

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE BIOL EN EL CULTIVO DE  
ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN LA COMUNIDAD DE  
KENAKAHUA ALTA DEL MUNICIPIO DE PUERTO PÉREZ**

**POR:**

**NORHA QUISPE SAMO**

**LAPAZ – BOLIVIA**

**2013**

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE TRES NIVELES DE BIOL EN EL CULTIVO DE ALFALFA  
(*Medicago sativa* L.) EN LA COMUNIDAD DE KENAKAHUA ALTA DEL  
MUNICIPIO DE PUERTO PÉREZ**

*Tesis de Grado como requisito  
para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo*

**NORHA QUISPE SAMO**

**Asesor**

Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez .....

**Tribunal Revisor:**

Ing. Ph.D. Francisco Mamani Pati .....

Ing. Ph.D. Humberto Nelson Sainz Mendoza .....

Ing. M.Sc. Eddy Diego Gutiérrez Gonzales .....



**APROBADA**

**Director de Carrera:**

Ing. Ph.D. Humberto Nelson Sainz Mendoza .....

### **DEDICATORIA:**

*Con amor y cariño a mis queridos padres Justino Quispe y Sebastiana Samo, por el constante apoyo, sacrificio, esfuerzo, comprensión; por los valores de honestidad y respeto que he recibido durante mi formación que me brindaron día a día.*

*A mis queridos hermanos (as): Saturnina, Juan, Félix, Valerio Fermín (+), Reyna y Raúl; a mi cuñado Gregorio Mullisaca, por brindarme su apoyo moral y material incondicional 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 y personas:

A la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto, al plantel docente y administrativo, por haberme impartido valiosos conocimientos que contribuyeron en mi formación profesional.

Al proyecto Manejo de la Contaminación en el Eje Hidrográfico El Alto - Lago Titicaca PROLAGO, por todo el apoyo técnico, logístico y económico, brindado en la elaboración del trabajo de investigación.

A la Asociación Integral de Productores Agropecuarios de Fertilizantes Orgánicos (AIPAFOHL) en la comunidad de Kenakahua Alta, por haberme acogido proporcionándome una parcela y el biol para el trabajo de campo.

A mi Asesor: Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, por el constante 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.

Al MVZ Vladimir Vargas Pérez, por brindarme su ayuda y apoyo en el presente trabajo de investigación.

A mis Tribunales Revisores: Ing. Ph.D. Francisco Mamani Pati, Ing. Ph.D. Humberto Nelson Sainz Mendoza, Ing. M.Sc. Eddy Diego Gutiérrez Gonzales, por sus sugerencias y correcciones en la revisión del presente trabajo de tesis.

Al Sr. Guillermo López y su esposa María Cantuta a sus hijos: Juan Carlos, Rebeca y Jimmy, por abrirme las puertas de su casa y ofrecerme su ayuda incondicional en el presente trabajo de tesis.

A todas las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización del presente trabajo.

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS .....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN .....	xii

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1.    Objetivo general.....	2
1.1.2.    Objetivos específicos.....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1.    Origen de la alfalfa.....	3
2.2.    Distribución geográfica de la alfalfa.....	3
2.3.    Importancia y usos de la alfalfa.....	4
2.4.    Valor nutricional.....	4
2.5.    Descripción botánica.....	5
2.6.    Clasificación taxonómica.....	6
2.7.    Requerimientos climáticos.....	6
2.7.1.    Temperatura.....	6
2.7.2.    Precipitación.....	6
2.8.    Factores edáficos.....	7
2.9.    Variedades de alfalfa.....	7
2.9.1.    Ranger.....	7
2.9.2.    Puma.....	7
2.10.    Aspectos agronómicos del cultivo de alfalfa.....	8

2.10.1.	Siembra y establecimiento.....	8
2.10.2.	Densidad de siembra.....	8
2.10.3.	Fertilización .....	8
2.10.4.	Crecimiento y desarrollo .....	8
2.11.	Aspectos fisiológicos.....	9
2.12.	Control de malezas .....	9
2.13.	Cosecha.....	10
2.14.	Rendimiento .....	10
2.15.	Aprovechamiento de la alfalfa .....	10
2.16.	Altura de planta .....	11
2.17.	Relación hoja – tallo.....	11
2.18.	Cobertura vegetal .....	12
2.19.	Fertilizantes orgánicos .....	12
2.20.	Efecto de materia orgánica en las propiedades del suelo .....	13
2.21.	El biol.....	13
2.22.	Tipos de biol .....	14
2.23.	El biodigestor .....	14
2.23.1.	Capacidad de producción del biodigestor .....	15
2.23.2.	Elaboración del biol.....	15
2.23.3.	Descomposición de la materia orgánica en el biodigestor .....	15
2.24.	Composición del biol .....	16
2.25.	Ventajas del biol.....	17
2.26.	Aplicación foliar del biol .....	17
2.27.	Uso del biol .....	19
2.28.	Análisis de costos parciales de producción .....	20
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	21

3.1.	Localización .....	21
3.1.1.	Ubicación Geográfica.....	21
3.2.	Características .....	22
3.2.1.	Clima .....	22
3.2.2.	Suelo .....	22
3.2.3.	Fisiografía .....	22
3.2.4.	Cultivos y vegetación .....	23
3.2.5.	Fauna .....	23
3.2.6.	Economía.....	23
3.2.7.	Recursos hídricos .....	23
3.3.	Materiales.....	24
3.3.1.	Material de estudio.....	24
3.3.2.	Material orgánico .....	24
3.3.3.	Material de escritorio.....	24
3.3.4.	Material de campo .....	24
3.3.5.	Material de laboratorio .....	24
3.4.	Metodología .....	25
3.4.1.	Procedimiento experimental .....	25
3.4.1.1.	Preparación de la parcela .....	25
3.4.1.2.	Muestreo del suelo.....	25
3.4.1.3.	Instalación del biodigestor .....	25
3.4.1.4.	Preparación de biol .....	25
3.4.1.5.	Cosecha de biol .....	25
3.4.1.6.	Traslado de biol.....	26
3.4.1.7.	Análisis de biol .....	26
3.4.1.8.	Aplicación del biol .....	26

3.4.1.9.	Corte de los pasillos.....	26
3.4.1.10.	Control de malezas.....	26
3.4.1.11.	Corte y cosecha.....	27
3.4.2.	Diseño experimental.....	27
3.4.3.	Factores de estudio.....	27
3.4.4.	Variables de respuesta.....	29
3.4.4.1.	Variables agronómicas.....	29
3.4.4.2.	Variables de rendimiento.....	29
3.4.4.3.	Variables económicas.....	30
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1.	Datos meteorológicos.....	32
4.1.1.	Temperatura.....	32
4.1.2.	Precipitación.....	33
4.2.	Análisis físico y químico del biol.....	34
4.3.	Análisis físico y químico del suelo.....	35
4.4.	Variables agronómicas.....	37
4.4.1.	Altura de planta.....	37
4.4.2.	Número de tallos por planta.....	40
4.4.3.	Cobertura vegetal.....	42
4.5.	Variables de rendimiento.....	44
4.5.1.	Relación hoja/tallo.....	44
4.5.2.	Rendimiento de materia verde.....	46
4.5.3.	Rendimiento de materia seca.....	48
4.6.	Variables económicas.....	50
4.6.1.	Análisis económico.....	50
4.6.2.	Ingresos netos.....	50

4.6.3. Relación beneficio/costo.....	51
5. CONCLUSIONES .....	52
6. RECOMENDACIONES.....	53
7. BIBLIOGRAFÍA .....	54
ANEXOS .....	61

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie cultivada, rendimiento y producción de alfalfa .....	3
Cuadro 2. Composición de la materia seca de hojas y tallos de la alfalfa .....	5
Cuadro 3. Efecto de materia orgánica en las propiedades del suelo .....	13
Cuadro 4. Ventajas de biol.....	17
Cuadro 5. Cada qué tiempo debo aplicar y cuanto .....	18
Cuadro 6. Aplicaciones del biol .....	19
Cuadro 7. Análisis físico - químico del biol.....	34
Cuadro 8. Análisis físico - químico de suelo .....	35
Cuadro 9. Análisis de varianza para altura de planta .....	37
Cuadro 10. Análisis de varianza para número de tallos por planta .....	40
Cuadro 11. Análisis de varianza para cobertura vegetal .....	42
Cuadro 12. Análisis de varianza de relación hoja/tallo .....	44
Cuadro 13. Análisis de varianza de materia verde .....	46
Cuadro 14. Análisis de varianza de materia seca.....	48
Cuadro 15. Comparación de ingresos netos de los tratamientos.....	50
Cuadro 16. Relación beneficio/costo de los tratamientos.....	51
Cuadro 17. Temperatura máxima, mínima y media.....	64
Cuadro 18. Precipitación registrada durante el estudio .....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diseño de un biodigestor (GTZ EnDev Bolivia, 2012) .....	15
Figura 2.	Nivel de aplicación de biol (Serrano, 2009) .....	18
Figura 3.	Mapa de ubicación de la zona de estudio (INE, 2001) .....	21
Figura 4.	Croquis del experimento .....	28
Figura 5.	Temperatura ambiental en el periodo de estudio (SENAMHI, 2012) .....	32
Figura 6.	Precipitación pluvial en el periodo de estudio (SENAMHI, 2012) .....	33
Figura 7.	Promedios para altura de planta .....	38
Figura 8.	Altura de planta registrada durante el periodo de desarrollo .....	39
Figura 9.	Promedios para número de tallos por planta .....	41
Figura 10.	Prueba de Duncan para cobertura vegetal .....	43
Figura 11.	Prueba de Duncan para relación hoja/tallo .....	45
Figura 12.	Promedios para rendimiento de materia verde .....	47
Figura 13.	Prueba de Duncan para rendimiento de materia seca .....	49

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Costos de producción por tratamiento en (Bs).....	62
Anexo 2.	Promedio de las variables de respuesta .....	63
Anexo 3.	Temperatura y precipitación .....	64
Anexo 4.	Análisis físico - químico del biol.....	65
Anexo 5.	Análisis físico - químico del suelo.....	66
Anexo 6.	Fotografías tomadas en el desarrollo del cultivo.....	67
Anexo 7.	Preparación de la parcela y colocado de los letreros .....	67
Anexo 8.	Muestreo de suelo y colocado en una bolsa plástica .....	67
Anexo 9.	Instalación del biodigestor con el proyecto PROLAGO - USAID.....	67

Anexo 10.	Alimentación con estiércol más agua para el biodigestor.....	68
Anexo 11.	Cosecha de biol .....	68
Anexo 12.	Traslado de biol con un animal de carga .....	68
Anexo 13.	Muestreo de biol para su análisis en laboratorio.....	69
Anexo 14.	Preparación de biol para los tratamientos.....	69
Anexo 15.	Aplicación foliar de biol en el cultivo de alfalfa .....	69
Anexo 16.	Corte de pasillos .....	70
Anexo 17.	Cosecha de forraje.....	70
Anexo 18.	Recojo del forraje.....	70
Anexo 19.	Fotografías tomadas en las variables de respuesta .....	71
Anexo 20.	Medición de altura de la planta.....	71
Anexo 21.	Determinación de la cobertura vegetal.....	71
Anexo 22.	Conteo de números tallos por planta .....	71
Anexo 23.	Determinación de materia verde por parcela .....	72
Anexo 24.	Picado y peso de materia verde en el laboratorio.....	72
Anexo 25.	Peso de relación hoja/tallo en el laboratorio .....	72

## RESUMEN

El presente trabajo, se llevo durante la gestión agrícola 2012, en la comunidad Kenakahua Alta perteneciente al municipio de Puerto Pérez de la provincia Los Andes del departamento de La Paz. Las concentraciones estudiadas fueron al: 0%, 50%, 75% y 100% de biol, se evaluó bajo el diseño de bloques completamente al azar con doce unidades experimentales, con tres repeticiones en un periodo de tres meses en la época seca.

El objetivo general fue evaluar tres niveles de biol en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la comunidad de Kenakahua Alta del municipio de Puerto Pérez; siendo las variables de respuesta altura de planta, número de tallos por planta, cobertura vegetal, relación hoja/tallo, rendimiento de materia verde, materia seca y el análisis de beneficio/costo.

El biol es un fertilizante foliar líquido, resultado de la descomposición de estiércol del ganado bovino, durante tres meses en un biodigestor, se aplicó por las tardes a partir de las 17:00 cada 15 días.

Los mejores resultados obtenidos fue el tratamiento 75% biol con 45.63 cm en altura de planta, 49.66 número de tallos por planta y 91.17% cobertura vegetal, presentó mayores características agronómicas. Por otra parte, el tratamiento 0% biol obtuvo valores inferiores de 40.90 cm en altura, número de tallos por planta 41.96 y cobertura vegetal 83.40 %.

Respecto a las variables de rendimiento se obtuvo el mejor tratamiento 75% biol en relación hoja/tallo de 1.23 g/g, mientras en materia verde con 35.00 t/ha y el tratamiento 50% biol en materia seca con 11.96 t/ha. Por otra parte, el tratamiento 0% biol presentó valores inferiores en relación hoja/tallo de 0.86 g/g mientras en materia verde con 26.66 t/ha y en materia seca con 7.80 t/ha.

En relación beneficio/costo los 4 tratamientos son rentables para la producción de alfalfa, pero el mejor tratamiento fue el 75 % biol con 1.41 es decir se recupera el capital invertido y se genera una ganancia de 0.41 Bs.

## 1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país en la región norte del altiplano central, la actividad agropecuaria es importante para el desarrollo de la región, en los últimos años se incrementa la producción pecuaria; por tanto, crece la demanda de forrajes, entre ellos se tiene a la alfalfa.

El cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en el mundo tiene mucha importancia como planta forrajera, frecuentemente utilizada como forraje verde difundida en la zona de los valles y el altiplano boliviano, constituye en la actualidad un recurso forrajero para la producción pecuaria como heno, ensilaje y alimentos balanceados, ya que se destina la mayor parte para la producción de carne y leche.

La alfalfa es una leguminosa considerada “reina de las especies forrajeras” que se encuentra ampliamente distribuida en todo el mundo, se adapta a una gran diversidad de situaciones climáticas, como a la tolerancia a sequías, tolerancia a temperaturas bajas, la rapidez en el rebrote y además es una especie perenne.

La producción de alfalfa en el país está en tierras de alturas (frías y templadas) teniendo una producción de 35 a 40 t/ha/año. A nivel nacional, el altiplano y el valle son las zonas con mayor superficie cultivada, destacándose los departamentos de Oruro, Cochabamba y La Paz con 10510 ha, 6510 ha y 4670 ha (MACA, 2003).

El forraje de alfalfa tiene alta digestibilidad, proporciona elevados niveles de proteínas (16-20%), minerales (calcio, fósforo, potasio, magnesio, azufre) y vitaminas de calidad (A, C, D y K), por otra parte tiene capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico, mejora la fertilidad del suelo y ayuda a prevenir la erosión del suelo.

El cultivo de la alfalfa en la región altiplánica del país es realizado generalmente con poco o ningún apoyo técnico, no contándose en la actualidad con trabajos orientados a proporcionar criterios técnicos específicos en la producción de alfalfa para forraje, observándose al contrario una serie de deficiencias en el conocimiento y manejo de las características inherentes a la calidad del alimento.

En el altiplano de La Paz existen deficiencias de alimentos y en forrajes para la producción de leche y carne en la ganadera o pecuaria principalmente en la época seca del año, de las cuales las familias productoras tienen ingresos económicos bajos.

Frente a esta situación, una de las opciones para mejorar la producción de forrajes es la aplicación de biol que es fertilizante foliar orgánico, por su gran bondad bioestimulante orgánico, por tanto mejora el crecimiento, desarrollo e incrementa la cantidad y calidad en los rendimientos, así mismo tiene efectos favorables en las propiedades químicas y biológicas en el suelo, produciendo en forma natural y económica.

#### **1.1.1. Objetivo general**

- Evaluar tres niveles de biol en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la comunidad de Kenakahua Alta del municipio de Puerto Pérez.

#### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Evaluar las variables agronómicas (altura de planta, número de tallos y cobertura vegetal) de la producción de alfalfa a diferentes niveles de aplicación de biol.
- Determinar el rendimiento del forraje estudiado (materia verde y materia seca), mediante la aplicación de biol en tres diferentes concentraciones.
- Comparar el beneficio costo parcial de la producción, con tres dosis de fertilización con biol en alfalfa.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Origen de la alfalfa

Tenorio (2007), menciona que la alfalfa tiene su área de origen en Asia Menor y sur del Cáucaso, abarcando países como Turquía, Irak, Irán, Siria, Afganistán y Pakistán.

Para CIF y SEFO-SAM (2002), la alfalfa tiene su origen en dos especies con características diferentes *Medicago sativa* en las regiones altiplánicas de Irán y la Península Arábiga, donde se encuentra ecotipos semejantes y *Medicago falcata*.

### 2.2. Distribución geográfica de la alfalfa

Muslera (1983), explica que la alfalfa se cultiva en gran diversidad de medios, desde el ártico hasta el trópico de ambos hemisferios por estos existen gran numerosos ecotipos espontáneos y/o variedades adaptadas a las más diversas condiciones de clima, suelo y explotación. Por otra parte D'Atellis (2005), indica que la llegada de la alfalfa a nuestro continente fue en los años 1519 por la ruta del pacífico donde fue trasladada a Perú y Chile, desde estos países llegaron por vía terrestre a nuestro país.

Los cultivos de alfalfa en Bolivia se extienden en los departamentos de Cochabamba, Tarija y Chuquisaca, en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí y en los últimos años en Santa Cruz (Delgadillo y Mendieta, 1996).

**Cuadro 1. Superficie cultivada, rendimiento y producción de alfalfa en Bolivia**

País	Superficie Cultivada (ha)		Rendimiento (kg/ha)		Producción (t)	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Bolivia	30.289	29.660	6.397	6.325	193.770	187.596

Fuente: INE (2011)

Se estima en el último año la superficie cultivada, rendimiento y producción de alfalfa en Bolivia entre los años 2010 a 2011 con una extensión de 30.289 y 29.660 ha, mientras en el rendimiento varían desde 6.397 a 6.325 kg/ha y la producción a nivel nacional de 193.770 y 187.596 t, como se observa en el Cuadro 1.

Según Delgadillo y Mendieta (1996), las áreas de producción de alfalfa en todo el país ha sufrido una considerable disminución que puede ser atribuida a la sustitución de la alfalfa con otras leguminosas como tréboles, la vicia y gramíneas forrajeras que tienen la virtud de equilibrar los requerimientos necesarios de los animales.

### **2.3. Importancia y usos de la alfalfa**

Carámbula (1984) citado por Tarqui (2005), explica que la alfalfa es uno de los cultivos forrajeros más antiguos, leguminosa perenne de ciclo estival, cuyas ventajas han permitido llamarla la “reina de las forrajeras”, mérito que no se debe solamente a su rendimiento y excelente calidad proteica, sino también a su capacidad de mejorar y restaurar la fertilidad de suelos.

La alfalfa es una especie de gran valor para la recuperación de suelos degradados y excelente forrajera. Así generalmente se la utiliza como cabeza de rotación de cultivos en la zona andina del país; en este rubro su aporte es extraordinario tanto en la mejora de la estructura como en la fertilidad de los suelos, gracias a su sistema radicular profundo y la fijación biológica del nitrógeno (Espinoza y Meneses, 2006).

Fundación Nuevo Norte (2007), indica que es una especie forrajera de alto valor alimenticio principalmente para el ganado, por el alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales. Es una forrajera perenne, la cual puede ser consumida en pastoreo directo, cosechada o conservarla en forma de heno o ensilaje conservándose sus propiedades alimenticias.

Por otro lado SEFO (2002) citado por Morales (2012), señala que la alfalfa es considerada una de las principales forrajeras de las zonas andinas y valles de Bolivia por sus características de tolerancia al frío y su excelente calidad alimenticia para el ganado abarcando 30.000 hectáreas, siendo cada vez mas importante en las zonas de producción de ganado en el altiplano Boliviano.

### **2.4. Valor nutricional**

Según Sánchez (2004), la alfalfa contiene altos niveles de proteínas, energía y además contiene minerales como ser fosforo, azufre, potasio y magnesio, las cuales son importantes en la reproducción de bovinos.

A continuación se muestra en el Cuadro 2, la composición de materia seca de hojas y tallos de la alfalfa.

**Cuadro 2. Composición de la materia seca de hojas y tallos de la alfalfa**

Componente Nutritivo	Hojas (%)	Tallos (%)	Promedio (%)
Proteína bruta	24	10.7	17.35
Grasa bruta	3.1	1.3	2.2
Extracto no nitrogenado	45.8	37.3	41.55
Fibra bruta	16.4	44.4	30.40
Cenizas	10.7	6.3	8.50

Fuente: Sánchez (2004)

Muslera (1983) citado por Torrez (2010), explica que la calidad del forraje de la alfalfa disminuye al avanzar la madurez, el valor nutritivo es esencialmente importante cuando se destina a animales en producción de leche o de carne; por ser el objetivo del manejo y conseguir un forraje de buena digestibilidad y de alto contenido proteínico.

## 2.5. Descripción botánica

Infoagro (2012), describe a la alfalfa como una leguminosa forrajera perenne, vivaz y de porte erecto, la raíz principal es pivotante, robusta y muy desarrollada con numerosas raíces secundarias y posee una corona que sale del terreno, de la cual emergen brotes, los tallos son delgados y erectos para soportar el peso de las hojas y de las inflorescencias, además son muy consistentes, las hojas son trifoliadas, las primeras hojas verdaderas son unifoliadas, las flores son de color azul o púrpura, con inflorescencias en racimos que nacen en las axilas de las hojas. Por otra parte Rocabado y Vila (2008), señalan que el fruto es una legumbre seca, alargada y arrollada en espiral, es indehiscente, no posee espinas, conteniendo entre 2 y 6 semillas arriñonadas de 1.5 a 2.5 mm de longitud, las semillas inmaduras son de colores claros, mientras que las maduras son de color oscuro o marrón.

## 2.6. Clasificación taxonómica

De acuerdo a Lizarro (2008), la clasificación taxonómica de la alfalfa corresponde a:

- División : Angiosperma
- Clase : Dicotiledóneas
- Orden : Fabales
- Familia : Fabaceae
- Subfamilia : Papilionoideae
- Género : *Medicago*
- Especie : *Sativa*

## 2.7. Requerimientos climáticos

### 2.7.1. Temperatura

Muslera y Ratera (1984) citado por Morales (2012), indican que la temperatura óptima de desarrollo y crecimiento de la alfalfa es de 15 a 25 °C durante el día y por las noches es de 10 a 20 °C, las temperaturas mayores a los 30 °C reducen el crecimiento por el aumento de respiración de las plantas.

La alfalfa no desarrolla con temperaturas inferiores a 5 °C, de ahí que se considera a esta temperatura como el umbral de cero vegetaciones. Expresando el tiempo necesario para un corte en grados días, un corte de alfalfa requiere de 500 a 550 grados días. Por ejemplo, en una época donde la temperatura promedio es de 15 °C la alfalfa requiere de 50 a 55 días para un corte y para épocas donde la temperatura promedio es de 20 °C requiere de 33 a 37 días (Meneses y Piérola, 1996).

### 2.7.2. Precipitación

CIF y SEFO (2002), consideran que la alfalfa se adapta bien a condiciones de valle, altiplano y sub trópico, desde 1800 a 4000 msnm, con 300 a 600 mm de precipitación y por su sistema radicular profundo, tolera helada y sequia.

Por otra parte Cahuaya (2001), clasifica el altiplano Central como estepa montañoso templado - frío, con precipitación media de 619 mm.

## 2.8. Factores edáficos

Delgadillo (1978) citado por Rojas (2003), considera que la alfalfa se cultiva en todos los suelos cuya textura va de arenosa a franco arcilloso limosa, pero los francos profundos con subsuelo poroso son los más aptos.

Para CIF y SEFO-SAM (2002), la alfalfa prefiere suelos ligeramente alcalinos y fértiles, ricos en fósforo, profundos, livianos y bien drenados. Por su parte Espinoza y Meneses (2006), la alfalfa no prospera bien en suelos mal drenados, tampoco en suelos ácidos con (pH menor a 6.0) y en suelos muy ácidos con (pH menor a 5.5) no es apropiado cultivar esta especie.

## 2.9. Variedades de alfalfa

Según CIPCA (2001), las variedades de alfalfa están clasificadas en variedades precoces y tardías:

a) Precoces: se tiene a Moapa y Africana estas variedades son de establecimiento rápido, teniendo la desventaja que son de persistencia corta, es cultivada mayormente en los valles interandinos.

b) Tardías: se tiene a la Ranger americano, Bolivia 2000 y Rivera, su establecimiento es lento pero de buena persistencia sobre todo en el altiplano.

### 2.9.1. Ranger

Ranger es una variedad mejorada en los Estados Unidos se adapta mejor en los valles, donde se caracteriza por su buena resistencia a las condiciones adversas, se adapta en alturas de 3500 a 4100 msnm (Semillermanrique, 2008).

### 2.9.2. Puma

Puma es una variedad que rinde 6% más que la Cuf 101, tiene resistencia a los *Aphidos*, *Fusarium* y nematodos que las otras alfalfas, se usa preferentemente en alturas de 1000 a 3000 msnm (Semillermanrique, 2008).

## **2.10. Aspectos agronómicos del cultivo de alfalfa**

### **2.10.1. Siembra y establecimiento**

Espinoza y Meneses (2006), indican que la alfalfa se puede sembrar al voleo o en surcos a chorro continuo, a 20 cm de distancia entre surcos, en ambos casos se debe cubrir la semilla con una capa delgada de tierra.

Para Delgadillo y Mendieta (1996), la siembra es importante para tener éxito en el establecimiento de la alfalfa, por su pequeño tamaño las semillas deben ser sembradas a profundidades entre 0.5 a 3 cm, mismas que se realizan al voleo o en surcos.

### **2.10.2. Densidad de siembra**

Meneses *et al.* (1996) citado por Torrez (2010), considera que la cantidad de semilla, depende de la calidad de semilla, preparación de terreno, técnicas de siembra, formas de aprovechamiento y época de siembra. Sin embargo, sugiere el autor, utilizar de 10-15 kg/ha en caso de realizarse corte y 15 a 20 kg para pastoreo con ganado.

En el altiplano, la densidad debe ser 15 kg/ha en cultivo puro y en asociación 12 kg/ha de alfalfa con 6 kg/ha de pasto ovillo o 2 kg/ha de pasto llorón (Espinoza y Meneses, 2006).

### **2.10.3. Fertilización**

Según CIF y SEFO-SAM (2002), la alfalfa es una especie muy exigente en fósforo, para conseguir buena producción es necesario fertilizar a razón de 50 a 100 kg/ha de  $P_2 O_5$  /año en los valles, y en 45 a 50 kg/ha de  $P_2 O_5$  /año en zonas altas.

Por su parte CIF y SEFO (2002), consideran que antes de la siembra, en la preparación del terreno, se debe aplicar 2 a 3 quintales del fertilizante superfosfato triple. Después, en cada primavera o verano, se recomienda aplicar otros 2 quintales del mismo fertilizante, siempre después del corte y sobre suelo húmedo.

### **2.10.4. Crecimiento y desarrollo**

La alfalfa es una planta perenne que puede durar de 2 a 10 años según su modo de explotación y vuelve a desarrollarse en cada periodo de invierno o después de cada corte (Tenorio, 2007).

Denium (1976) citado por Morales (2012), sostiene que el crecimiento y la calidad forrajera no es uniforme a través del año, debido a la influencia de las variaciones climáticas, como la cantidad y distribución de la precipitación, temperatura y sus fluctuaciones día, noche y otros factores.

De acuerdo a Rocabado y Vila (2008), las ciertas épocas del año como el invierno las plántulas de alfalfa detienen su crecimiento dormante hasta la primavera, cuando las condiciones de temperatura y humedad mejoran, dando lugar el rebrote y crecimiento de la planta.

### **2.11. Aspectos fisiológicos**

Meneses *et al.* (1996) citado por Torrez (2010), explica que la fisiología de la alfalfa tiene la importancia en la rapidez y en la facilidad corte del rebrote después de cada corte donde se toman tres factores determinantes:

- La reserva de los carbohidratos: que resulta de la máxima acumulación carbohidratos en la raíz; donde se asegura el rebrote vigoroso.
- Los puntos de crecimiento o yemas: la parte de la corona es importante ya que estos producen nuevos tallos y hojas.
- El área foliar residual: está influenciado por el follaje que pertenece después del corte o pastoreo.

### **2.12. Control de malezas**

Infoagro (2012), señala que la invasión de las malas hierbas en el alfalfar se produce antes del rebrote de primavera, debilitando a la alfalfa y retrasando su crecimiento. Las malas hierbas de verano perjudican a los alfalfares, siendo las gramíneas perennes del verano tipo gramas, que se desarrollan bien con las elevadas temperaturas de esta época y el empleo de herbicidas depende del tipo de hierba y del estado vegetativo de la alfalfa.

A los tres meses de la siembra en el altiplano se realiza un corte de limpieza para controlar malezas de hoja ancha, se recomienda además, un control manual de malezas en cada primavera, antes que hayan producido semillas (CIF y SEFO, 2002).

### **2.13. Cosecha**

Según Prieto (2004), una vez que la alfalfa ha sido establecido, se procede a cosechar cuando la población de plantas presenta entre 10 y 15% de floración, en caso de no presentarse la floración se debe verificar la corona presenta brotes en un 5%, esto puede variar por las condiciones de clima, riegos aplicadas y al tipo de suelo.

CIF y SEFO (2002), indican que el mejor momento para el corte de alfalfa es al inicio de la floración o cuando ya aparecen los rebrotes en la base de la planta (corona). Se debe cortar a una altura de unos 5 a 8 cm por encima del suelo, sin dañar los rebrotes porque pierde vigor y su persistencia se acorta.

### **2.14. Rendimiento**

Torrez (2010), al comparar el rendimiento del cultivo de alfalfa en cuatro variedades con la aplicación del estiércol de ovino en la comunidad Quipaquipani, encontró valor de 49.7 t/MV/ha por el testigo, 54.5 t/MV/ha con la aplicación de 10 t/ha de estiércol y 58.01 t/MV/ha con la aplicación de 15 t/ha. Sin embargo las diferencias entre variedades dan como resultado la Cuf-101 con 56.04 t/MV/ha, Pampa Flor con 54.47 t/MV/ha, Ranger con 52.5 t/MV/ha y Puma con 53.38 t/MV/ha.

Condori (1998), quién determinó la producción y manejo de alfalfa bajo los sistemas tradicional y técnico en dos comunidades de la provincia Ingavi y obtuvo en las zonas frías, húmedas y sub-húmedas rendimientos de 8 a 10 t/ha en materia seca.

Por su parte Morales (2012), reportó el comportamiento de 12 variedades de alfalfa con cobertura y sin cobertura de polietileno, registra 10.78 t/ha en la variedad de Ranger con cobertura en la provincia Ingavi.

### **2.15. Aprovechamiento de la alfalfa**

La alfalfa se aprovecha de diferentes formas en forraje verde, ensilado, henificado, deshidratado y pastoreo, para la ganadería intensiva que ha demandado de forma regular los alimentos que ha tenido que proveer la industria, dando lugar al cultivo de la alfalfa, cuya finalidad es abastecer a la industria de piensos (Infoagro, 2012).

Espinoza y Meneses (2006), explican que la alfalfa se utiliza principalmente como forraje verde, es una especie apropiada para obtener heno de buena calidad y por su alto contenido en proteína y bajo en azúcar, no es aconsejable realizar ensilaje con esta especie.

### **2.16. Altura de planta**

Según Robles (1990), la altura de planta es un indicador de la producción de forraje principalmente se ha utilizado en muchas especies forrajeras perenes como anuales para evaluar su producción.

Estudios realizados por Morales (2012), quién determinó el comportamiento de 12 variedades de alfalfa con cobertura y sin cobertura de polietileno en la comunidad Quipaquipani en la provincia Ingavi, registró con cobertura una altura mayor en el segundo corte con 39.01 cm, mientras sin cobertura 33.64 cm.

Por otra parte Mendoza (2004), evaluó dos métodos de riego aspersión e inundación en el cultivo de alfalfa en la provincia Los Andes, obtuvo mayores promedios de altura de planta con 59.95 cm bajo condiciones de riego y una altura de 37.71 cm, en condiciones a secano, lo cual representa un incremento de 59%.

### **2.17. Relación hoja – tallo**

Del Pozo (1983) citado por Aguilar (2001), señala que las hojas de alfalfa tienen un contenido alto no solo de la fracción nitrogenada sino también en grasa, extracto no nitrogenado cenizas. Por el contrario, el tallo tiene tres veces más fibra que las hojas, es decir, el forraje de alfalfa se compone de una proporción de hojas de alta calidad y tallo de baja calidad.

El mismo autor considera que la relación hoja-tallo varía según el estado de desarrollo de la planta y las hojas son más abundantes en la fase vegetativa y van disminuyendo con el avance de la madurez.

Torrez (2010), obtuvo en relación hoja/tallo aplicando los niveles de estiércol en cuatro variedades de alfalfa en la comunidad de Quipaquipani provincia Ingavi, con mayores valores la variedad Ranger con 1.21g/g con la aplicación de 15 t/ha, Puma con 1.14 g/g, Cuf-101 con 1.12 g/g y por último Pampa Flor con 1.10 g/g siendo la menor relación.

En comparación Tarqui (2005), quién determinó el efecto de riego por aspersión en el establecimiento y producción de tres variedades de alfalfa con dos métodos de siembra en la estación experimental de Belén, obtuvo los promedios en siembra en surco con la variedad Puma 0.73 g/g, Moapa 0.72 g/g y Pecos 0.72 g/g.

### **2.18. Cobertura vegetal**

Se refiere a la parte área superficial ocupada por la planta y puede ser observada con una vista vertical de arriba hacia abajo, que se determina con una regla o flexómetro. Esta medida es más fácil anotar en especies amacolladas y arbustos (Serrano, 2012).

Investigaciones realizadas por Morales (2012), al comparar el comportamiento de 12 variedades de alfalfa bajo cobertura de polietileno, a la tercera evaluación se registro la cobertura vegetal, la variedad Tamborada que llegó a obtener mayor porcentaje 91.41% al igual que las otras variedades, con respecto al testigo fue menor el porcentaje de cobertura vegetal 84.03%.

Quezada (2009), indica que el crecimiento de la biomasa, se da a razones del área foliar de la planta por medio de la fotosíntesis llegando a incrementar y determinar las variables fenológicas del cultivo.

Al respecto Alvarado (2002), realizó el comportamiento del laboreo agrícola a dos profundidades (remoción a 15 y 30 cm de profundidad) y un nivel de adición de estiércol ovino, en la recuperación de cultivares de alfalfa con 10 años de antigüedad, bajo riego, obtuvo los tratamientos 15 cm + estiércol y 15 cm, con 55.39% y 52.39%, presentó mejores porcentajes de cobertura vegetal durante cuatro cortes.

### **2.19. Fertilizantes orgánicos**

Piñuela (2000) citado por Espinal (2009), 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).

## 2.20. 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 3.

**Cuadro 3. 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 (captación de radiación).</li> <li>- Reduce las pérdidas del material fino por la erosión.</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 retro degradación del fósforo.</li> <li>- Atenúa la retro degradación del potasio.</li> <li>- Poder tampón del suelo, evitando variaciones bruscas del pH.</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 acción de los ácidos húmicos sobre diversos procesos metabólicos especialmente sobre nutrición mineral.</li> </ul>

Fuente: Mamani (2006)

## 2.21. El biol

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.

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.

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.

## 2.22. Tipos de biol

Paco (2012), 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.

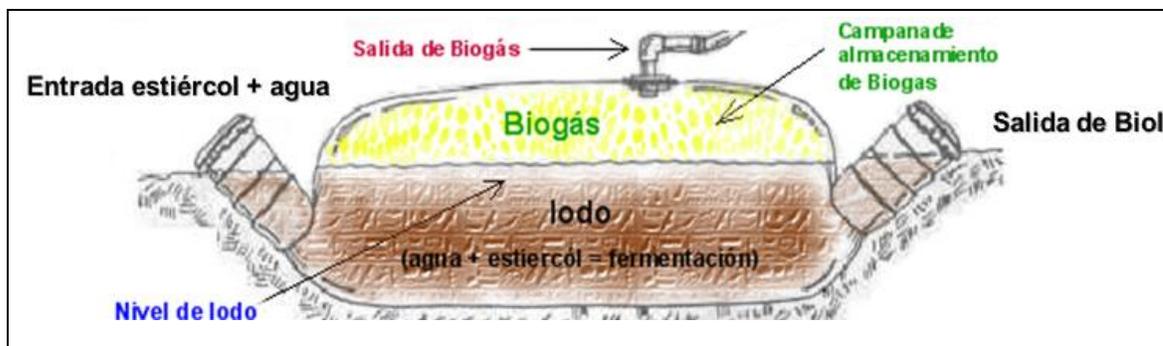
## 2.23. El biodigestor

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 1.



**Figura 1. Diseño de un biodigestor (GTZ EnDev Bolivia, 2012)**

### **2.23.1. 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, transforma cada día 20 kilos de estiércol mezclados con 60 litros de agua en aproximadamente: biogás suficiente para 3 horas de cocina y 70 litros de biol.

### **2.23.2. Elaboración del biol**

El biodigestor instalado, inicialmente se debe llenar con una primera carga de 21 baldes de estiércol mezclados con 63 baldes de agua, suficientes para tapar todos los tubos de entrada y salida del biodigestor. Luego se debe alimentar diariamente con 20 kilos de estiércol de vaca mezclados con 60 litros de agua, en caso de no alimentarlo diariamente no se tendrá biogás o biol. Diariamente se obtienen 80 litros de biol, una vez que el biol es recolectado en un balde, se debe tamizar o cernir (PROLAGO - USAID, 2012).

### **2.23.3. 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.

#### 2.24. 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 Universidad 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%.

## 2.25. Ventajas del biol

GTZ EnDev Bolivia (2012), muestra las ventajas o beneficios de biol en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. 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)

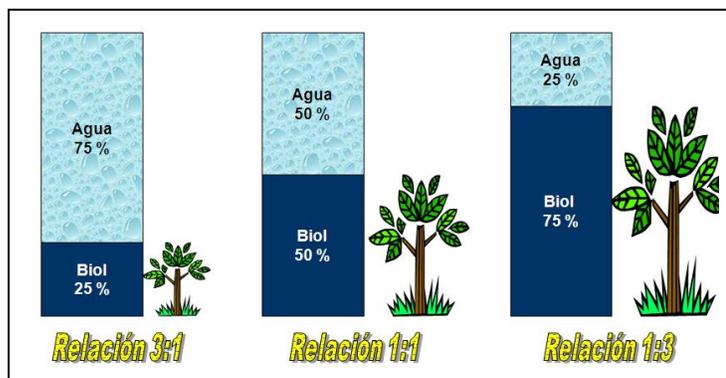
## 2.26. Aplicación foliar del biol

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 2.



**Figura 2. 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 5 y 6.

**Cuadro 5. 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 6. Aplicaciones del biol**

<b>Aplicación</b>	<b>Cuanto</b>	<b>Cuando</b>	<b>Como</b>
<b>Surco</b>	Corrido	Antes de sembrar	Echar
<b>Semilla</b>	6 horas	La noche antes de sembrar.	Remojo
<b>Aspersión</b>	20 litros mochila 5 biol+ 15 agua	Antes de la floración por las tarde o al amanecer por las mañanas.	Asperjando por las hojas.
<b>Riego por inundación</b>	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.
<b>Foliar</b>	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)

### 2.27. Uso del biol

Según Claire (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), considera 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.

## **2.28. 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 se realizó en la comunidad Kenakahua Alta perteneciente al municipio de Puerto Pérez de la provincia Los Andes del departamento de La Paz, geográficamente ubicado a  $54^{\circ}47'58''$  de Latitud Sur y  $81^{\circ}85'39''$  de longitud oeste, a una distancia de 73 km al oeste de la ciudad de La Paz y a una altitud de 3856 msnm (GAMPP, 2010).

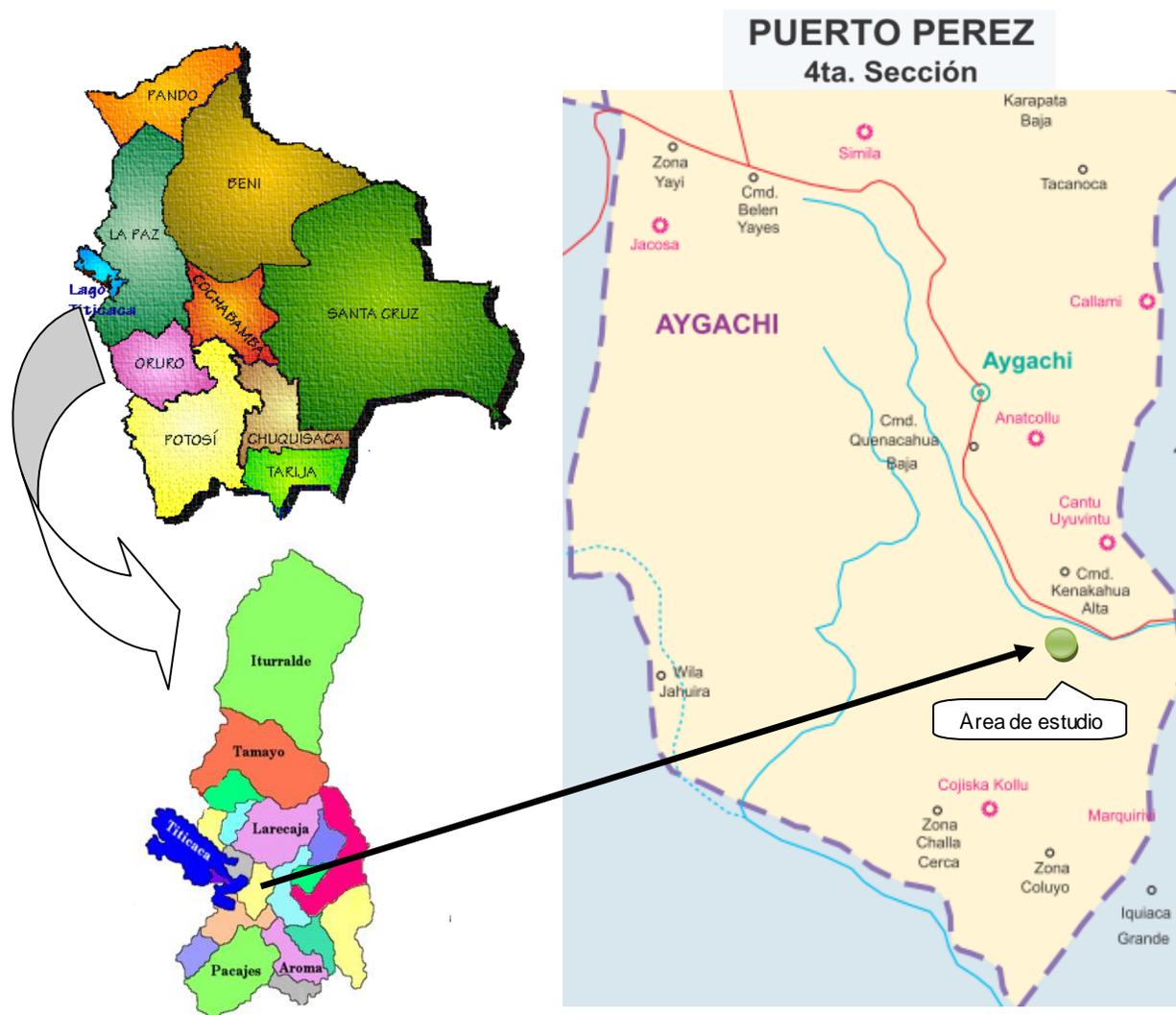


Figura 3. Mapa de ubicación de la zona de estudio (INE, 2001)

## **3.2. Características**

### **3.2.1. Clima**

La característica general 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 (Quispe, 1999).

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.

### **3.2.2. Suelo**

Diagnóstico Municipal de Puerto Pérez (2010), indica que los suelos de la zona pertenecen a un sistema cuaternario por la presencia de acumulaciones y depósitos de material no consolidado, constituido por grava, arena, limo, arcilloso, siendo la textura del suelo franco arenoso.

Por otro lado Ayaviri (1996), explica que poseen textura franco arcillo arenosa, 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.

### **3.2.3. Fisiografía**

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 ) (Diagnóstico Municipal de Puerto Pérez, 2010).

### 3.2.4. Cultivos y vegetación

Según López (2012), menciona que las especies más cultivadas son: la 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.) y la papaliza (*Ullucus tuberosus* C.).

El mismo autor indica que la vegetación natural predominante en la zona experimental está conformada por: Paja brava (*Stipa ichu*), Ch'illiwa (*Festuca Dolichophilla*), Iru icho (*Festuca orthophylla*), Cebadilla (*Bromus arvensis*), Cola de ratón (*Bauteola simplex*), Reloj reloj (*Erodium cicutarium*), Sillu sillu (*Alchemilla pinnata*), Tatora (*Scirpus californicus*), Trébol amarillo (*Melilotus indica*), Alfalfa de carretilla (*Medicago hispida*), Diente de león (*Taraxacum officinalis* W.), T'ola (*Parastrepha cuadrangularen*).

### 3.2.5. 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).

### 3.2.6. Economía

La principal actividad de las familias en la comunidad Kenakahua Alta, es la crianza de animales mayores y menores, principalmente del ganado vacuno, de la cual obtienen ingresos económicos por la venta de leche y sus derivados como ser el queso, también crían en menor escala los 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.

### 3.2.7. Recursos hídricos

Según el GAMPP (2010) en su Diagnóstico Municipal de Puerto Pérez (2010), describe que la zona de estudio presenta los recursos hídricos, el río principal es el Katari, que tiene carácter permanente y drena una superficie de 2884 km<sup>2</sup>, alcanza sus mayores caudales durante la estación lluviosa. El segundo río importante es el Sehuenca, de carácter temporal, en época de lluvias tienen gran caudal.

### **3.3. Materiales**

#### **3.3.1. Material de estudio**

En el presente estudio se realizó en una parcela establecida de alfalfa, con la variedad Puma de cuatro años de producción, la presente evaluación se realizó al quinto año.

#### **3.3.2. Material orgánico**

El material orgánico utilizado fue el biol de bovino, proveniente del biodigestor familiar.

#### **3.3.3. Material de escritorio**

- Computadora e impresora
- Material de escritorio

#### **3.3.4. Material de campo**

- Mochila fumigadora
- Rastrillo
- Cinta métrica
- Cámara fotográfica
- Letreros
- Nylon y bolsas plásticas
- Estacas de madera
- Pala
- Picota
- Segadora
- Baldes de 20 litros
- Metro
- Romana de 50 kg.
- Cuaderno de registro
- Yutes
- Soga

#### **3.3.5. Material de laboratorio**

- Balanza digital
- Horno de desecación
- Sobres manila
- Estilete

### **3.4. Metodología**

#### **3.4.1. Procedimiento experimental**

##### **3.4.1.1. Preparación de la parcela**

La preparación de la parcela experimental, se procedió a la medición con la ayuda de una cinta métrica, delimitando los bordes con estacas sobre un área total de 738 m<sup>2</sup> y se colocó sus respectivos letreros en cada tratamiento (Anexo, 7).

##### **3.4.1.2. Muestreo del suelo**

El método zig zag (Chilón, 1997), fue utilizado en el muestreo de suelo en la zona Aceruyo, con 12 sub muestras a 20 cm de profundidad, las mismas fueron mezcladas y cuarteadas hasta obtener una muestra compuesta de 1 kg de suelo, que fue depositada en una bolsa de plástico e identificada con su respectiva etiqueta para ser enviada al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés (Anexo, 8).

##### **3.4.1.3. Instalación del biodigestor**

El biodigestor fue instalada con la ayuda del proyecto PROLAGO - USAID, se preparó una zanja de 8 m largo por 1.7 m de ancho superior, 90 cm de profundidad, 60 cm ancho inferior y 7.60 m largo inferior. El techo es de agrofil 1.5 m tapial sur y 50 cm tapial norte (Anexo, 9).

##### **3.4.1.4. Preparación de biol**

Se recomendó la preparación de biol por PROLAGO-USAID (2012), primero se realizó la recolección del estiércol fresco por las primeras horas de la mañana, con un volumen de 20 kilos y se procedió a disolverlo en 60 litros de agua llegando a formar una solución densa con una relación de 1:3, el biodigestor fue alimentado cada dos días (Anexo, 10).

##### **3.4.1.5. Cosecha de biol**

Se realizó una fermentación anaeróbica por tres meses el cual produjo un líquido viscoso verdusco oscuro; por tanto se obtuvieron cada día 50 litros de biol en los recipientes de salida donde la mezcla fermentada sedimentó al fondo (el biosol) y encima quedó el biol, luego se filtró con una malla milimétrica de 2 mm (Anexo, 11).

#### **3.4.1.6. Traslado de biol**

El traslado de biol se realizó con la ayuda de un animal de carga que traslado los dos baldes de 20 litros, en cada lado, llevándose a una distancia de 2 km (Anexo, 12).

#### **3.4.1.7. Análisis de biol**

Se procedió a tomar una muestra de biol de la salida del biodigestor, para determinar la composición química y el pH. Para ello, se utilizó una botella de plástico 1000 mL previamente esterilizado en agua hervida y una malla milimétrica, para luego filtrar dos litros de biol posteriormente se enviaron la muestra al Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés (Anexo, 13).

#### **3.4.1.8. Aplicación del biol**

La aplicación de biol se realizó a partir de los primeros rebrotes hasta el inicio de la floración por un periodo de tres meses, cada 15 días por las tardes, se aplicó asperjando en el follaje con una mochila de aspersión y la cantidad de biol fue 0.3 litros/m<sup>2</sup>.

Se preparó el biol en tres diferentes concentraciones T2, 50% biol, (5 litros de biol y 5 litros de agua), T3, 75 % biol, (7.5 litros de biol y 2.5 litros de agua), T4, 100% biol (10 litros de biol sin agua), y el testigo sin biol T1, 0% (Anexo, 14 y 15).

#### **3.4.1.9. Corte de los pasillos**

El corte de los pasillos se procedió con la ayuda de la cegadora a una altura de planta 30 cm y el tamaño del pasillo 50 cm de ancho, esto se realizó con la finalidad de identificar los tratamientos para tener facilidad en la aplicación del biol (Anexo, 16).

#### **3.4.1.10. Control de malezas**

El control de malezas se efectuó manualmente durante la fase crecimiento y desarrollo, eliminando las plantas invasoras y malezas como: la Moztaza, (*Brassica hirta*), Cebadilla, (*Brumus unioloides*), Reloj reloj (*Erodium cicutarium*) y Diente de león (*Taraxacum officinalis*), con el finalidad de evitar la competencia por agua y nutrientes en el crecimiento y desarrollo de de la planta.

### 3.4.1.11. Corte y cosecha

El corte de la alfalfa se realizó a los tres meses, cuando la mayoría de las plantas de la parcela en general se encontraban con botones florales, utilizando la cegadora a una altura de 6 cm por encima del suelo (Anexo, 17).

### 3.4.2. Diseño experimental

Los datos de cada variable se analizaron a través del modelo que corresponde al Diseño Bloques Completamente al Azar (DBCA), donde se considero cuatro tratamientos y tres repeticiones (Ochoa, 2009).

Por lo que el modelo lineal aditivo es el siguiente:

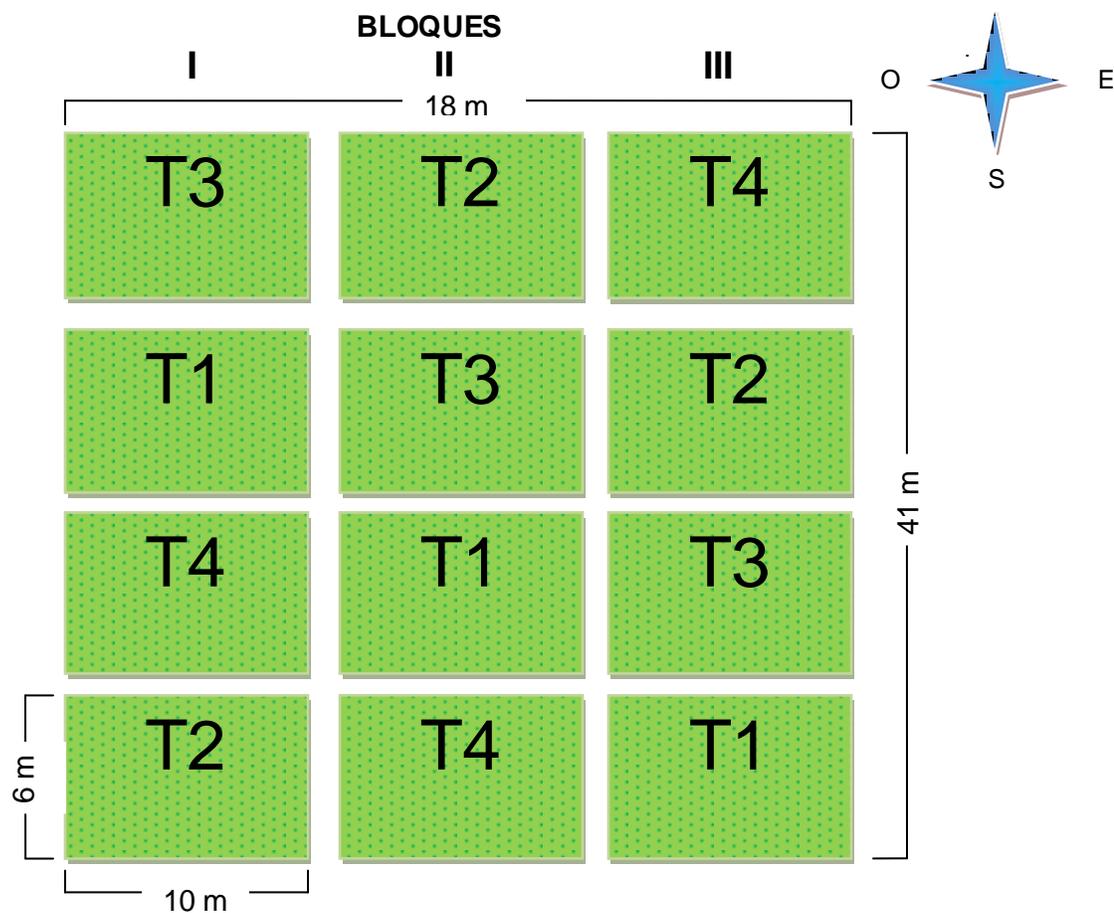
$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

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

### 3.4.3. Factores de estudio

- Tratamiento 1: Testigo 0% (sin aplicación de biol)
- Tratamiento 2: Concentración de 50% biol + 50% agua
- Tratamiento 3: Concentración de 75% biol + 25% agua
- Tratamiento 4: Concentración de 100% biol



**Figura 4. Croquis del experimento**

**a) Área experimental**

Área total :	738 m <sup>2</sup>
Área de cada bloque :	246 m <sup>2</sup>
Número de repeticiones :	3
Ancho de pasillo :	0.50 m

**b) Área de la unidad experimental**

Área total :	60 m <sup>2</sup>
Largo de surco :	10 m
Distancia entre surcos :	0.5 m
Nº de surco por parcela :	15

### **3.4.4. Variables de respuesta**

#### **3.4.4.1. Variables agronómicas**

- **Altura de planta**

La altura de planta se registró con ayuda de un flexo metro expresado en cm, desde el cuello de la planta hasta el ápice de la misma, para ello se identificaron 10 plantas al azar en cada unidad experimental y se procedió a obtener el promedio. (Morales, 2012) determinó con este método la altura de planta en el comportamiento de 12 variedades de alfalfa bajo cobertura de polietileno.

- **Número de tallos por planta**

Se determinó el número de tallos por planta, cuando se realizó el corte y se procedió al conteo de tallos por cada planta, efectuándose muestreos en cada unidad experimental para luego obtener el promedio (Alvarado, 2002).

- **Cobertura vegetal**

La cobertura vegetal se realizó con la ayuda de un aro, se lanzo al azar y se tomo fotos digitales con sus respectivos tratamientos de la superficie muestral de cada unidad experimental y se llevo las fotos a un programa CopCal v 1.0 (INTA, 2011).

#### **3.4.4.2. Variables de rendimiento**

- **Relación hoja/tallo**

La relación hoja-tallo se determinó de acuerdo a recomendaciones de Morales, (2012), tomando al azar 15 tallos completos de alfalfa por cada unidad experimental, teniendo el cuidado de no perder las hojas, previo a su corte, se realizó la separación de las hojas del tallo. Así separadas las hojas de los tallos, se picó en pequeños trozos tallos como hojas y se procedió al secado en sobres manilas en el laboratorio a 65 °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 duro 48 horas.

- **Determinación de materia verde**

Se realizó el corte de la alfalfa al azar tomando en cuenta el efecto borde, en tres muestras de 1m<sup>2</sup> por unidad experimental, posteriormente se pesó las muestras para tener un promedio, seguidamente se ha obtenido el rendimiento del forraje en materia verde (Morales, 2012).

- **Determinación de materia seca**

Se realizó la cosecha de materia verde de las unidades experimentales de acuerdo a Torrez (2010), obteniendo 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 de la Carrera de Agronomía de la UPEA, se procedió a realizar el cuarteo obteniendo sub muestras de 200 g, los cuales fueron picados y secados en sobres de papel a una temperatura de 65 °C durante 48 horas, hasta obtener un peso constante.

#### 3.4.4.3. Variables económicas

- **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 5 Bs por amarro de 3 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

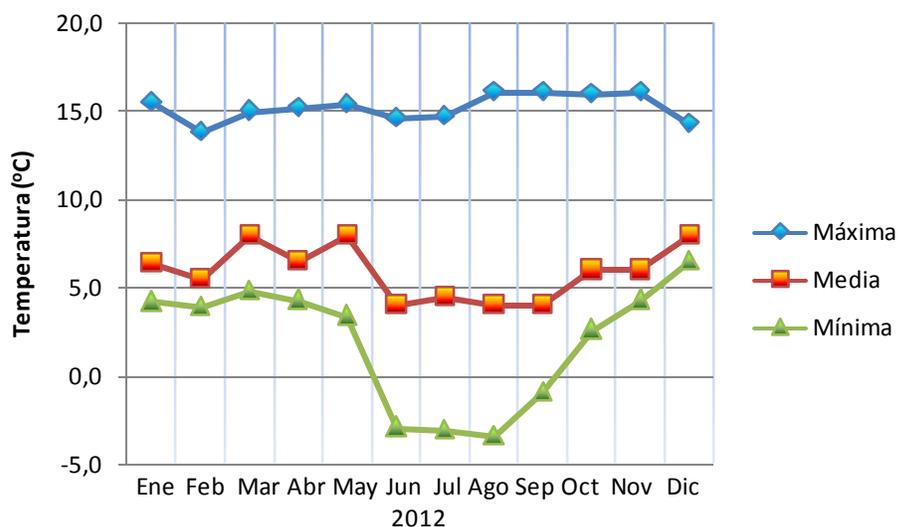
IB = Ingreso bruto

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Datos meteorológicos

En el presente estudio los datos meteorológicos han sido recabados del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI (2012), a continuación se muestran la temperatura y la precipitación del ciclo agrícola.

#### 4.1.1. Temperatura

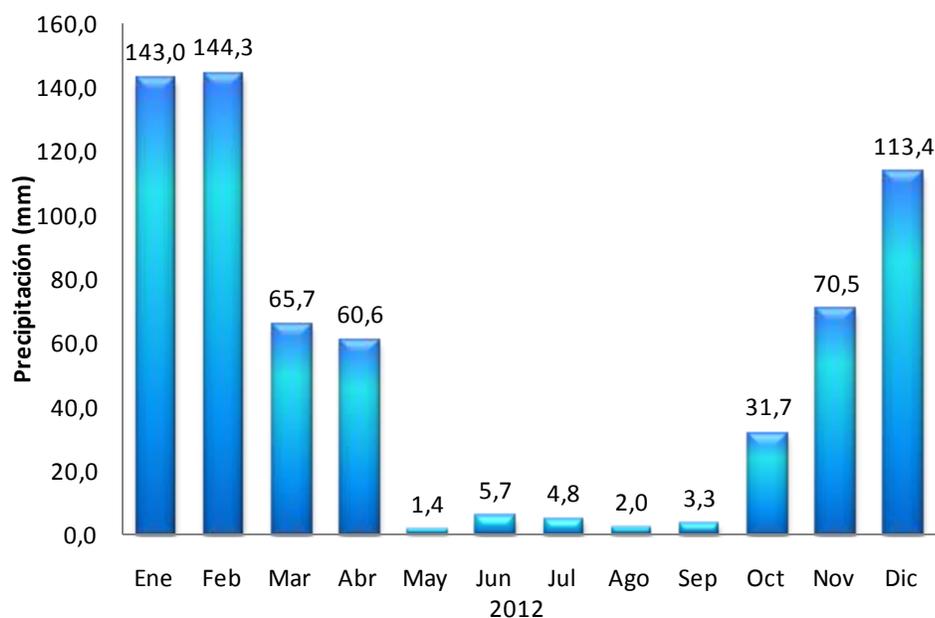


**Figura 5. Temperatura ambiental en el periodo de estudio (SENAMHI, 2012)**

Los datos registrados en la Figura 5, detalla el comportamiento de la temperatura en el periodo de investigación. En los tres meses de septiembre, octubre y noviembre la temperatura máxima fue de 16,1 °C, la mínima fue de 6,0 °C y por último la temperatura media fue de 2,6°C; por tanto resultado favorable para el desarrollo del cultivo de alfalfa.

Al respecto Meneses y Piérola (1996), señala que el cultivo de alfalfa requiere la temperatura promedio de 15 a 20 °C. Por otra parte, Muslera y Ratera (1984) citado por Morales (2012), indican que la temperatura óptima de desarrollo y crecimiento de la alfalfa es de 15 a 25 °C durante el día y por las noches es de 10 a 20 °C, las temperaturas mayores a los 30 °C reducen el crecimiento por el aumento de la respiración de las plantas.

#### 4.1.2. Precipitación



**Figura 6. Precipitación pluvial en el periodo de estudio (SENAMHI, 2012)**

En la Figura 6, se observa la precipitación registrada durante el periodo de estudio, en el mes de septiembre la precipitación fue mínima de 3.3 mm; por tanto existía menor crecimiento en la planta, en el mes de octubre se registro una precipitación de 31.7 mm; y por tanto mejoró el desarrollo de la planta y el mes de noviembre la precipitación de 70.5 mm, respectivamente favoreció al normal desarrollo del cultivo de alfalfa, teniéndose un total de 534.1mm para todo el ciclo del cultivo. Al respecto CIF y SEFO (2002), mencionan que la alfalfa requiere 300 a 600 mm de precipitación por su sistema radicular profundo, tolera helada y sequia.

Por otra parte Cahuaya (2001), clasifica el altiplano Central como estepa montañoso templado- frío, con precipitación media de 619 mm.

Mientras, 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.

#### 4.2. Análisis físico y químico del biol

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio (Cuadro 7) se deduce el siguiente análisis:

**Cuadro 7. 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)

El Cuadro 7, muestra que el biol tiene 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.

Los resultados del presente estudio, son diferentes a los obtenidos por Gutiérrez (2012), en la comunidad San Cristobal, provincia Los Andes, el cual muestra la siguiente composición química del biol, el pH 7.61, es medianamente alcalino, Nitrógeno 0.07%, Fósforo 0.01%, Potasio 0.09% y Materia orgánica 0.35%, tienen un contenido bajo de estos nutrientes, debido a la antigüedad o poca alimentación del biodigestor.

Así mismo Rodríguez (2003), realizó investigación en la Universidad Académica Campesina de Tiahuanacu quién 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 un ambiente atemperado en el altiplano el cual favoreció la fermentación del biol, debido al buen mantenimiento del biodigestor.

#### 4.3. Análisis físico y químico del suelo

El análisis de suelo realizado para el presente estudio, se anota en el siguiente Cuadro 8.

**Cuadro 8. Análisis físico - químico de suelo**

Parámetro	Unidades	Resultados
pH		5.6
Nitrógeno total	%	0.33
Materia orgánica	mg/kg	4.3
Carbón orgánico	%	2.5
Fósforo disponible (P)	mg P*kg <sup>-1</sup>	9.9
Sodio intercambiable	cmolc/kg	1.8
Potasio intercambiable	cmolc/kg	0.85
Calcio intercambiable	cmolc/kg	8.4
Magnesio intercambiable	cmolc/kg	6.6
Hierro total	mg/kg	38480
<b>Textura</b>		
Arena	%	7
Limo	%	47
Arcilla	%	46
Clase textural	Arcillo limoso	

Fuente: LCA (2012)

Como se puede observar en el Cuadro 8, el área de estudio presentó las siguientes características: textura arcillo limoso (YL) con predominancia de arcilla 46 %, seguido de limo 18 % y arena 7 %.

El pH en suelo de 5.6, (Chilón, 1997), califica como medianamente ácido, el contenido de materia orgánica es de 4.3 % que representa un contenido alto, según la escala de Walkey y Black.

Al respecto Delgadillo (1978), considera que la alfalfa se adapta en todos los suelos cuya textura va de arenosa a franco arcilloso limosa. Por otra parte, Espinoza y Meneses (2006), indican que la alfalfa no prospera en suelos ácidos con pH menor a 6.0 y en suelos muy ácidos con pH menor a 5.5 no es apropiado cultivar esta especie.

Villarroel (1998), asegura que la influencia de la materia orgánica en los suelos mejora la friabilidad, estructura y la porosidad, facilitando la penetración de las raíces así como la distribución del agua y el aire en el cuerpo del suelo, comprobándose que los suelos con alto contenido de materia orgánica presentan el doble de permeabilidad de agua que los de bajo contenido.

El contenido de nitrógeno total de 0.33 %, está calificado como alto, esto a partir de los rangos empleados según las normas para la interpretación de los análisis físico - químico de suelos, en este caso basados en la escala del método de micro Kjeldahl, el contenido de fósforo disponible es de 9.9 mg P\*kg<sup>-1</sup>, que se considera con un contenido medio de fósforo, según la escala de Olsen; con referencia al potasio intercambiable se tiene un 0.85 cmolc/kg, se la califica un contenido bajo, se determinó con el método de Peach.

Chilón (1997), menciona que el nitrógeno en la materia orgánica del suelo es una fuente importante de abastecimiento para el crecimiento de las plantas y en general, para la producción agrícola. Este nitrógeno del suelo es una fuente agotable y disminuye en la cantidad, conforme abastece y contribuye netamente a la nutrición de las plantas que crecen y se desarrollan en ese suelo.

El mismo autor menciona que en las leguminosas el fósforo juega un papel importante en los procesos de fijación biológica del nitrógeno. En estas condiciones trabaja de varias formas: incrementa el crecimiento de la parte aérea y las raíces de las plantas, por otro lado incrementa el porcentaje y cantidad de nitrógeno acumulado en la leguminosa y otros.

#### 4.4. Variables agronómicas

Los diferentes análisis estadísticos realizados de las variables de respuesta, fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.2. En base a los datos obtenidos en el campo, los resultados y las discusiones respectivas se detallan a continuación:

##### 4.4.1. Altura de planta

El análisis de varianza (ANVA), para altura de planta en el cultivo de alfalfa, se muestra en el Cuadro 9, a un nivel de significancia del 5%.

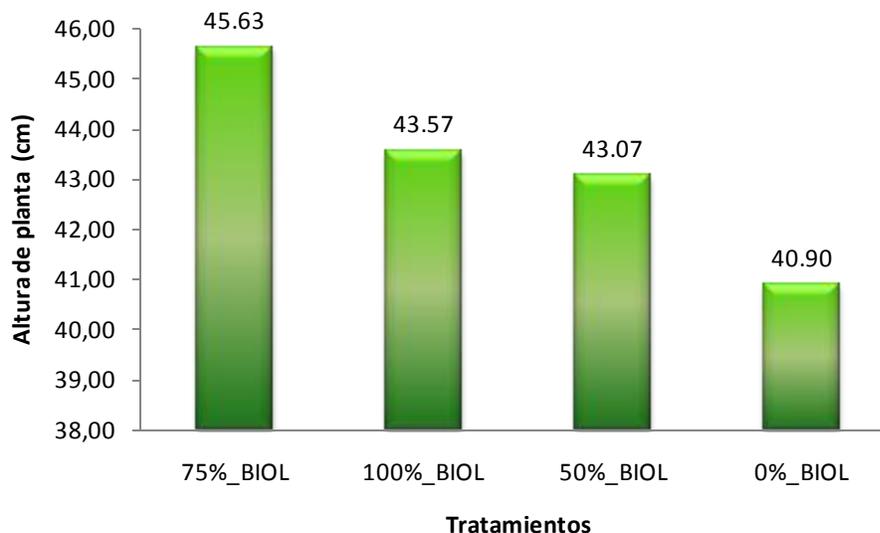
En el análisis de varianza para altura de planta, se observa la no existencia de diferencias significativas para bloques y tratamientos, debido que los niveles de aplicación foliar actuó de manera homogénea en las plantas.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para altura de planta**

FV	GL	SC	CM	Fc	F t (5%)
Bloques	2	204.81	102.40	3.70	5.14 ns
Biol	3	33.98	11.32	0.41	4.76 ns
Error	6	166.14	27.69		
Total	11	404.94			
Promedio (cm.)	43.29				
CV (%)	12.15				

(ns): No significativo.

El coeficiente de variación (CV) es 12.15 %, que indica datos están dentro los parámetros estadísticos de aceptación (< 30 %) y se puede deducir que el manejo de las unidades experimentales fue aceptable con un promedio general de altura de las plantas de 43.29 cm.



**Figura 7. Promedios para altura de planta**

De acuerdo a los promedios, para altura de planta Figura 7, se observa que los tratamientos presentaron promedios de 45.63 cm, 43.57 cm, 43.07 cm y 40.90 cm respectivamente.

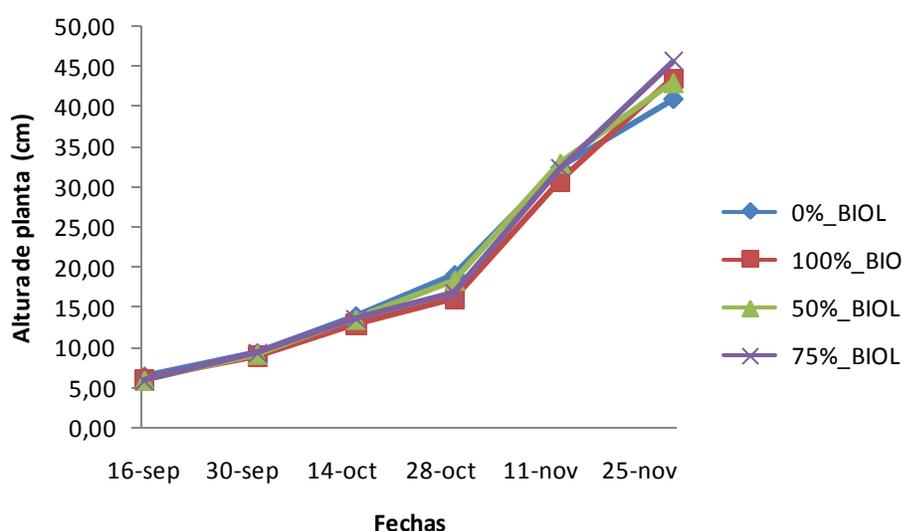
Los resultados del presente estudio, muestran variaciones numéricas en altura de planta por las aplicaciones de biol, y se debe a la disponibilidad de nutrientes que contienen el biol, de acuerdo al análisis químico que se realizó, se observa un incremento de nitrógeno a medida que aumenta la cantidad de biol y otros nutrientes como el P, K, Ca, Mg, esto debido a que los mencionados nutrientes favorecen el desarrollo y el crecimiento de las plantas.

Al respecto Paye (2012), establece que el nitrógeno (N) favorece el desarrollo foliar y el crecimiento de las plantas; 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; calcio (Ca) influye en la formación de las paredes celulares y el magnesio (Mg) forma parte de la clorofila y actúa en el metabolismo del fósforo.

Estudios realizados por Morales (2012), evaluó el comportamiento de 12 variedades de alfalfa con cobertura y sin cobertura de polietileno en la provincia Ingavi, registró con cobertura una altura mayor en el segundo corte con 39.01 cm, mientras sin cobertura 33.64 cm.

En comparación con Torrez (2010), que anota la influencia de estiércol de ovino en el rendimiento de materia seca en cuatro variedades de alfalfa en el centro de investigación Quipaquipani, Viacha, obtuvo en promedios las variedades Puma con 26.8 cm, Cuf-101 con 25.1 cm, Pampa Flor con 24.6 cm y Ranger con 19.5 cm

Para Denium (1976) citado por Morales (2012), el crecimiento y la calidad forrajera no es uniforme a través del año, debido a la influencia de las variaciones climáticas, como la cantidad y distribución de precipitación, temperatura y sus fluctuaciones entre día y de noche.



**Figura 8. Altura de planta registrada durante el periodo de desarrollo**

En la figura 8, se aprecia el crecimiento del cultivo de alfalfa registradas en cada dos semanas; las cuales se relacionan con las condiciones ambientales de la época seca. Para Cargill (1998) citado por Tarqui (2005), las condiciones ambientales influyen directamente en el crecimiento y requerimiento de la alfalfa.

Se registró la altura de planta en el presente estudio en el mes de septiembre fue 5.9 cm; a partir del mes de octubre el crecimiento de las plantas de alfalfa fue aumentando progresivamente, puesto en dicho mes las heladas no se presentaron llegando a una altura de 16.8 cm, durante el último mes de noviembre, presento condiciones favorables alcanzando una altura de planta 45.63 cm; tomando en cuenta que este tiempo de

evaluación las precipitaciones pluviales fueron regulares y la presencia de heladas irregulares favorecieron de esta manera al desarrollo vegetativo del cultivo de alfalfa

Al respecto Mendoza (2004), encontró el crecimiento del cultivo de alfalfa similar a la investigación, obtuvo mayores promedios de altura de planta con 59.95 cm bajo condiciones de riego y una altura de 37.71 cm, en condiciones de secano en la provincia Los Andes.

Por su parte, Rocabado y Vila (2008), indican que las ciertas épocas del año como el invierno las plántulas de alfalfa detienen su crecimiento dormante hasta la primavera, cuando las condiciones de temperatura y humedad mejoran, dando lugar el rebrote y crecimiento de la planta.

#### 4.4.2. Número de tallos por planta

El análisis de varianza (ANVA), para número de tallos por planta en el cultivo de alfalfa, se muestra en el Cuadro 10, a un nivel de significancia del 5%.

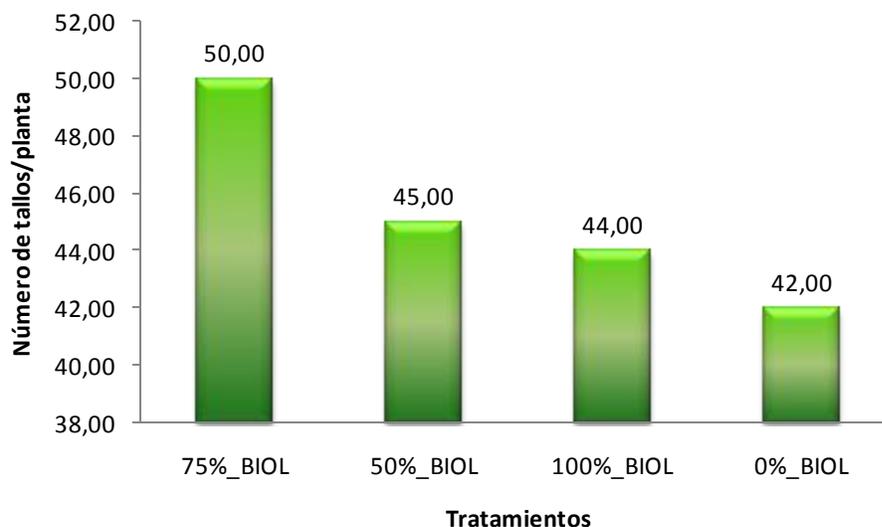
De acuerdo al análisis de varianza para número de tallos por planta, se observa que no existe diferencia significativa para bloques, como así también no existieron diferencias significativas entre tratamientos, es decir las plantas fertilizadas con biol actuaron de forma igual.

**Cuadro 10. Análisis de varianza para número de tallos por planta**

FV	GL	SC	CM	Fc	F t (5%)
Bloques	2	2.00	1.00	0.04	5.14 ns
Biol	3	104.25	34.75	1.51	4.76 ns
Error	6	138.00	23.00		
Total	11	244.25			
Promedio	45.00				
CV (%)	10.59				

(ns): No significativo.

El coeficiente de variación (CV) fue de 10.59 % que indica que los valores analizados son aceptables, ya que tienen un valor menor al 30% considerado como límite para trabajos de campo con promedio general de 45.00 tallos por planta.



**Figura 9. Promedios para número de tallos por planta**

Los promedios (Figura 9) de los tratamientos no presentaron diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos y el testigo, pero se puede apreciar que se encontró un mejor resultado en cuanto al número de tallos por planta con 75% biol con 50.00, mientras los tratamientos 50% biol y 100% biol son similares con promedios de 45.00, 44.00, en comparación del 0% biol que fue menor en el número de tallos por planta con un promedio de 42.00.

Meneses *et al.* (1996) citado por Torrez (2010), señala que la fisiología de la alfalfa tiene la rapidez y la facilidad del rebrote de cada corte, ya que acumula carbohidratos en la raíz; donde se asegura el rebrote vigoroso y la corona produce nuevos tallos. Por otra parte Morales (2012), concluye que el rebrote después de un corte, en su mayor parte se origina en las yemas axilares de los tallos remanentes.

Resultados superiores al presente estudio reporta Alvarado (2002), que realizó un estudio de evaluación de prácticas agrícolas y uso de agua de riego en la recuperación del cultivo de alfalfa, comunidad Collpapucho, que obtuvo en promedio 96.00 de tallos por planta en cuatro cortes.

Las diferencias de estos resultados son atribuibles a varios factores como la época del año, riego, humedad, temperatura, manejo, variedad, número de cortes y otros que favorecieron al número de tallos por planta en el estudio.

#### 4.4.3. Cobertura vegetal

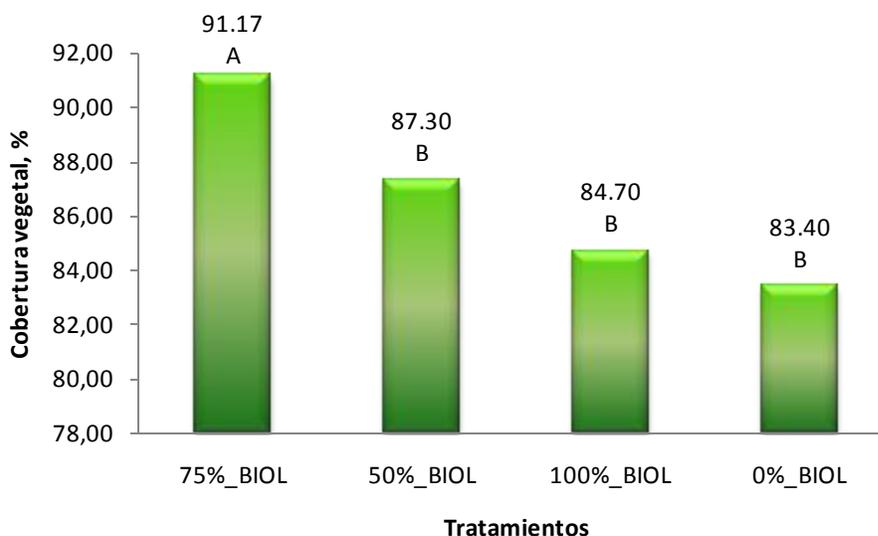
El análisis de varianza (ANVA), para cobertura vegetal en el cultivo de alfalfa (Cuadro 11), a un nivel de significancia del 5%, se establece que para cobertura vegetal, existe diferencia significativa entre bloques. Al igual que la aplicación foliar de biol donde existen diferencias significativas entre los tratamientos, esto demuestra que existen variaciones, debido a la cantidad de nitrógeno, fosforo, potasio y magnesio que presenta cada nivel de biol aplicado en las unidades experimentales.

**Cuadro 11. Análisis de varianza para cobertura vegetal**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>F t (5%)</b>
Bloques	2	187.13	93.56	25.66	5.14 *
Biol	3	105.56	35.18	9.65	4.76 *
Error	6	21.87	3.64		
Total	11	314.56			
Promedio (%)	86.64				
CV (%)	2.20				

(\*) = Significativo al 5%.

El coeficiente de variación (CV) fue de 2.20 % que señala que los parámetros estadísticos están dentro al valor aceptable (< 30 %), porque se deduce que el manejo de las unidades experimentales fue aceptable con promedio general de la cobertura vegetal de 86.64%.



**Figura 10. Prueba de Duncan para cobertura vegetal**

De acuerdo a los valores de Duncan para cobertura vegetal en la (Figura 10), se aprecia diferencias estadísticas entre los tratamientos y el testigo, donde la mejor respuesta en la cobertura vegetal es el 75% biol con 91.17%, 50% biol con 87.30%, mientras que el 100% biol alcanzó 84.70% y el 0% biol con 83.40% y este fue el de menor porcentaje de cobertura vegetal.

Los porcentajes obtenidos en cobertura vegetal fueron por las aplicaciones de biol en la etapa de crecimiento y desarrollo en el follaje. Al respecto Chilón (1997), señala que la fertilización foliar es necesaria, pero se debe aplicar un mayor número, para que la planta aproveche los nutrientes de acuerdo a sus requerimientos según a ciclo vegetativo.

Otro factor que influyó en la cobertura vegetal fue la fotosíntesis que realiza la planta, donde existe un mayor área foliar expuestas a la luz; desarrolla el follaje. Por tanto investigaciones realizadas por Quezada (2009), indica que el crecimiento de la biomasa, se da a razones del área foliar de la planta por medio de la fotosíntesis llegando a incrementar y determinar las variables fenológicas del cultivo.

Estudios realizados por Morales (2012), al comparar el comportamiento de 12 variedades de alfalfa bajo cobertura de polietileno, a la tercera evaluación se registro la cobertura vegetal, la variedad Tamborada que llegó a obtener mayor porcentaje 91.41% al igual que las otras variedades, con respecto al testigo fue menor el porcentaje de cobertura vegetal 84.03%.

Por otra parte Alvarado (2002), realizó el comportamiento del laboreo agrícola a dos profundidades (remoción a 15 y 30 cm de profundidad) y un nivel de adición de estiércol ovino, en la recuperación de cultivares de alfalfa con 10 años de antigüedad, bajo riego, obtuvo los tratamientos 15 cm + estiércol y 15 cm, con 55.39% y 52.39%, presentaron mejores porcentaje de cobertura vegetal durante cuatro cortes.

#### 4.5. Variables de rendimiento

##### 4.5.1. Relación hoja/tallo

El análisis de varianza (ANVA), para relación hoja/tallo en el cultivo de alfalfa, se muestra en el Cuadro 12, con un nivel de significancia del 5%.

De acuerdo al análisis de varianza de relación hoja/tallo, establece que no existe diferencia significativa entre bloques, estas actuaron de manera similar para esta variable y existe diferencia significativa entre tratamientos, actuó de manera distinta, debido a la presencia de hojas y el rebrote de tallos en la planta.

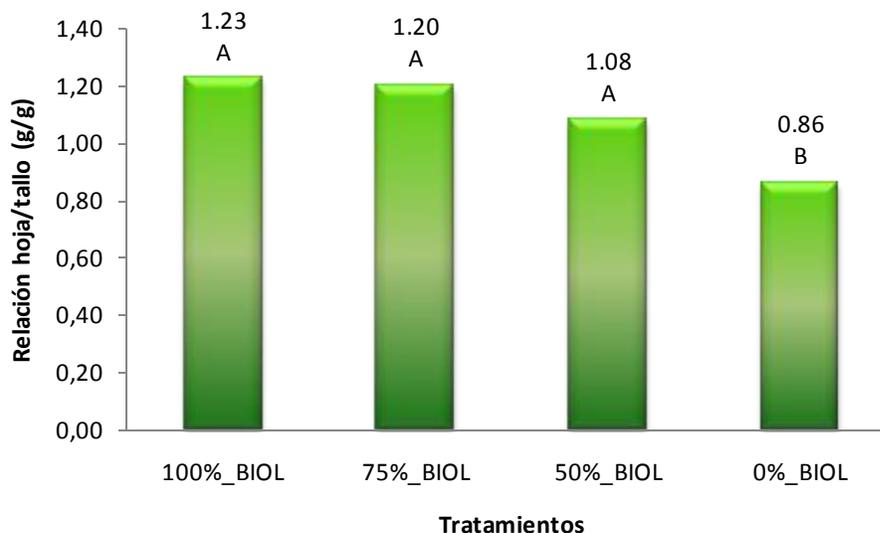
**Cuadro 12. Análisis de varianza de relación hoja/tallo**

FV	GL	SC	CM	Fc	F t (5%)
Bloques	2	0.01	0.00	1.11	5.14 ns
Biol	3	0.24	0.08	15.12	4.76 *
Error	6	0.03	0.00		
Total	11	0.29			
Promedio (g/g)	1.09				
CV (%)	6.80				

(ns): No significativo.

(\*) = Significativo al 5%.

El coeficiente de variación (CV) fue de 6.80 % que indica que los valores analizados son aceptables, ya que tienen un valor menor al 30% considerado como límite para trabajos de campo y con un promedio de relación hoja/tallo 1.09 g/g.



**Figura 11. Prueba de Duncan para relación hoja/tallo**

La prueba de Duncan para relación hoja/tallo (Figura 11) muestra diferencias estadísticas entre los tratamientos y el testigo en relación hoja/tallo, es así que el 100% biol presentó mejor resultado de 1.23 g/g, el 75% biol presentó 1.20 g/g, mientras el 50% biol presentó 1.08 g/g y por último el 0% biol presentó un valor inferior con 0.86 g/g en relación hoja/tallo.

El resultado obtenido en relación hoja/tallo se atribuye que el biol está compuesto por nutrientes asimilables como: nitrógeno, aminoácidos, hormonas y vitaminas; por tanto las hojas de la planta tiene la capacidad de absorber los nutrientes de acuerdo a su requerimiento, favoreció la aplicación de biol a un mayor desarrollo foliar con relación al testigo.

Al respecto Calani (2005), indica que el tallo lleva a las hojas las sustancias y reparte en toda la planta la materia orgánica producida en las hojas, la presencia del tallo y hoja es determinante en el valor nutritivo de la planta.

Otro factor que influyó en los resultados obtenidos es al contenido de azúcares, proteína, minerales y vitaminas en las hojas. Al respecto Meneses y Barrientos (2003), indican que es un parámetro importante en la producción de forrajes puesto que en las hojas se tienen más nutrientes (en especial proteínas) y su digestibilidad es mayor.

Los resultados del presente estudio, son superiores a los obtenidos por Tarqui (2005), quien determinó el efecto de riego por aspersión en el establecimiento y producción de tres variedades de alfalfa con dos métodos de siembra en la estación experimental de Belén, obtuvo los promedios en siembra en surco con la variedad Puma 0.73 g/g, Moapa 0.72 g/g y Pecos 0.72 g/g

Por otro lado los resultados obtenidos en el presente estudio son similares al resultado registrado por Torrez (2010), quien reportó en relación hoja/tallo aplicando los niveles de estiércol en cuatro variedades de alfalfa en la comunidad de Quipaquipani provincia Ingavi, con mayores valores en la variedad es Ranger con 1.21g/g con la aplicación de 15 t/ha, Puma con 1.14 g/g, Cuf-101 con 1.12 g/g y por último Pampa Flor con 1.10 g/g siendo la menor relación de hoja/tallo.

#### 4.5.2. Rendimiento de materia verde

El análisis de varianza (ANVA), para materia verde, se muestra en el Cuadro 13, a un nivel de significancia del 5%.

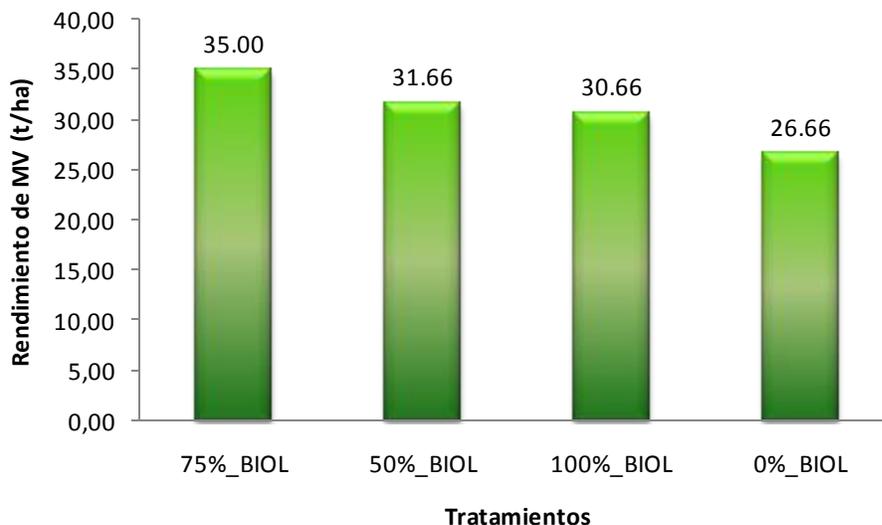
El análisis de varianza para el rendimiento de materia verde muestra la no existencia de diferencias significativas para los bloques y tratamientos, porque las plantas fertilizadas con biol se comportó de manera homogénea, es decir tuvieron el mismo rendimiento.

**Cuadro 13. Análisis de varianza de materia verde**

FV	GL	SC	CM	Fc	F t (5%)
Bloques	2	108.50	54.25	3.41	5.14 ns
Biol	3	106.00	35.33	2.22	4.76 ns
Error	6	95.50	15.91		
Total	11	310.00			
Promedio (t/ha)	31.00				
CV (%)	12.86				

(ns): No significativo.

El coeficiente de variación es de 12.86%, este valor indica que los datos son confiables por tanto hubo confiabilidad en los datos experimentales y con un rendimiento de materia verde de 31.00 t/ha.



**Figura 12. Promedios para rendimiento de materia verde**

En los promedios del rendimiento de materia verde (Figura 12), se aprecia que los tratamientos con la aplicación de biol presentan valores de rendimiento numéricamente más altos con relación al tratamiento testigo, donde el tratamiento 75% biol mostró un promedio de 35.00 t/ha y el 50% biol obtuvo 31.66 t/ha, y 100% biol con 30.66 t/ha y finalmente 0% biol con un valor de 26.66 t/ha de materia de verde.

En el rendimiento de materia verde influyeron los niveles de aplicación de biol, debido a que la adición del fertilizante foliar mejora la producción y productividad del cultivo. Según PROLAGO - USAID (2012), indica que la aplicación foliar aumenta los rendimientos y mejora la calidad de producción del cultivo.

Por su parte Quino (2007), indica que el biol incrementa los rendimientos en un 30% esto debido a su aporte como nitrógeno, aminoácidos hormonas y vitaminas al cultivo.

Los resultados encontrados en el presente estudio son similares a los obtenidos por Morales (2012), quién registró promedios de 32.04 t/MV/ha con cobertura y 29.11 t/MV/ha sin cobertura en el cultivo de alfalfa en la provincia Ingavi.

Sin embargo, los resultados son superiores a los reportados por Torrez (2010), al comparar el rendimiento del cultivo de alfalfa en cuatro variedades con la aplicación del estiércol de ovino, encontró un valor de 49.7 t/MV/ha por el testigo, 54.5 t/MV/ha con la aplicación de 10 t/ha de estiércol y 58.01 t/MV/ha con la aplicación de 15 t/ha. Sin embargo las diferencias entre variedades ofrecen como resultado la Cuf-101 con 56.04 t/ha, Pampa Flor con 54.47 t/ha, Ranger con 52.5 t/ha y Puma con 53.38 t/ha.

Los resultados obtenidos por otras investigaciones son superiores al estudio, porque presenta factores favorables al cultivo: clima, manejo, época húmeda, características del suelo en términos de textura, pH, variedad, fertilización y otros.

#### 4.5.3. Rendimiento de materia seca

El análisis de varianza (ANVA), para materia seca, se muestra en el Cuadro 14, a un nivel de significancia del 5% y este expresa la no existencia de diferencias significativas entre bloques, pero si existe diferencias en la aplicación foliar de biol entre tratamientos.

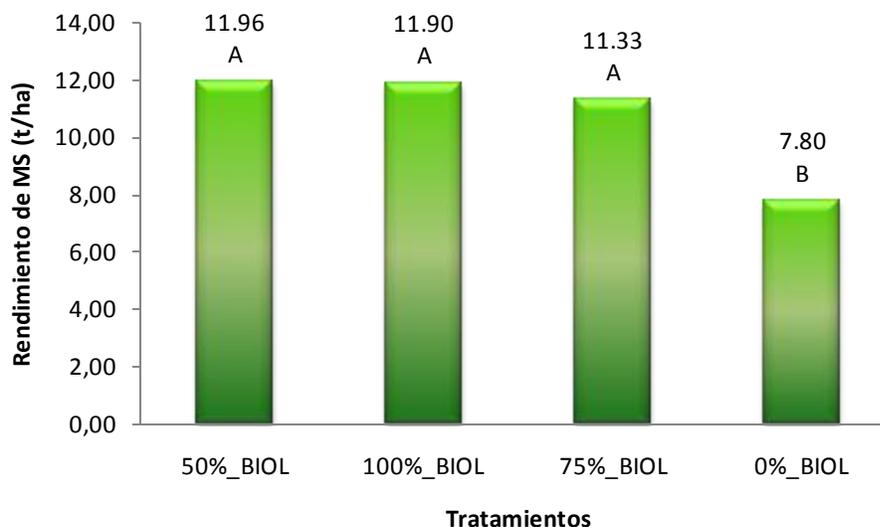
**Cuadro 14. Análisis de varianza de materia seca**

FV	GL	SC	CM	Fc	F t (5%)
Bloques	2	11.76	5.88	3.11	5.14 ns
Biol	3	35.53	11.84	6.27	4.76 *
Error	6	11.33	1.88		
Total	11	58.63			
Promedio (t/ha)	10.75				
CV (%)	12.78				

(ns): No significativo.

(\*): Significativo al 5%.

El coeficiente de variación registró 12.78% e indica que los valores analizados son buenos, y el rendimiento general de materia seca fue de 10.75 t/ha.



**Figura 13. Prueba de Duncan para rendimiento de materia seca**

Las medias de Duncan, para el rendimiento de materia seca (Figura 13), anota que el 50% biol, presenta diferencias significativas con el 100% biol, así como con el 75% biol y 0% biol los promedios alcanzados son 11.96, 11.90, 11.33 y 7.80 t/ha respectivamente.

Sin embargo, presenta valores similares para los tratamientos con 50% biol, 100% biol y 75% biol con promedios de 11.96, 11.99, y 11.33 t/ha, respectivamente estos exhiben en mayor peso de materia seca en comparación al 0% biol que obtuvo un valor de 7.80 t/ha, por esta razón existe diferencias significativas.

Entonces el resultado obtenido en el presente estudio, influyó las aplicaciones de biol al tener mayor peso de follaje y desarrollo de la planta por la capacidad fotosintética y esto a la reserva de nutrientes; por tanto mayor rendimiento en materia seca, como menciona GTZ EnDev Bolivia (2012), ofrece ventajas del biol, es un fertilizante que tiene mayor asimilación de nutrientes por parte de las plantas, estimula un mejor desarrollo radicular y foliar.

Los datos del presente estudio realizado en el altiplano se asemejan a los resultados obtenidos por Condori (1998), quién determinó la producción y manejo de alfalfa bajo los sistemas tradicional y técnico en dos comunidades de la provincia Ingavi y obtuvo en las zonas frías, húmedas y sub-húmedas rendimientos de 8 a 10 t/ha en materia seca.

Así mismo Morales (2012), registra el rendimiento de materia seca de 10.78 t/ha en la variedad de Ranger con cobertura de polietileno en la provincia Ingavi.

#### 4.6. Variables económicas

##### 4.6.1. Análisis económico

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

El de mayor costo establecido fue el tratamiento 100% biol con 1815 Bs/738m<sup>2</sup>, seguido el tratamiento 75% biol con 1740 Bs/738m<sup>2</sup>, mientras el tratamiento 50% biol con 1665 Bs/738m<sup>2</sup> y el tratamiento 0% biol con 1425 Bs /738m<sup>2</sup>.

##### 4.6.2. Ingresos netos

**Cuadro 15. Comparación de ingresos netos de los tratamientos**

Tratamiento	Rendimiento kg/738m <sup>2</sup>	Rendimiento Ajustado (5%)	Precio Bs/unidad	IB Bs/kg	CP Bs/kg	IN Bs/kg
T1 0% Biol	1970.5	1871.9	1	1871.9	1425	446.9
T2 50% Biol	2339.5	2222.5	1	2222.5	1665	557.5
T3 75% Biol	2583.0	2453.8	1	2453.8	1740	713.8
T4 100% Biol	2265.6	2152.4	1	2152.4	1815	337.4

El Cuadro 15, establece que la segunda columna muestra los promedios en rendimiento de los tratamientos en kg, el tratamiento 75% biol tiene el valor alto en rendimiento con 2583.0 kg, en cambio el tratamiento 0% biol presenta el valor inferior en rendimiento con 1970.5 kg. Posteriormente en la tercera columna se observan 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 1Bs/kg de alfalfa para todos los tratamientos. Por otro lado Morales (2012), indica que comercializó en los mercados más populares de la ciudad del El Alto y Viacha a un precio de 1.82 Bs/kg de alfalfa. La quinta columna se puede observar que el tratamiento 75% biol tiene los resultados altos en ingreso bruto con 2453.8 Bs, que significa que es rentable en el cultivo de alfalfa con la aplicación de biol.

En la siguiente columna se observa el total de los costos de producción para cada tratamiento, para ello se tomó en cuenta los costos que varían por tratamiento, sin considerar los costos similares entre tratamientos. La última columna muestra el ingreso neto un incremento proporcional a los tratamientos aplicados, comparado entre el tratamiento 50% biol y el 75% biol la diferencia es 100 %, mientras con los otros tratamientos tiene una relación creciente proporcional de acuerdo al nivel aplicado con biol.

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

#### 4.6.3. Relación beneficio/costo

**Cuadro 16. Relación beneficio/costo de los tratamientos**

Tratamiento	IB Bs/kg	CP Bs/kg	IN Bs/kg	B/C
T1 0% Biol	1871.9	1871.9	1425	1.31
T2 50% Biol	2222.5	2222.5	1665	1.33
T3 75% Biol	2453.8	2453.8	1740	1.41
T4 100% Biol	2152.4	2152.4	1815	1.18

Se aprecia la relación beneficio/costo en el Cuadro 16, el tratamiento 75% biol obtiene alto en beneficio/costo con 1.41, frente a los tratamientos 50% biol, 100% biol y 0% biol, con 1.33, 1.18 y 1.31 que significa que es recomendable el tratamiento 75% biol para el agricultor, que al aplicar menor cantidad de biol en el cultivo de alfalfa 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 la planta lo presentó el tratamiento 75% biol con promedio de 45.65 cm, en comparación obtuvo valores similares los tratamientos 100% biol, 50% biol con promedios alcanzados con 43.57 cm, 43.07 cm y el último tratamiento 0% biol con promedio de 40.90 cm.
- El mejor resultado en número de tallos por planta obtuvo el tratamiento 75% biol con 50.00 tallos, mientras el tratamiento 50% biol con 45.00 tallos, así mismo el tratamiento 100% biol con 44.00 tallos y el tratamiento 0% biol con 42.00 tallos.
- En cobertura vegetal, el que se registró mayor resultado fue el tratamiento 75% biol con 91.17%, seguido por el tratamiento 50% biol con 87.30%, mientras el tratamiento 100% biol con 84.70% y el último tratamiento 0% biol con 83.40%.
- La relación hoja/tallo más alta se obtuvo con el tratamiento 100% biol con 1.23 g/g, seguido el tratamiento 75% biol con 1.20 g/g, mientras el tratamiento 50% biol con 1.08 g/g y finalmente el tratamiento 0% biol con 0.86 g/g.
- Con relación al rendimiento de materia verde, se obtuvo resultados similares entre tratamientos con mayor peso el tratamiento 75% biol con promedio de 35.00 t/ha, seguido el tratamiento 50% biol con promedio de 31.66 t/ha, así mismo el tratamiento 100% biol con promedio de 30.66 t/ha y el tratamiento 0% biol con promedio 26.66 t/ha.
- El mejor rendimiento de materia seca presentó el tratamiento con 50% biol con 11.96 t/ha, seguido el tratamiento 100% biol con 11.90 t/ha, en comparación el tratamiento 75% biol con 11.33 t/ha y el tratamiento 0% biol con 7.80 t/ha
- Dentro del análisis de Beneficio/Costo todos los tratamientos son rentables, pero se aprecia que los tratamientos 75% biol y 50% biol, lograron obtener valores altos con 1.41 y 1.33, mayores a los obtenidos con los tratamientos con 100% de biol (1.18) y testigo (1.31).

## 6. RECOMENDACIONES

El presente trabajo de investigación, realiza las siguientes recomendaciones:

- Aplicar en la producción de alfalfa las concentraciones de 75% biol y 50% biol, porque presentó mejores características agronómicas (altura de planta, número de tallos y cobertura vegetal) por tanto mayor rendimiento en materia verde y seca.
- Aplicar al cultivo de alfalfa biol en concentración 75% y 50% de biol, porque presentó la alta rentabilidad comparada con los otros tratamientos.
- Proseguir los estudios con la concentración 75% biol y 50% biol en diferentes épocas para validar los presentes tratamientos.
- Realizar estudios sobre la frecuencia de aplicación de biol en el cultivo de alfalfa para analizar los efectos y de esa manera aportar con mayor información para el desarrollo de producción de este cultivo.
- Realizar estudios en el cultivo de alfalfa en tres o cuatro cortes con la aplicación de biol y en diferentes épocas.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. J. 2001. Evaluación del rendimiento y de los caracteres forrajeros de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Choquenaria. Tesis de grado, Facultad de agronomía, Técnica Superior Agropecuaria de Viacha. UMSA. Viacha, Bolivia. 7-16 p.
- 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.
- Alvarado, T. C. S. 2002. Evaluación de prácticas agrícolas y uso de agua de riego en la recuperación del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) comunidad Collpapucho - La Paz. Tesis de grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 79 p.
- 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)
- Ayaviri, R. 1996. Estudio de cuatro profundidades de Walipinis en la producción hortícola en invierno, Contorno Letanías. Tesis grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 168 p.
- 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.
- Cahuaya, CH. 2001. Efecto de la fertilización química y orgánica en el rendimiento de pasto Brasileiro (*phalaris* sp.), en Choquenaira. Tesis grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 110 p.
- Carámbula, M. 1984. Producción de semilla de plantas forrajeras. Ed. Hemisferio Sur. Motevideo, Uruguay. 170 p.
- Calani, E. 2005. El cultivo de alfalfa en el altiplano y las regiones apropiadas del País. Ed. Topaz. La Paz, Bolivia. 7-3 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 grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 153 p.
- Cargill, 1998. Implantación, manejo variedades. Economía de la alfalfa. Cámara de semilleristas. Manual Técnico. Vía Rural. Argentina 1- 15 p.
- 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.
- CIF y SEFO-SAM. 2002 (Centro de Investigación en Forrajes la “Violeta” y Empresa de Semillas Forrajeras) Descripción de cultivares de alfalfa manejados por el CIF y SEFO. Edición y diagramación. Cochabamba, Bolivia. 24 p. Folleto divulgativo N° 2002-07-03. p 1-3.
- CIF y SEFO. 2002. (Centro de Investigación en Forrajes la “Violeta” y Empresa de Semillas Forrajeras). El cultivo de alfalfa en el altiplano, valle y sub trópico de Bolivia. Recomendaciones técnicas de manejo. Edición y diagramación. Proyecto Agroleg CIAT CIAT-CIF-CIFP-SEFO. 1-4 p. Boletín Técnico N° 2002-08-01.
- CIF – UMSS. 2002. Descripción de cultivares de alfalfa manejado por el CIF y SEFO. Cochabamba, Bolivia. 5 p.
- CIMMYT. 1988. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Manual Metodológico de evaluación económica, México D.F. 1-79 p.
- CIPCA. 2001. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. Manual de Alfalfa 42 p. (Agricultura Sostenible: N° 9)
- Chilón, E.1997. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. CIDAT. 1ra impresión. La Paz, Bolivia. 41- 45 p.
- Colque,T., Rodríguez, D. y Mujica, A. 2005. Producción de biol abono líquido natural y ecológico. Proyecto Quinoa Orgánica. Puno, Perú. p 1-7.

- Condori, S. J.1998. Producción y manejo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) bajo los sistemas tradicional y técnico en dos comunidades de la provincia Ingavi - La Paz. Tesis grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 106 p.
- D'Atellis, R. A. 2005. Alfalfa producción de semilla. Tinogasta Catamarca. Consultado 25 oct. 2012. Disponible en [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com).
- Delgadillo, J. y Mendieta, H.1996. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Las leguminosas en la Agricultura Boliviana. Revisión de información. Cochabamba, Bolivia. 299-302-306 p.
- Delgadillo, J.1978. Fertilización de praderas de alfalfa (*Medicago sativa* L). Ed. Universidad Mayor de San Simón (UMSS). Cochabamba, Bolivia. 60 p.
- Del Pozo, I. M.1983. Alfalfa, su cultivo y aprovechamiento. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 371 p
- Denium, 1976. Producción de semillas de plantas forrajeras. Ed. Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay. p 10 -11.
- Diagnostico Municipal de Puerto Pérez. 2011. Plan de desarrollo municipal (P.D.M.) Gobierno Municipal de Puerto Pérez. p 4 - 5.
- Espinoza, J. y Meneses, R. 2006. Alfalfa para los valles y el altiplano de Bolivia. Características Agronómicas y Recomendaciones para su Manejo y Aprovechamiento. Ed. Meneses. Cochabamba, Bolivia. Boletín. 1-5 p. N° 2006/002.
- Espinal, S. G. 2009. Efecto de biol como fertilizante foliar en la producción de lechuga suiza (*Valerianella locusta* L.) con diferentes concentraciones en ambientes atemperado en el municipio de Tiahuanacu. Tesis grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. p 7-12.
- Fundación Nuevo Norte, 2007. Siembra de forraje perenne alfalfa festuca y pasto llorón. La Paz, Bolivia. p 5-12.
- Grace, B.1985. El Clima del Altiplano. 2. ed. Puno, Perú Ed. Ministerio de Agricultura 213 p.

- 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.
- 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. 41p.
- Infoagro, 2012. Agro. Información alfalfa, cultivo y manejo. San José C.R. consultado el 10 de mar. 2012 disponible en <http://www.infoagro.com>
- INE. 2001. (Instituto Nacional de Estadística), Ubicación geográfica del municipio de Puerto Pérez. (En línea). La Paz, Bolivia, Consultado 22 feb. 2013. Disponible en [http://www.ine.org.bo/anuario\\_2000](http://www.ine.org.bo/anuario_2000)
- INE. 2011. (Instituto Nacional de Estadística). Superficie, Rendimiento y Producción de Alfalfa en Bolivia. (En línea). La Paz, Bolivia, Consultado 22 oct. 2013. Disponible en [www.ine.gob.bo/pdf/ENA 2008/Encueta Nacional Agropecuaria V2. pdf](http://www.ine.gob.bo/pdf/ENA_2008/Encuesta_Nacional_Agropecuaria_V2.pdf)
- INTA. (2011). (Instituto Nacional Tecnología Agropecuario). Guía rápida. Estación Experimental Agropecuaria. EEA C. del Uruguay. Consultado 15 ago. 2012. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/concepcion/>
- Iturry, L. 2002. Manual de construcción y manejo del Walipini y Panqar Huyu. Bensosn Agriculture and Food Institute Brigham Young University Provo, UT USA. 61 p.
- Lizarro, W. 2008. Apuntes de Botánica Sistemática-Magnoliosida.División Magnoliophyta. UPEA. Ingeniería Agronómica. La Paz, Bolivia. p 1-6.
- López, H. G. 2012. Comunidad Kenakahua Alta (entrevista). Identificación de especies. Agricultor. Comunidad Kenakahua Alta, provincia Los Andes. s.p
- 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.

- Meneses, R. y Piérola, L. 1996. Alfalfa (*Medicago sativa* L.). En: Las leguminosas en la agricultura Boliviana (Editores) Meneses. R, Waaijberg. H, Pierola. Luis Revisión de información. Proyecto Rhizobiología. Cochabamba, Bolivia. p 128 -130.
- Meneses, R. y Barrientos E. 2003. Producción de forrajes y leguminosas en el altiplano Boliviano. CIF (Centro de Investigación en Forrajes) "La Violeta". Cochabamba, Bolivia. p. 185 – 187.
- Meneses, R; Waaijberg, H. y Pierola, L. 1996. Alfalfa (*Medicago sativa* L.). En: Las leguminosas en la agricultura Boliviana (Editores) Meneses. R, Waaijberg. H, Pierola. Luis: Revisión de información. Proyecto Rhizobiología. Bolivia (CIAT-CIF-PNLG-CIFP).COSUDE Cochabamba, Bolivia. p 128 -130.
- Mendoza, M.G.F. 2004. Evaluación de dos métodos de riego aspersion e inundación en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en la provincia Los Andes - La Paz. Tesis grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 87 p.
- Morales, M. A. M. 2012. Comportamiento de 12 variedades de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo cobertura de polietileno, Quipaquipani, Provincia Ingavi - La Paz. Tesis grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. p 7-56.
- Muslera, E.1983. Praderas y forrajes: Producción y aprovechamiento. Ed. Mundi - Prensa. Madrid, España. 657 p.
- Muslera, P. y Ratera, C. 1984. Praderas y Forrajes. Ed. Mundi - Prensa. Madrid, España. 635 y 636 p.
- Navarro, 2007. Portal en agricultura. Hortalizas y verduras (en linea).Consultado el 23 dic. 2007. Disponible en <http://www.navarromontes.com/manual.aspx?man=24>.
- Ochoa, T. R.R. 2009. Diseños Experimentales. 1 ed. La Paz, Bolivia. p 51-71.
- 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.

- Piñuela, 2000. El humus de lombriz (en línea). Consultado el 1 jul. 2006. Disponible en <http://www.zamorano.edu.hk>.
- Prieto, G. C. 2004. Cultivo de alfalfa y pasto llorón. Proyecto: Manejo Sostenible de los Recursos Naturales Renovables. Manual práctico. N° 2. Oruro, Bolivia. 26 p.
- 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.
- Quezada, R. 2009. Agroplasticultura. Consultado 15 ene. 2011. Disponible en <http://www.ciga.mx/iinvestigadores/?pageld=0101&miembre=rosarioquezada/index.asp&func=tcon=5>
- Quino, 2007. (Apuntes de fertilidad). Manual de Elaboración de Abonos Orgánicos. s.p.
- Quispe, Q. 1999. Estudio comparativo de variedades de avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*) y triticale (*Triticum aestivum* x *Secale cereale*) en la localidad de Choquenaira. Tesis de Grado. Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 47-49 p.
- Restrepo, J. 2001. Elaboración de Abonos Orgánicos Fermentados y Biofertilizantes Foliare. IICA. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) San José, Costa Rica. 155 p.
- Rocabado, M. y J. Vila. 2008. Manual de cultivo de alfalfa dormante en regiones de la puna de Bolivia. 1 ed. La Paz, Bolivia. p 5-10.
- 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.
- Rojas, U. R. P. 2003. Evaluación forrajera de cuatro cultivares alfalfa (*Medicago sativa*) bajo dos épocas siembra en la localidad de Apolo provincia Franz Tamayo. Tesis grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. p 8-20.
- Robles, R. 1990. Producción de Granos y Forrajes. 5. ed. Ed. Limosa, México. 660 p.

- Sánchez, C. 2004. Cultivo y producción de pastos, forrajes y alfalfa, Ed. RIPALDE. Lima, Peru. 135 p.
- SEFO. 2010. Centro de investigación en forrajes. Compendio electrónico de publicaciones del CIF "La Violeta". Resultados y resumen de investigaciones (1969-1975). Experiencias en cultivos forrajeros (1978-1980). Forrajes y semillas forrajeros (1981- 1999). CIF "La Violeta" UMSS ECAXP. Departamento de fitotecnia. Cochabamba, Bolivia. 1 disco compacto, tiraje: 500 copias.
- 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
- Serrano, C.T. 2012. Manejo y Evaluación de Praderas Nativas. Métodos y técnicas para medir la vegetación. Universidad Católica Boliviana (UCB). La Paz, Bolivia. 19 p.
- Semillermanrique, 2012. Venta de semillas en Perú. Semillera. Consultado 20 oct. 2011. Disponible en <http://www.semillermanrique.com/forraje.htm/>
- SENAMHI. 2013. (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología), Centro de información meteorológico. La Paz, Bolivia. Consultado 10 feb. 2013. Disponible en <http://www.senamhi.org.bo>
- Tarqui, V. M. 2005. Efecto del riego por aspersión en el establecimiento y producción tres variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) en dos métodos de sistema en la estación experimental Belén. Tesis de grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 3-9 p.
- Tenorio, M. J. 2007. Guía Técnica de la Alfalfa. OAI, MINAG Agricultura de España. Madrid, España. p 1-3.
- Torrez, M. M. 2010. Influencia del estiércol de ovino en el rendimiento de materia seca en cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa L.*) Quipaquipani, Viacha. Tesis de grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. p 3 -10.
- Villarroel, A. J. 1998. Manual para la interpretación de análisis de suelo. Recomendaciones. 1 ed. Ed. Tokio. Santa Cruz, Bolivia. 41- 47 p.

# ANEXOS

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

<b>Detalles</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Costos fijos</b>				
<b>Herramientas</b>				<b>785</b>
Mochila fumigadora	Unidad	1	350	350
Hoz	Pieza	1	50	50
Carretilla	Unidad	1	320	320
Baldes	Unidad	2	25	50
Cinta métrica 10 m	Pieza	1	15	15
<b>Labores culturales</b>				<b>190</b>
Deshierbe	Jornal	2	50	100
Aplicación de biol	Horas	6	15	90
<b>Comercialización</b>				<b>540</b>
Cegado de alfalfa	Jornal	1	80	80
Transporte	Trans.	2	80	160
Comercialización	Jornal	5	60	300
<b>Total costos fijos</b>				<b>1515</b>
<b>Costos variables</b>				
T1 0% Biol	Litro	0	0	0
T2 50% Biol	Litro	30	5	150
T3 75% Biol	Litro	45	5	225
T4 100% Biol	Litro	60	5	300
<b>Costo totales</b>				
Costos fijos + T1				<b>1425</b>
Costos fijos + T2				<b>1665</b>
Costos fijos + T3				<b>1740</b>
Costos fijos + T4				<b>1815</b>

## Anexo 2. Promedio de las variables de respuesta

Fechas		16 de Septiembre	2 de Octubre	16 de Octubre	30 de Octubre	14 de Noviembre	28 de Noviembre	29 de Noviembre	29 de Noviembre	30 de Noviembre	3 de Diciembre	3 de Diciembre	30 de Noviembre	3 de Diciembre
Tratamiento	Bloque	AP1 (cm)	AP2 (cm)	AP3 (cm)	AP4 (cm)	AP5 (cm)	AP6 (cm)	NT	CV (%)	PMV (t/ha)	PMS (t/ha)	PSH (g)	PST (g)	RH/T (g/g)
0%_Biol	1	5,30	8,00	12,20	17,30	22,70	32,90	42,9	80,3	22,000	6,400	6,0	6,1	0,98
50%_Biol	1	6,80	8,30	12,00	22,20	30,70	44,60	47,7	82,3	33,000	12,500	8,9	7,3	1,22
75%_Biol	1	5,70	8,00	9,70	15,70	28,30	34,40	42,5	84,3	26,000	8,400	9,6	7,3	1,32
100%_Biol	1	7,40	8,00	12,30	16,00	21,00	37,90	45,3	77,9	26,000	10,100	8,4	8,0	1,05
0%_Biol	2	7,50	9,00	14,20	22,80	40,30	43,60	42,4	82,2	28,000	8,200	7,8	8,1	0,96
50%_Biol	2	6,40	9,00	13,20	15,10	28,30	42,30	43,8	89,2	31,000	11,700	8,4	7,0	1,2
75%_Biol	2	6,20	9,30	15,00	19,70	32,00	49,00	49,7	93,9	38,000	12,300	13,8	10,4	1,33
100%_Biol	2	6,20	9,70	13,20	17,70	37,00	49,60	46,7	87,8	35,000	13,600	10,9	11,3	0,96
0%_Biol	3	6,20	10,70	15,10	16,80	34,10	46,20	40,6	87,7	30,000	8,800	8,3	8,6	0,97
50%_Biol	3	4,30	10,00	15,20	17,80	40,00	42,30	42,5	90,4	31,000	11,700	8,4	6,9	1,22
75%_Biol	3	5,80	10,60	15,00	18,00	36,70	53,50	56,8	95,3	41,000	13,300	15	11,4	1,32
100%_Biol	3	4,80	9,10	13,30	14,30	34,30	43,20	40,3	88,4	31,000	12,000	9,6	10	0,96

**AP** = Altura de planta; **NT** = Número de tallos; **CV** = Cobertura vegetal; **PMV** = Peso materia verde; **PMS** = Peso materia seca; **PSH**=Peso seco hojas; **PST** = Peso seco tallos; **RH/T**= Relación hoja/tallo

### Anexo 3. Temperatura y precipitación

**Cuadro 17. Temperatura máxima, mínima y media**

Meses	Máxima °C	Mínima °C	Media °C
Enero	15.5	6.4	4.2
Febrero	13.8	5.5	3.9
Marzo	15.0	8.0	4.8
Abril	15.2	6.5	4.3
Mayo	15.4	8.0	3.4
Junio	14.6	4.0	-2.9
Julio	14.7	4.5	-3.1
Agosto	16.1	4.0	-3.4
Septiembre	16.1	4.0	-0.9
Octubre	16.0	6.0	2.6
Noviembre	16.1	6.0	4.3
Diciembre	14.3	8.0	6.5

Fuente: (SENAMHI, 2012)

**Cuadro 18. Precipitación registrada durante el estudio**

Meses	Precipitación (mm)
Enero	143.0
Febrero	144.3
Marzo	65.7
Abril	60.6
mayo	1.4
Junio	5.7
Julio	4.8
Agosto	2.0
Septiembre	3,3
Octubre	31.7
Noviembre	70.5
Diciembre	113.4

Fuente: (SENAMHI, 2012).

## 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: **PROLAGO - USAID**  
 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: Srta. Norha Quispe Samo  
 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



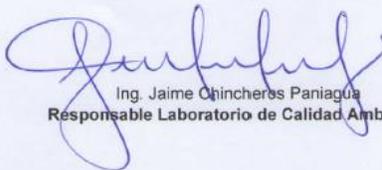
### Resultado de Análisis

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: S57/12

Página 1 de 1

### INFORME DE ENSAYO DE SUELOS S57/12

**Cliente:** PROLAGO - USAID  
**Solicitante:** Srta. Norha Quispe Samo  
**Dirección del cliente:** El Alto Zona Mariscal Sucre C/ Saturnino Porcel # 1865  
**Procedencia de la muestra:** Kenakahua  
 Provincia: Los Andes  
 Departamento: La Paz  
 Zona Aceruyo  
**Punto de muestreo:** Srta. Norha Quispe Samo  
**Responsable del muestreo:** Srta. Norha Quispe Samo  
**Fecha de muestreo:** 06 de noviembre de 2012  
**Hora de muestreo:** 13:30  
**Fecha de recepción de la muestra:** 07 de noviembre de 2012  
**Fecha de ejecución del ensayo:** Del 07 al 21 de noviembre de 2012  
**Caracterización de la muestra:** Suelo agrícola  
**Tipo de muestra:** Compuesta  
**Envase:** Bolsa plástica  
**Código LCA:** 57 - 1  
**Código original de muestra:** N - 1



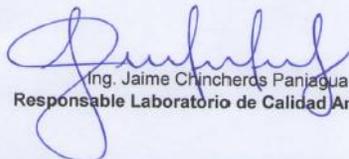
### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	N - 1 57 - 1
pH acuoso	ISRIC 4		1 - 4	5,6
Nitrógeno total	ISRIC 6	%	0,0014	0,33
Materia orgánica	Microwave Reaction System/EPA 218.2	mg/kg	0,20	4,3
Carbón orgánico	ISRIC 5	%	0,060	2,5
Fósforo disponible (P)	ISRIC 14-3	P /mg*kg <sup>-1</sup>	1,5	9,9
Sodio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,00083	1,8
Potasio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,0053	0,85
Calcio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,016	8,4
Magnesio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,00083	6,6
Hierro total	Microwave Reaction System/EPA 236.2	mg/kg	0,10	38480
<b>Textura</b>				
Arena	DIN 18 123	%	2,5	7
Limo	DIN 18 123	%	1,1	47
Arcilla	DIN 18 123	%	1,1	46
Clase textural	DIN 18 123			Arcillo limoso

- 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, diciembre 17 de 2012

  
 Ing. Jaime Chincheros Panjagua  
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental

CC: Archivo  
JChfca



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

### Anexo 6. Fotografías tomadas en el desarrollo del cultivo



### Anexo 7. Preparación de la parcela y colocación de los letreros



### Anexo 8. Muestreo de suelo y colocado en una bolsa plástica



### Anexo 9. Instalación del biodigestor con el proyecto PROLAGO - USAID



**Anexo 10. Alimentación con estiércol más agua para el biodigestor**



**Anexo 11. Cosecha de biol**



**Anexo 12. Traslado de biol con un animal de carga**



**Anexo 13. Muestreo de biol para su análisis en laboratorio**



**Anexo 14. Preparación de biol para los tratamientos**



**Anexo 15. Aplicación foliar de biol en el cultivo de alfalfa**



**Anexo 16. Corte de pasillos**



**Anexo 17. Cosecha de forraje**



**Anexo 18. Recojo del forraje**

**Anexo 19. Fotografías tomadas en las variables de respuesta****Anexo 20. Medición de altura de la planta****Anexo 21. Determinación de la cobertura vegetal****Anexo 22. Conteo de números tallos por planta**



**Anexo 23. Determinación de materia verde por parcela**



**Anexo 24. Picado y peso de materia verde en el laboratorio**



**Anexo 25. Peso de relación hoja/tallo en el laboratorio**