La Paz, Bolivia. pp. 142-143.
- Maydana, R. 2007. Enciclopedia, Enfermedades de cultivos agrícolas, Enfermedades del cultivo de cebada, La Paz Bolivia. 34 p.
- Mamani, P. *et al.*, 1999. Memoria de la quinta reunión boliviana de rizobiología y leguminosas. Sucre, 13 al 15 de octubre de 1999. Comportamiento agronómico de seis cultivares forrajeros de avena en siembra pura y asociada con veza en condiciones de altura, (CEAC-UTO, CIF-UMSS), informático, Cochabamba, Bolivia, E:\Memorias5\22.htm.
- Mamani, 2006. Efecto del abonamiento y la densidad de siembra en el comportamiento agronómico de la valeriana en camas bajas protegidas en el Altiplano Norte. Tesis de grado. Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. p 24-61.
- Medina, V.A. 1990. El biol fuente de fitoestimulantes en el desarrollo agrícola, Curso Taller, Proyecto Biogas UMSS-GTZ. Cochabamba – Bolivia. 99 p
- Navarro, 2007. Portal en agricultura. Hortalizas y verduras (en línea). Consultado el 23 dic. 2007. Disponible en <http://www.navarromontes.com/manual.aspx?man=24>.

- Ochoa, R. 2009. Diseños Experimentales. 1º ed. La Paz, Bolivia. 51 – 71 p.
- Parsons, B. 1984. Trigo, Cebada y Avena: Manual para la educación agropecuaria. 3ed. México. p. 9.
- Piñuela, 2000. El humus de lombriz (en línea). Consultado el 1 jul. 2006. Disponible en <http://www.zamorano.edu.hh>.
- PROLAGO-USAID. 2012. Manejo de Biodigestor. Phuru Manqiri. Manejo de la Contaminación en El Eje Hidrográfico El Alto-Lago Titicaca. La Paz, Bolivia p 3-13.
- Paco, 2012. Biodigestores familiares, Biol. La Paz, Bolivia. 15 diapositivas son.,+1 Cd (18 min.), color.
- Paye, H. V. 2012. Preparación y Manejo de Soluciones Nutritivas. Universidad Pública de El Alto. Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. 65 diapositivas son.,+1 Cd (50 min.), color.
- Prieto, G. y Alzerreca, H. 1990. Ensayos compartidos de forrajes anuales entre localidades del altiplano. Asociación Boliviana de Producción Animal IBTA y Reunión Nacional de ABOPA. La Paz – Bolivia. pp. 125 – 129.
- Quino, 2007. (Apuntes de fertilidad). Manual de Elaboración de Abonos Orgánicos. s.p.
- Robles, S. 1990. Producción de grano de forraje. 5 ed. Mexico. Limusa. P. 275 - 297.
- Rojas, F. 2001. Catálogo de plantas. Facultad de agronomía, Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). La Paz, Bolivia. 78 p.
- Rodríguez, F. 1982. Fertilizantes. Impreso en México. pp. 130-131.
- Robles, R y Garza, J. 1990. Producción de grano y forrajes, cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.). ed. Limusa. Noruega. Editores México. pp. 275 – 286.
- Robles, R. 1986. Producción de grano en forrajes. 4ta ed. Ed. Limusa. México. pp. 135 – 168.

- Restrepo, J. 2001. Elaboración de Abonos Orgánicos Fermentados y Biofertilizantes Foliareos. IICA. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) San José, Costa Rica. 155 p.
- Rodríguez, R. 2003. Producción de bioabono con tres fuentes orgánicas bajo un ambiente atemperado en el altiplano. Tesis de grado. Universidad Católica Boliviana (UCB). La Paz, Bolivia. 79 p.
- Sepúlveda, R. 1994. Notas Sobre Producción de forraje Hidropónico. Santiago, Chile. pp 39.
- Squella y Ormeño, 2007. Capitulo 2, La avena como cultivo forrajero NR34674.pdf, Chile INIA Rayentue y La Platina. 19 p.
- Serrano, C.T. 2009. Curso - Taller. Construcción de biodigestores y Uso del biol. Universidad Pública de El Alto. Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. 24 diapositivas son.,+1 Cd (20 min.), color
- SENAMHI. 2016. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), Centro de información meteorológico. La Paz, Bolivia. Consultado 20 abril. 2016. Disponible en <http://www.senamhi.org.bo>
- Villarroel, A. J. 1998. Manual para la interpretación de análisis de suelo. Recomendaciones. 1 ed. Ed. Tokio. Santa Cruz, Bolivia. 41- 47 p.
- Vigliola, M.I. 1992. Manual de horticultura. Ed. Hemisferio Sur S.A. pp. 81-85.

## **8. ANEXOS**

**Anexo 1. Costos de producción por tratamiento en (Bs)/ha.**

N°	ACTIVIDADES	TIPO DE COSTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>PRIMERA ETAPA: PRODUCCION</b>						
<b>1.</b>	<b>PREPARACION DEL TERRENO</b>					<b>960</b>
	Mullido de Suelo	Fijo	Ha	1	800	800
	Trazado de Suelo	Fijo	Horas	8	20	160
<b>2.</b>	<b>SIEMBRA</b>					<b>1680</b>
	Semilla Cebada IBTA - 80	Fijo	Kilo	80	11	880
	Apertura de Surcos	Fijo	Horas	4	200	800
<b>3.</b>	<b>LABORES CULTURALES</b>					<b>1120</b>
	Aplicación de biol	Fijo	Jornales	12	80.00	960
	Deshierbe	Fijo	Jornales	2	80.00	160
<b>SEGUNDA ETAPA: COSECHA</b>						
<b>4.</b>	<b>COSECHA</b>					<b>1344</b>
	Corte	Variable	Jornales	8	80	640
	Recojo	Variable	Jornales	8	80	640
	Gastos de alimentación cosecha	Variable	Persona	32	2	64
<b>TERCERA ETAPA: ADMINISTRACIÓN</b>						
<b>6.</b>	<b>ADMINISTRACION</b>					<b>0</b>
	Administración			0	0	0
<b>TOTAL GENERAL</b>						<b>5104</b>
1	T1 0% BIOL	Variable	Litros	0	0	0
2	T2 50% BIOL	Variable	Litros	60	3	180
3	T3 75% BIOL	Variable	Litros	90	3	270
4	T4 100% BIOL	Variable	Litros	120	3	360
<b>COSTOS TOTALES</b>						
1	COSTOS FIJOS + T1					<b>4144</b>
2	COSTOS FIJOS + T2					<b>5284</b>
3	COSTOS FIJOS + T3					<b>5374</b>
4	COSTOS FIJOS + T4					<b>5464</b>

### Anexo 2. Costos de inversión herramientas.

Nº	Descripción Herramientas	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Vida útil	Depreciación Anual
1	Mochila fumigadora	Pieza	1.00	350.00	350.00	4.00	87.50
2	Carretilla	Pieza	1.00	350.00	350.00	4.00	87.50
3	Baldes	Pieza	1.00	25.00	25.00	4.00	6.25
4	Hoz	Pieza	1.00	50.00	50.00	4.00	12.50
5	Cinta métrica 10 m	Pieza	1.00	15.00	15.00	4.00	3.75
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>790.00</b>		<b>197.50</b>

### Anexo 3. Temperatura y precipitación

**Cuadro 19. Temperatura máxima, mínima y media**

Meses	Máxima °C	Mínima °C	Media °C
Julio	15.5	- 7.0	4.3
Agosto	16.1	- 4.3	5.9
Septiembre	16.8	- 1.3	7.8
Octubre	17.8	- 0.2	8.8
Noviembre	18.7	2.0	10.3
Diciembre	18.5	2.9	10.7
Enero	17.9	4.5	11.2
Febrero	18.7	3.1	10.9
Marzo	19.5	1.6	10.5

Fuente: (SENAMHI, 2016)

**Cuadro 20. Precipitación registrada durante el estudio**

Meses	Precipitación (mm)
Julio	12.4
Agosto	25.8
Septiembre	31.6
Octubre	33.5
Noviembre	21.7
Diciembre	57.0
Enero	75.1
Febrero	103.1
Marzo	19.1

Fuente: (SENAMHI, 2016).

## Anexo 4. Análisis físico – químico del biol

Universidad Mayor de San Andrés  
 Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
 Instituto de Ecología  
 Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 172/12 Página 1 de 1

### INFORME DE ENSAYO DE BIOL A172/12

Cliente:	<b>PROLAGO - USAID</b>
Solicitante:	Srta. Norha Quispe Samo
Dirección del cliente:	El Alto Zona Mariscal Sucre c/Saturnino Porcel # 1865
Procedencia de la muestra:	Comunidad Kenakahua
	Provincia: Los Andes
	Departamento: La Paz
	Zona Sapa Pujro
Punto de muestreo:	Zona Sapa Pujro
Responsable del muestreo:	Srta. Norha Quispe Samo
Fecha de muestreo:	06 de noviembre de 2012
Hora de muestreo:	07:30
Fecha de recepción de la muestra:	07 de noviembre de 2012
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 07 al 22 de noviembre de 2012
Caracterización de la muestra:	Biol
Tipo de muestra:	Puntual
Envase:	Botella pett de 2 litros
Código LCA:	172 - 1
Código original :	M - 2

PROYECTO MANEJO DE LA CONTAMINACION  
EN EL EJE HIDROGRAFICO  
EL ALTO - LAGO TITICACA

26 FEB 2013

RECIBIDO

#86 JK

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M - 2 172 - 1
pH	EPA 150.1		1 - 14	7,0
Fósforo total	EPA 365.2	mgP-PO <sub>4</sub> /l	0,010	41
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	201
Sólidos Totales	EPA 160.3	mg/l	10	4752
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	43
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	167
Calcio	EPA 215.1	mg/l	0,32	224
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	105
Cobalto	EPA 219.2	mg/l	0,0050	0,050
Cobre	EPA 220.1	mg/l	0,084	< 0,084
Hierro	EPA 236.2	mg/l	0,050	15
Manganeso	EPA 243.1	mg/l	0,020	0,77
Zinc	EPA 289.2	mg/l	0,038	0,24

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
 EPA= Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, noviembre 30 de 2012



Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c. - Arsh.  
JCH@LCA

---

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia

## Anexo 5. Análisis físico – químico del suelo

Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ciencias Puras y Naturales  
Instituto de Ecología  
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: S 55/11

Página 1 de 1

### INFORME DE ENSAYO DE SUELOS 55/11

Cliente:	PRO LAGO - USAID
Solicitante:	Sr. Juan Carlos López Cantuta
Dirección del cliente:	El Alto, Z/ San Juan, C/ Yuro # 1055
Procedencia de la muestra:	Kenakahua
	Provincia: Los Andes
	Departamento: La Paz
	Zona Sapa Pujro
Punto de muestreo:	Sr. Juan Carlos López Cantuta
Responsable del muestreo:	26 de agosto de 2011
Fecha de muestreo:	10:40
Hora de muestreo:	29 de agosto de 2011
Fecha de recepción de la muestra:	Del 29 de agosto al 13 de septiembre, 2011
Fecha de ejecución del ensayo:	Suelo
Caracterización de la muestra:	Compuesta
Tipo de muestra:	Bolsa plástica
Envase:	55 -1
Código LCA:	01
Código original:	

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M3 PF 01
pH acuoso	ISRIC 4		1 - 4	5,3
Nitrógeno total	ISRIC 6	%	0,0014	0,22
Carbón orgánico	ISRIC 5	%	0,060	1,8
Materia orgánica	ISRIC 5	%	0,10	3,1
Fósforo disponible (P)	ISRIC 14-3	P /mg*kg-1	1,5	6,5
Sodio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,00083	0,70
Potasio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,0053	1,6
Calcio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,016	9,0
Magnesio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,00083	11
<b>Textura</b>				
Arena	DIN 18 123	%	2,5	12
Limo	DIN 18 123	%	1,1	21
Arcilla	DIN 18 123	%	1,1	67
Clase textural	DIN 18 123			Arcilla

- International Soil Reference and Information Center (ISRIC)
- Análisis de Suelos y Plantas tropicales (ASTP)

- \* Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
- \* La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

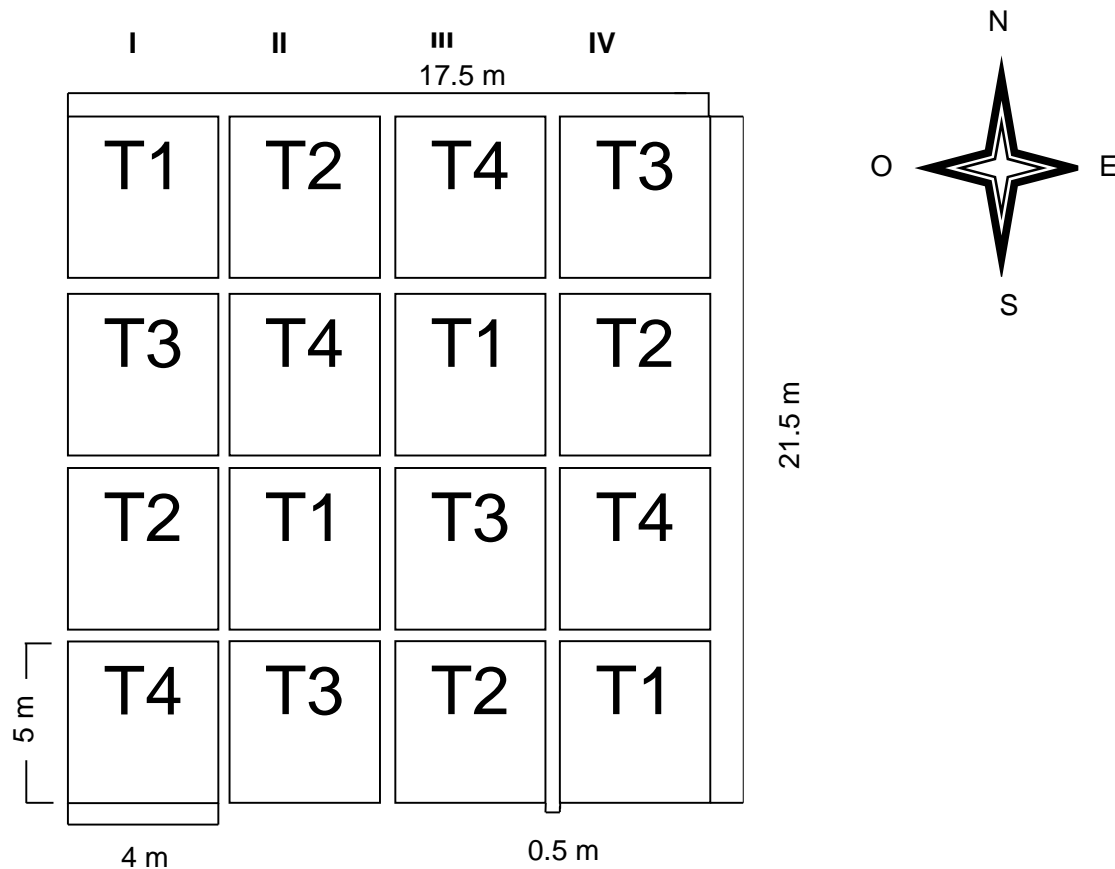
La Paz, marzo 11 de 2011

  
Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental





### Anexo 6. Croquis del experimento



#### a) Área experimental

Área total :	376.3 m <sup>2</sup>
Área de cada bloque :	86 m <sup>2</sup>
Numero de bloques :	4
Ancho de pasillo :	0.50 m

#### b) Área de la unidad experimental

Área total :	20 m <sup>2</sup>
Largo de surco :	4 m
Distancia entre surcos :	0.3 m
Nº de surco por parcela :	18

**Anexo 7. Reconstrucción del biodigestor****Anexo 8. Recolección de estiércol y alimentación al biodigestor**



### Anexo 9. Preparación y delimitación del predio experimental



### Anexo 10. Siembra de cebada variedad IBTA – 80.





### Anexo 11. Elaboración y colocación de letreros en el predio experimental.



### Anexo 12. Fase de emergencia y crecimiento del cultivo de cebada







**Anexo 13. Medición de las características agronómicas (altura de planta).**





**Anexo 14. Conteo de número de macollos y número de hojas/planta.****Anexo 15. Producción y cosecha de biol.**



**Anexo 16. Aplicación de biol en las diferentes fases del cultivo de cebada.****Anexo 17. Evaluación de variables de rendimiento (materia verde kg/m²).**





Anexo 18. Cosecha del cultivo de cebada.



Anexo 19. Determinación del rendimiento de materia seca y relación hoja/tallo.







