

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



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE BIOL EN EL CULTIVO DE AVENA  
(*Avena sativa* L.) EN LA COMUNIDAD DE KENAKAHUA ALTA  
MUNICIPIO DE PUERTO PÉREZ**

**POR:**

**JUAN CARLOS LÓPEZ CANTUTA**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2013**

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

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE BIOL EN EL CULTIVO DE AVENA (*Avena sativa* L.)  
EN LA COMUNIDAD DE KENAKAHUA ALTA MUNICIPIO DE PUERTO PÉREZ**

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

**JUAN CARLOS LÓPEZ CANTUTA**

**Asesores:**

Ing. Teófilo Serrano Canaviri .....

Ing. Laoreano Coronel Quispe .....

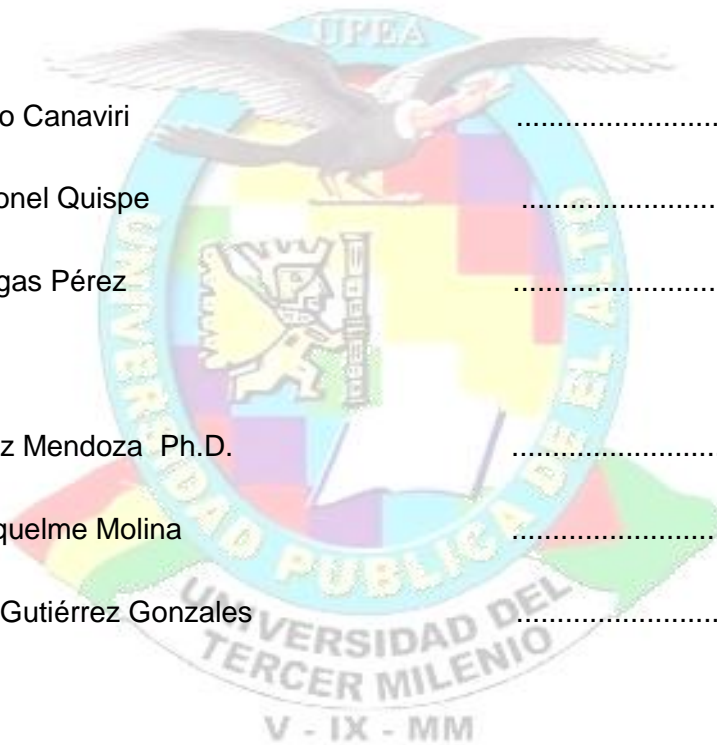
MVZ. Vladimir Vargas Pérez .....

**Tribunal revisor:**

Dr. Humberto Sainz Mendoza Ph.D. ....

M.Sc. Cristóbal Riquelme Molina .....

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



**APROBADA**

**Director de Carrera:**

Dr. Humberto Sainz Mendoza Ph.D. ....

**DEDICATORIA:**

*Con amor y gratitud inmensa a mis queridos padres Guillermo López y María Cantuta, por su permanente apoyo, sacrificio, esfuerzo, comprensión; por los valores de honestidad y respeto; por sus sabios consejos por toda la felicidad y los beneficios que he recibido durante mi formación que me brindaron día a día.*

*A mis queridos hermanos (as): Jhanik, Ruth, Jhovana, Eva, Rebeca y Jimmy; a mi cuñada María Apaza y a mis tíos 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 UPEA, al plantel docente y administrativo, por haberme acogido durante mi formación profesional.

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 estudio, durante mi formación profesional.

Al proyecto PROLAGO en Bahía Cohana, por todo el apoyo técnico y bibliográfico brindado en la elaboración del trabajo de la Tesis.

A mis Asesores: Ing. Teófilo Serrano Canaviri, Ing. Laoreano Coronel Quispe, M.V.Z. Dr. Vladimir Vargas, Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, por el apoyo en la planificación, corrección y orientación profesional; brindándome por el tiempo dedicado, que sin su ayuda no hubiera sido posible la ejecución del presente trabajo.

A mis Tribunales Revisores: Ing. Ph.D. Humberto Sainz Mendoza, Ing. M.Sc. Cristóbal Riquelme Molina y el Ing. M.Sc. Eddy Diego Gutiérrez Gonzales; por sus sugerencias y correcciones en la revisión del presente trabajo de Tesis.

A mis amigas y compañeros de la carrera de Ingeniería Agronomía, que me brindaron apoyo confianza y amistad.

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

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE ANEXOS .....	vii
RESUMEN .....	viii

## ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1. Origen de la avena.....	3
2.2. Importancia y usos de la avena.....	3
2.3. Valor nutritivo de la avena.....	4
2.4. Descripción botánica.....	5
2.5. Fases fenológicas del cultivo de la avena .....	6
2.6. Clasificación taxonómica.....	7
2.7. Variedades de avena .....	7
2.8. Condiciones ecológicas .....	7
2.8.1. Clima.....	7
2.8.1.1. Temperatura.....	7
2.8.1.2. Precipitación.....	8
2.8.1.3. Fotoperiodo .....	8
2.8.2. Suelo.....	8

2.9.	Particularidades del cultivo .....	9
2.9.1.	Método de siembra .....	9
2.9.2.	Profundidad de siembra .....	9
2.9.3.	Densidad de siembra .....	9
2.9.4.	Fertilización en avena forrajera .....	10
2.9.5.	Altura de la planta .....	10
2.9.6.	Macollamiento .....	11
2.9.7.	Área foliar.....	11
2.9.8.	Importancia de relación hoja/tallo .....	11
2.9.9.	Rendimiento en materia verde y seca .....	11
2.9.10.	Cosecha.....	12
2.9.11.	Efecto de las heladas en la avena.....	12
2.9.12.	Principales enfermedades.....	12
2.10.	Análisis de costos parciales de producción .....	13
2.11.	Biol fertilización foliar .....	14
2.12.	Aplicación foliar.....	15
2.13.	El biol.....	17
2.13.1.	Tipos de biol.....	17
2.14.	Biodigestor.....	17
2.14.1.	Capacidad de producción del biodigestor.....	18
2.15.	Composición del biol.....	19
2.16.	Elaboración del biol.....	20
2.17.	Descomposición de la materia orgánica en biodigestor .....	20
2.18.	Uso de biol.....	20
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
3.1.	Localización .....	22

3.1.1.	Ubicación geográfica.....	22
3.2.	Características ecológicas .....	22
3.2.1.	Suelo.....	22
3.2.2.	Cultivos y vegetación .....	23
3.2.3.	Fauna.....	23
3.2.4.	Economía.....	24
3.2.5.	Recursos hídricos .....	24
3.3.	Materiales .....	26
3.3.1.	Material de estudio.....	26
3.3.2.	Material de escritorio.....	26
3.3.3.	Material de campo.....	26
3.3.4.	Material de laboratorio.....	26
3.4.	Metodología .....	27
3.4.1.	Procedimiento experimental.....	27
3.4.1.1.	Preparación del terreno.....	27
3.4.1.2.	Muestreo de suelo.....	27
3.4.1.3.	Siembra.....	27
3.4.1.4.	Preparación del biol en biodigestor.....	27
3.4.1.5.	Cosecha de biol.....	28
3.4.1.6.	Análisis del biol .....	28
3.4.1.7.	Aplicación del biol.....	28
3.4.1.8.	Control de malezas .....	28
3.4.1.9.	Cosecha.....	28
3.4.1.10.	Elaboración de ensilaje .....	29
3.4.2.	Diseño experimental .....	29
3.4.3.	Factores de estudio.....	29

3.4.4.	Variables de respuesta.....	30
3.4.4.1.	Variables agronómicas.....	30
3.4.4.2.	Variables de rendimiento.....	30
3.4.4.3.	Variable de análisis económico.....	31
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1.	Temperatura y precipitación registradas durante el periodo de estudio.....	33
4.1.1.	Temperatura.....	33
4.1.2.	Precipitación.....	34
4.1.3.	Análisis del biol.....	35
4.1.4.	Análisis del suelo.....	36
4.2.	Variables agronómicas.....	37
4.2.1.	Altura de planta.....	37
4.2.2.	Número de macollos.....	40
4.3.	Variables de rendimiento.....	42
4.3.1.	Relación hoja/tallo.....	42
4.3.2.	Rendimiento de materia verde.....	43
4.3.3.	Rendimiento de materia seca.....	45
4.4.	Variables de análisis económico.....	46
4.4.1.	Análisis de costos parciales de producción.....	46
4.4.2.	Ingresos netos.....	47
4.4.3.	Relación beneficio/costo.....	48
5.	CONCLUSIONES.....	49
6.	RECOMENDACIONES.....	50
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	51
	ANEXOS.....	57



## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Composición de la avena verde en 100 gramos.....	4
Cuadro 2.	Composición de la avena seca en 100 gramos .....	4
Cuadro 3.	Análisis bromatológico de la avena en 100 gramos.....	5
Cuadro 4.	Características y ventajas de biol.....	14
Cuadro 5.	Efecto de materia orgánica en las propiedades del suelo.....	15
Cuadro 6.	Cada tiempo debo aplicar y cuanto .....	15
Cuadro 7.	Aplicaciones del biol.....	16
Cuadro 8.	Análisis físico - químico del biol.....	35
Cuadro 9.	Análisis físico - químico de suelo .....	36
Cuadro 10.	Análisis de varianza de la altura de planta .....	38
Cuadro 11.	Análisis de varianza de número de macollos.....	41
Cuadro 12.	Análisis de varianza de materia verde .....	44
Cuadro 13.	Análisis de varianza de materia seca .....	46
Cuadro 14.	Comparación de ingresos netos de los tratamientos .....	47
Cuadro 15.	Relación beneficio/costo y análisis de dominancia .....	48
Cuadro 16.	Datos temperatura .....	58
Cuadro 17.	Datos de precipitación.....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Dosis de aplicación de biol en forrajes .....	16
Figura 2.	Diseño y funcionamiento de un biodigestor .....	18
Figura 3.	Elaboración del biol.....	19
Figura 4.	Localización del trabajo experimental.....	25
Figura 5.	Temperatura ambiental de ciclo agrícola en el periodo de estudio .....	33
Figura 6.	Precipitaciones registradas durante el periodo de estudio.....	34
Figura 7.	Prueba de Duncan para altura de planta con la aplicación de biol. ....	37
Figura 8.	Altura de planta registrada durante el periodo de desarrollo .....	39
Figura 9.	Promedios para número de macollos con la aplicación de biol.....	40
Figura 10.	Relación hoja/tallo de materia verde con la aplicación de biol .....	42
Figura 11.	Prueba de Duncan para materia verde con la aplicación de biol .....	43
Figura 12.	Determinación de materia seca con la aplicación de biol .....	45
Figura 13.	Preparación y nivelación del terreno .....	63
Figura 14.	Siembra de avena con yunta.....	63
Figura 15.	Biodigestor en producción.....	63
Figura 16.	Preparación de estiércol más agua para biodigestor .....	64
Figura 17.	Cosecha de biol para la aplicación foliar .....	64
Figura 18.	Muestreo de biol para su análisis en laboratorio.....	64
Figura 19.	Aplicación foliar de biol en el cultivo de avena .....	65
Figura 20.	Cosecha de forraje con segadora.....	65
Figura 21.	Picado y compactado de forraje para ensilaje .....	65
Figura 22.	Conteo de macollos por planta.....	66
Figura 23.	Medición de altura de la planta.....	66
Figura 24.	Muestreo al azar y determinación de materia verde por parcela .....	66

Figura 25.	Secado de materia verde en el laboratorio .....	67
Figura 26.	Alimentación con ensilaje de avena en ganado lechero en época seca ....	67

### ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Datos climáticos del ciclo agrícola de 2011 a 2012 .....	58
Anexo 2.	Croquis del experimento cantón Aygachi comunidad Kenakahua Alta .....	59
Anexo 3.	Costos de producción para el cultivo de avena .....	60
Anexo 4.	Análisis físico químico de suelos.....	61
Anexo 5.	Análisis químico de biol.....	62

## RESUMEN

El presente trabajo experimental se realizó en la comunidad de Kenakahua Alta de municipio de Puerto Pérez de la provincia Los Andes, se localiza a 54°47'58" de latitud sur y 81°85'39"8 de longitud oeste a una altitud de 3856 msnm y a 71 km al oeste de la ciudad de La Paz.

El objetivo general fue evaluar el efecto de tres niveles de biol en el cultivo de avena (*Avena sativa* L.). Las concentraciones estudiadas fueron al: 0%, 50%, 75% y 100% de biol. Fue evaluado bajo el diseño de bloques completamente al azar con doce unidades experimentales, con cinco repeticiones en un periodo de cuatro meses; siendo las variables de respuesta el incremento de crecimiento, el rendimiento de materia verde, materia seca y el análisis de beneficio/costo. El biol es producto de estiércol de ganado bovino descompuesto durante tres a cuatro meses en un biodigestor, se aplicó por las tardes a partir de las 16:00 cada 15 días durante cuatro meses en el cultivo de avena.

Los resultados indican que el mejor nivel fue el de 100% biol con 137.60 cm de altura, 75% biol con 127.86 cm, 50% biol con un 128.86 cm, y 0%, biol con 125.52 cm, asimismo presentó mejores características agronómicas respectivamente (número de macollos).

La respuesta en el rendimiento confirmo el comportamiento del abono liquido: 100% biol con 10.02 kg; 75% biol 9.08 kg; 50% biol 8.88 kg y de 0% biol 8.18 kg de materia verde.

En relación a beneficio/costo los 4 tratamientos se encuentran con B/C > 1, cual demuestra que la producción de forraje de avena es rentable con la aplicación de 0% biol, 50% biol y 75% biol pero el mejor tratamiento fue el 100% biol con B/C de 2.463, es decir de cada Bs. 1 invertido se obtiene Bs. 1.463.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de avena (*Avena sativa* L.) en el mundo tiene mucha importancia como planta forrajera, frecuentemente utilizada como forraje verde difundido en la zona de los valles y el altiplano boliviano. Constituye en la actualidad un recurso forrajero muy importante para la producción pecuaria; se destina cerca del 80% para el consumo como forraje henificado, grano y alimentos balanceados.

La avena es uno de los cereales más importantes del mundo, ocupando el cuarto lugar en la producción de grano después del trigo, arroz y el maíz. El trigo y arroz se cultivan para el consumo humano, la avena se produce principalmente para alimentar al ganado.

La actividad agropecuaria en el altiplano boliviano no cuenta con estrategias que promuevan la producción forrajera, sumado a las condiciones de baja tecnología en el proceso de producción agrícola y características edafoclimáticas adversas que limitan el cultivo y el rendimiento de plantas productoras de alimentos básicos, en consecuencia, hay una alimentación deficiente.

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

El potencial productivo de avena en el altiplano norte es limitado, debido a sus características de clima, suelo, y por tener una siembra por año agrícola y menor superficie disponible para la producción; teniendo estas limitaciones se consideran zonas aptas para la producción forrajera y ganadera.

En el altiplano las especies anuales son cultivadas con insumos locales, es decir el uso del estiércol de los animales. La utilización de las semillas en mucho de los casos es de cultivos locales de la cosecha anterior, la utilización de los insumos como pesticidas, abonos químicos, semillas es poca o nula en comparación con otras zonas de producción agrícola. Por tanto, es importante conservar la agricultura tradicional sostenible, ya que la utilización de insumos externos podría crear dependencia en la agricultura familiar.

La avena tiene alta digestibilidad, proporciona 374 calorías de energía metabolizable y su fibra presenta mejores cualidades que otros cereales; su ciclo vegetativo es de cuatro a cinco meses, no es exigente en suelo, es tolerante a la sequía y resistente a heladas, la temperatura óptima entre 25 a 31 °C, una mínima de 4 °C y una máxima de 37 °C. La siembra se realiza con 80 kg/ha para el altiplano, el corte es en el momento de estado lechoso del grano.

La baja disponibilidad de alimentación en materia verde en época seca repercute en el bajo rendimiento de la producción de leche de ganado bovino. En los últimos años, la variabilidad de los factores climáticos, (escases de lluvia, helada, recurrentes inundaciones y sequías prolongadas) han ocasionado que la producción de forrajes sea insuficiente, repercutiendo directamente en la economía del productor.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

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

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Determinar las variables agronómicas: emergencia, altura de planta, número de macollos de la producción de avena bajo el efecto de diferentes niveles de aplicación foliar del biol.
- Determinar el rendimiento del forraje (materia verde y materia seca), mediante la aplicación de biol en tres diferentes concentraciones.
- Determinar el beneficio costo de la producción, con tres dosis de fertilización con biol en avena.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Origen de la avena**

Lizarro (2005), indica que la avena es representada en todos los continentes y la mayoría de las islas oceánicas; de gran importancia humana, son utilizadas en la alimentación, otras como forraje o bien en la industria.

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

Duran (2001), señala que la avena tiene amplio rango de adaptación al tipo de suelo y clima, resiste la explotación corte-pastoreo y en forma general no produce timpanismo en los rumiantes. Es un cultivo de mayor importancia para el ganado, actualmente es la forrajera más difundida y cultivada por los productores lecheros.

La avena es uno de los principales cultivos forrajeros de los valles mesotérmicos andinos de Bolivia. La variación de estos factores climáticos, causa una variación estacional en la productividad de la avena. (Jutzy, *et al.*, 1979).

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

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

El grano de avena se emplea principalmente en la alimentación del ganado, aunque también es utilizada como planta forrajera, en pastoreo, heno o ensilado, sola o con leguminosas forrajeras. La paja de avena está considerada como buen alimento para el ganado. En menor escala, la avena se emplea como alimento para consumo humano, en productos dietéticos, triturada o molida y para preparar diversos platillos. También se mezcla con harina de otros cereales en la fabricación de pan, así como en la fabricación de alcohol y bebidas (García, 2007).

### 2.3. Valor nutritivo de la avena

Bidwell (1992), indica que el valor nutritivo de la avena como el de cualquier otra forrajera varía principalmente por el estado fisiológico en el que se encuentra y el grado de fertilización que se utilice, disminuyendo la calidad nutricional a medida que pasa el tiempo óptimo de cosecha. En el cuadro 1 y 2 se muestra las características:

**Cuadro 1. Composición de la avena verde en 100 gramos**

Detalle	Valor %
Agua	77
Materia no nitrogenada	10
Celulosa	8
Materias minerales	2.5
Proteínas	1.9
Materia grasa	0.6

*Fuente: García A. (2007)*

**Cuadro 2. Composición de la avena seca en 100 gramos**

Detalle	Valor %
Celulosa	41.2
Materia no nitrogenada	35.6
Agua	14.3
Materias minerales	4.4
Proteínas	2.5
Materia grasa	2

*Fuente: García A. (2007)*



**Cuadro 3. Análisis bromatológico de la avena en 100 gramos**

Detalle	Valor
Valor energetic	374 cal
Humedad	8.23 g
Proteina	8.86 g
Grasa	4.83 g
Hidratos de carbono	73.64 g
Ceniza	4.44 g
Calcio	88 g
Fósforo	253 g
Hierro	5.3 g

*Fuente: laboratorio de bioquímica y nutrición La Paz (1997)*

#### **2.4. Descripción botánica**

Parsons (1991) citado por Conde (2003), señala que la avena tiene una altura de 60 cm, hasta 180 cm; el tallo es recto y cilíndrico, tiene de tres a cinco macollos, las hojas tienen una longitud aproximada de 25 cm, y un ancho de 1 hasta 1.6 cm, la lígula es de longitud media. A diferencia del trigo y la cebada la avena carece de canículas, la inflorescencia es una panícula el grano es parecido al trigo pero es más largo y puntiagudo, el color de la planta es verde azulado.

La avena posee una raíz radicular profunda con tallos gruesos y rectos con poca resistencia, la longitud varía de 0.5 a 1.5 metro formados por varios entrenudos que terminan en gruesos nudos y en ellos nacen las hojas y las yemas, la hoja es plana alargada y lanceolada, en la unión del limbo y el tallo tienen una lígula en forma oval y color blanquecino; su borde es dentado de color verde más o menos oscuro; es áspero al tacto y en la base lleva numerosos pelos, los nervios de la hoja son paralelos, las flores son hermafroditas y la inflorescencia es una panícula de dos o tres flores, situadas sobre largos pedúnculos y el fruto es una cariósida (Lizarro, 2005).

## 2.5. Fases fenológicas del cultivo de la avena

Gutiérrez (2000), indica que fenología de los cereales forrajeros empieza el primer a 12 días que es brote de las hojas a los 21 a 22 días es el macollamiento de la planta, de 30 a 39 días es el alargamiento de tallo o desarrollo, a los 45 días está en embuche, a los 53 días emisión de la espiga, a los 61 a 69 días es la floración del cultivo y a los 91 a 94 días es la madurez de la planta.

Mariscal (1992), menciona que la aparición, transformación o desaparición rápida de los órganos vegetales se llama fase y de acuerdo a ello, se tiene las siguientes fases:

- Emergencia no se debe confundirse con la germinación ya que es una fase oculta en realidad es la aparición de los primeros tejidos de la planta sobre la superficie del suelo con una a dos hojas.
- Macollamiento cuando el 50% de las plantas han macollado, es decir tienen brotes o retoños.
- Encañado cuando el 50% de las plantas presentan el primer nudo a dos o tres centímetros sobre el suelo.
- Embuchamiento la panícula se encuentra envuelta dentro de la vaina de la hoja bandera (hoja superior).
- Panojamiento o llamado prefloración, cuando el 50% de las plantas tienen panículas completamente libres de la vaina foliar.
- Floración (Antesis), cuando en el 50% de las panículas, las florecillas se abren y las anteras liberan polen.
- Grano lechoso, cuando el 50% de las panojas presentan granos que al ser presionados con la uña revientan con la liberación de un fluido (líquido blanco lechoso).
- grano pastoso, cuando el 50% de las panículas presentan granos que resisten al ser presionadas con la uña el contenido del ovario se solidifica.

Crespo (2003), en un estudio introducción de variedades de avena en Choquenaira, indica que la fase de emergencia es a los 11 días, la fase de macollamiento 31 días, la fase de encañamiento 67 días, la floración 130 días, el estado de grano lechoso 166 días y finalmente la madurez fisiológica a los 207 días.

## 2.6. Clasificación taxonómica

Lizarro (2005), indica que la clasificación de la avena es como sigue a continuación:

- Clase: Liliopsida
- Sub clase: Commelinidae
- Orden: Cyperales
- Familia: Poaceae (Gramíneas)
- Sub familia: Tribu Avenae
- Género: *Avena*
- Especie: *sativa*

## 2.7. Variedades de avena

SEFO (2009), anota que las variedades de la avena son como sigue:

- Variedad Gaviota
- Variedad Alondra
- Variedad Águila
- Variedad Texas

## 2.8. Condiciones ecológicas

### 2.8.1. Clima

Los factores climáticos desempeñan un papel significativo en muchos procesos fisiológicos de las plantas, desde la emergencia hasta el desarrollo.

#### 2.8.1.1. Temperatura

Parsons (1991), menciona que la avena puede crecer en áreas con baja temperatura y con baja humedad; la temperatura adecuada varía entre 15 a 31°C, aunque pueden soportar bajas temperaturas.

Semillas Forrajeras (2009), establece que la avena es cultivada especialmente en los valles y altiplano zonas frías y húmedas, a una altitud de 2000 a 4500 msnm. Los rangos de temperatura para su crecimiento y desarrollo varían entre 25 a 31 °C; una mínima de 4 a 8 °C y una máxima de 31 a 37 °C.

Por otra parte, la tasa de germinación es mayor al 90% cuando la temperatura sobrepasa a los 7 °C, siendo el rango óptimo entre 10 a 25 °C, su rusticidad se traduce en no ser exigente en suelo, es tolerante a la sequía y resistente a fuertes heladas.

### **2.8.1.2. Precipitación**

Parsons (1991), menciona los cereales de primavera requieren como promedio 800 mm de precipitación durante el año y los de invierno requieren unos 600 mm; sin embargo, estas especies también se adaptan a zonas con precipitaciones de 300 – 400 mm de precipitación.

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.

### **2.8.1.3. Fotoperiodo**

Parsons (1991), establece que en la fase de crecimiento y floración los cereales requieren un periodo de días largos, es decir con más de 12 horas luz por día. Cuando la duración del día no es suficiente en la época de floración, esta se tardará. Sin embargo, algunas variedades son relativamente insensibles a la duración del día.

Muslera y Ratera (1984), menciona que la temperatura óptima para su crecimiento se encuentra entre los 14 °C a 25 °C durante el día. Por otra parte, Muslera y Ratera (1991), señala que durante la fase de crecimiento y desarrollo depende de la temperatura, radiación solar, duración del día y humedad del suelo.

Al respecto Brock y Madigan (1984), indican que la producción de biomasa está en función a las condiciones climáticas.

## **2.8.2. Suelo**

García (2007), menciona la avena es una planta rústica, poco exigente en cuanto al suelo, pues se adapta a terrenos muy diversos. Prefiere los suelos profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal, pero sin exceso y que retengan humedad, que quede el agua estancada.

Parsons citado por Quispe (1999), señala que para obtener una buena cosecha, es necesario que el suelo tenga una capa cultivable de por lo menos 20 cm de profundidad y una textura media a pasada y de buena estructura que permitan un buen drenaje, obteniéndose los mejores rendimientos en suelos livianos-limosos o arenosos. También es importante el pH que va de 7 a 8.5 y un contenido de materia orgánica de acuerdo a las necesidades del suelo.

## **2.9. Particularidades del cultivo**

### **2.9.1. Método de siembra**

La siembra se recomienda realizarla en suelo seco, al voleo o en hileras, o húmedo en hileras, debe de efectuarse en terreno plano. El método de siembra más común es al voleo. La siembra con sembradoras específicas de pratenses tipo Brillon, consistentes en un cajón distribuidor y dos rodillos acanalados compactados paralelos, entre los cuales cae la semilla a voleo, se ha divulgado bastante y es adecuada en terrenos bien preparados según (INIAF – Bolivia s.f.).

### **2.9.2. Profundidad de siembra**

INFOAGRO (2011), indica que en la siembra a voleo conviene dar dos pases cruzados para que la semilla quede mejor distribuida, ya que al tratarse de una semilla muy ligera, es difícil repartirla con regularidad.

### **2.9.3. Densidad de siembra**

García (2007), sugiere utilizar semilla de avena certificada que garantice un buen porcentaje de germinación. Con 100 kilogramos por hectárea, se logran obtener los mejores rendimientos.

SEFO (2009), la cantidad de semilla de avena suele ser variable, se considera una dosis corriente de 80 a 100 kg/ha, la población óptima es de 250 a 300 plantas/m<sup>2</sup> se puede asociar con leguminosas forrajeras anuales para mejorar la calidad del forraje.

#### **2.9.4. Fertilización en avena forrajera**

Robles (1990), señala que la incorporación de fertilizantes se puede realizar antes o después de la siembra, para el cultivo de avena forrajera, se recomienda la dosis de 60 – 40 – 00 de N – P – K, para zonas frías y valles.

Cada cultivo específico requiere de una cierta cantidad de nutrientes. En los cereales los nutrientes de mayor importancia son el N – P – K, en cantidades de 40 a 200 kg de nitrógeno, entre 20 a 60 kg de fósforo y hasta 40 kg de potasio por hectárea (Parsons 1989).

Al respecto Mattos (2000), indica la insuficiencia de nitrógeno, debilita el macollamiento de las gramíneas, reduce el periodo vegetativo, fisiológicamente la influencia de la fertilización nitrogenada en macollamiento de la planta de avena se explica de siguiente manera; los niveles altos de nitrógeno tienen una influencia importante en la actividad meristemática.

#### **2.9.5. Altura de la planta**

López y Vargas (2012), que señala el tratamiento 100% biol alcanzó una altura de 108.4 cm; el 50% biol con un promedio 96.2 cm; 75% biol 95.6 cm y 0% biol tuvo un promedio de 94.7 cm de altura en la localidad de Kenakahua Alta provincia los andes departamento de La Paz altiplano central de bahía de Cohana.

Gutiérrez (2012), por otro lado similar resultado obtuvo aplicando 100% biol en cebada con una altura de 131 cm, el testigo presentó menor altura con un promedio de 115.06 cm. en la comunidad San Cristóbal, provincia Los Andes.

Robles (1990), señala que la altura de planta es un indicador de la producción de forraje principalmente se ha utilizado en numerosos casos de muchas especies forrajeras perenes como anuales para evaluar su producción. Por su parte Mendieta (1979), llegó a la conclusión de que mayores alturas de planta, producían mayor cantidad de forraje.

Mendieta (1979), llegó a la conclusión de que mayores alturas de plantas, producían mayor cantidad de forrajes.

### **2.9.6. Macollamiento**

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

### **2.9.7. Área foliar**

Ticona (2006), expresa que la importancia del área foliar radica principalmente en la fuente interceptora de la radiación solar y esta influye directamente en la producción de materia seca y el rendimiento de grano.

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

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

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

López y Vargas (2012), indican que en el rendimiento de forraje verde de avena, variedad gaviota es de 8.45 kg m<sup>2</sup> y 3.20 kg, de forraje seco por m<sup>2</sup> en la localidad de Kenakahua Alta provincia los andes departamento de La Paz.

Gutiérrez (2012), por otro lado similar resultado obtuvo en cebada aplicando 100% biol en materia verde de 5.2 kilos m<sup>2</sup> el testigo sin biol presentó un promedio de 5.2 kilos m<sup>2</sup> y en materia seca de 1.28 kilos m<sup>2</sup> el testigo sin biol presentó un promedio de 0.83 kilos m<sup>2</sup> en la comunidad San Cristóbal, provincia Los Andes.

Por otro lado Apaza (2008), indica con una densidad de siembra de 80 kilos/ha de avena y con 240 kilos de nitrógeno por hectárea se obtuvo 2.3 kilos por m<sup>2</sup> de materia seca. Al respecto Alcocer *et al.*, (1990), citado por Ochoa (2008), indican que los mejores rendimientos de avena se registran en zonas subhúmedas donde los suelos son profundos y fértiles, y con precipitaciones abundantes en el altiplano cuyos rendimientos de materia seca oscilan entre 2 – 8 kg m<sup>2</sup>.

Prieto (1990), el estudio de avena variedad gaviota en cuatro localidades en la región del altiplano cada una con distintas características climáticas, determino un rendimiento de 9.45 tn/ha de materia seca, el mismo autor señala que en la región de Corpa zona subhúmeda obtuvo 12.7 kg m<sup>2</sup>, de materia seca en San Andrés de Machaca zona semiárida obtuvo un rendimiento de 3.4 kg m<sup>2</sup> de materia seca y en Patacamaya la misma variedad obtuvo un rendimiento de materia seca con 2.1 kg m<sup>2</sup>.

#### **2.9.10. Cosecha**

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

Morrison citado por Duran (2001), señala que la siega de las gramíneas o leguminosas a intervalos frecuentes como se hace en las praderas cultivadas, generalmente suele ser menor el rendimiento de materia seca, que cuando se los deja desarrollar hasta la fase óptima de siega, debido a que es menor la superficie foliar expuesta la luz, por lo tanto disminuye la producción de hidratos de carbono en la planta.

#### **2.9.11. Efecto de las heladas en la avena**

Román citado por Apaza (2008), menciona que la helada es la temperatura a la cual los tejidos de las plantas comienzan a sufrir daño, lo cual significa que no necesariamente la temperatura debe ser menor o igual a 0°C, esto dependerán de otros factores como: estado de desarrollo, condiciones de suelo, duración de heladas y otros.

#### **2.9.12. Principales enfermedades**

Maydana (2007), señala que el carbón desnudo de la avena, *Ustilago avenae* ocasiona destrucción y deformación de la inflorescencia, las espigas sanas se inclinan mientras que las enfermas se quedan, los granos al romperse dejan caer un polvo de esporas pardo oscuras; los restos se caen quedado solamente el pedúnculo desnudo de la panoja.

Tizón bacteriano de la hoja *Pseudomonas syringae* ocasiona pequeñas manchas irregulares de encharcamiento, en poco tiempo esas manchas crecen volviéndose alargadas, irregulares, castañas, necróticas y encharcadas.



## 2.10. 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.
- **Tasa de retorno marginal: (%).** Es el beneficio neto marginal es decir el aumento en beneficios netos dividido por el costo marginal, aumento en los costos que varían expresada en porcentaje.
- **Tratamiento dominado:** Se considera tratamiento cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costo variable más bajo.

### 2.11. Biol fertilización foliar

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. (PROLAGO - USAID 2012), como se detalla en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Características y ventajas de biol**

<b>Producto</b>	<b>Planta</b>	<b>Suelo</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecológico libre de contaminaste químicos.</li> <li>- Fertilizante rico en nutrientes.</li> </ul> <p>Se obtiene a base estiércol y agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> <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: PROLAGO USAID (2012).*

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 detalló en el cuadro 5.

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

<b>Propiedades físicas</b>	<b>Propiedades químicas</b>	<b>Propiedades biológicas</b>
<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 el CIC 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.</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 sobre nutrición mineral.</li> </ul>

*Fuente: Mamani, E. (2006)*

## 2.12. Aplicación foliar

López y Vargas (2012), indican a mayor cantidad de biol, la avena variedad gaviota es mayor el rendimiento de 8.45 kg m<sup>2</sup> de materia verde y 3.20 kg, de forraje seca por m<sup>2</sup> en la localidad de Kenakahua Alta provincia Los Andes.

GTZ EnDev Bolivia (2012), 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. Hortalizas (ver si es de hoja tallo, raíz o fruto), como se detalla en el cuadro siguiente 6 y 7.

**Cuadro 6. Cada tiempo debo aplicar y cuanto**

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

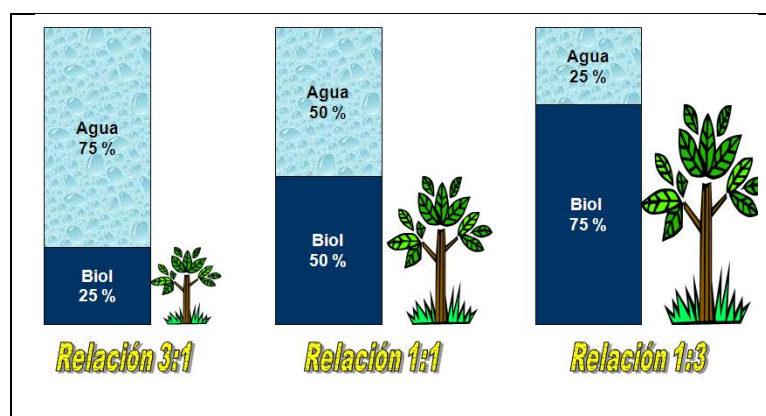
*Fuente: GTZ EnDev Bolivia (2012)*

**Cuadro 7. 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>	20l 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>	20l/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>	20l Mochila 5 biol+ 15 agua.	A la mañana después de la helada, no aplicar al medio día, tarde desde las 14:30.	Asperjando por las hojas.

*Fuente: GTZ EnDev Bolivia (2012)*

Serrano (2009), define 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 detalla en la figura 1.



*Fuente: Serrano (2009)*

**Figura 1. Dosis de aplicación de biol en forrajes**

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.

## **2.13. El biol**

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

El biol es considerado por muchos investigadores 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 (Serrano, 2009).

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

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

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

### **2.13.1. Tipos de biol**

- Materia orgánica animal

Estiércoles de animales: Vaca, Porcinos, Ovinos, Camélidos, Cuyes y otros

- Materia orgánica Vegetal

Restos vegetales: Rastrojos, Residuo orgánico (restos de cocina)

- Materia orgánica animal y vegetal

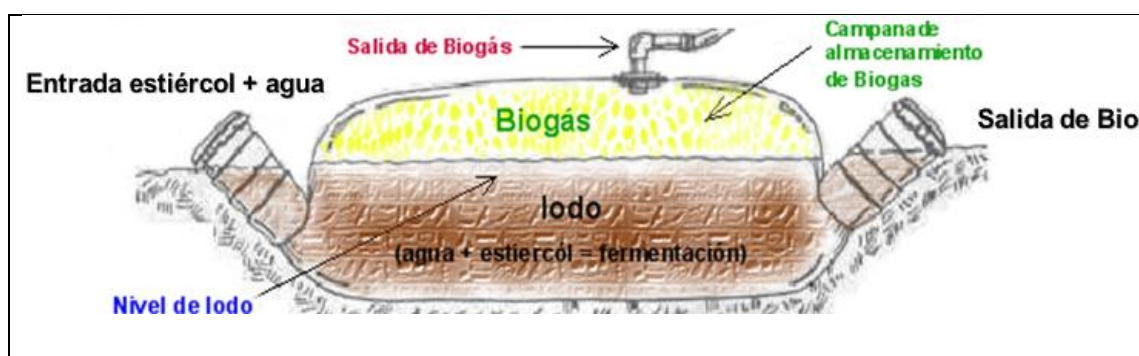
Estiércoles + restos vegetales (Paco, 2012).

## **2.14. Biodigestor**

Para 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).

Serrano (2009), define que 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.

GTZ EnDev Bolivia (2012), el biodigestor es una bolsa de plástico grande (nylon grueso espacial) donde se introduce estiércol mezclando con agua, se fermenta produciendo biogás que se utiliza para cocinar. La parte que no se convierte en biogás se transforma en fertilizante líquido llamado biol. En el altiplano, el biodigestor debe estar bajo una carpa solar para protegerlo del frío, e instalarlo con orientación de este a oeste, como se detalla en la Figura 2.



Fuente: GTZ EnDev Bolivia (2012)

**Figura 2. Diseño y funcionamiento de un biodigestor**

#### 2.14.1. Capacidad de producción del biodigestor

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

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



Fuente: PROLAGO USAID (2012).

**Figura 3. Elaboración del biol**

### 2.15. 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  $\text{NH}_2$  grupo amino; hormonas como las auxinas y giberelinas; **vitaminas** como citocininas, purinas tiaminas, riboflavinas y piroxinas; con un efecto repelente a las plagas y en contra de las heladas.

Gutiérrez (2012), menciona el biol contiene de Nitrógeno 0.07%, Fósforo 0.01%, Potasio 0.09%, Ph 7.6 y Materia orgánica 35%.

Medina (1990), reporta que la nutrición por carbono, va asociada con la nutrición mineral y agua, todos ellos promueven el metabolismo por medio de eventos geofísicos, bioquímicos y orgánicos. En estos últimos juegan un rol importante los FITORREGULADORES, los mismos que pueden promover (activar) o inhibir, mucho de los grandes procesos fisiológicos, pueden clasificarse resumidamente de la siguiente forma:

- Fitoreguladores: Ácido Indol Acético, Guanina, Adenocina.
- Vitaminas: Tiamina, Riboflavina, Piridoxina.
- Nutrientes: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Azufre y Otros.

### **2.16. Elaboración del biol**

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

### **2.17. Descomposición de la materia orgánica en biodigestor**

A mayor temperatura, mayor es la fermentación y a menor temperatura es menor la fermentación (Restrepo, 2001).

Martínez (1990), indica la digestión anaeróbica es un proceso de fermentación realizado por bacterias saprofitas que se multiplican en el ambiente que no hay oxígeno y pueden actuar dos microorganismos que son: metano genéticas y metano productoras.

### **2.18. Uso de biol**

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

Alanoca (2006), indica que el biol aumenta el área foliar de una planta también se incrementa la actividad fotosintética, puesto que existe una mayor área de hojas 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.

Morales y Bautista (1990), la aplicación del Biol como fuente de bioestimulantes influye en el desarrollo del área foliar del cultivo.



Rojas (1988), señala que la aplicación racional de fitorreguladores; no consiste en aplicar sustancias contaminantes para forzar el desarrollo, sino en restablecer la fisiología normal, cuando por desviaciones climáticas, la planta no sintetiza las hormonas normales. De ahí se deduce que los fitorreguladores solamente excitan potencialidades naturales y no se deben esperar resultados maravillosos por su uso.

Gloria (1989), reporta propiedades tanto para el mejoramiento del suelo como parte del desarrollo de las plantas, algunas de las cuales son:

- Incorporar materia orgánica en el suelo, así como nutrientes tales como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, etc.
- Permite el mejor intercambio catiónico en el suelo, proporcionando nutrientes a largo plazo.
- Las plantas son nutridas en forma balanceada, haciéndolas más vigorosas y rendidoras, suministrando nutrientes para las dietas humanas y animales.

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

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización**

##### **3.1.1. Ubicación geográfica**

El presente trabajo de investigación, se realizó en la comunidad de Kenakahua Alta perteneciente al municipio de Puerto Pérez de la provincia Los Andes del departamento de La Paz, se encuentra geográficamente a 54°47'58" de latitud sur y 81°85'39'8 de longitud oeste, a una altitud de 3856 msnm y a 71 km al oeste de la ciudad de La Paz.

#### **3.2. Características ecológicas**

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

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

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

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

##### **3.2.1. Suelo**

Orsag (1989), citado por Ayaviri (1996), indica que los suelos del altiplano son muy heterogéneos en virtud de que se han formado sobre distintos materiales parentales depositados en las depresiones de la cuenca ante montaña de Los Andes.

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

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

### 3.2.2. Cultivos y vegetación

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

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

### 3.2.3. 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).

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

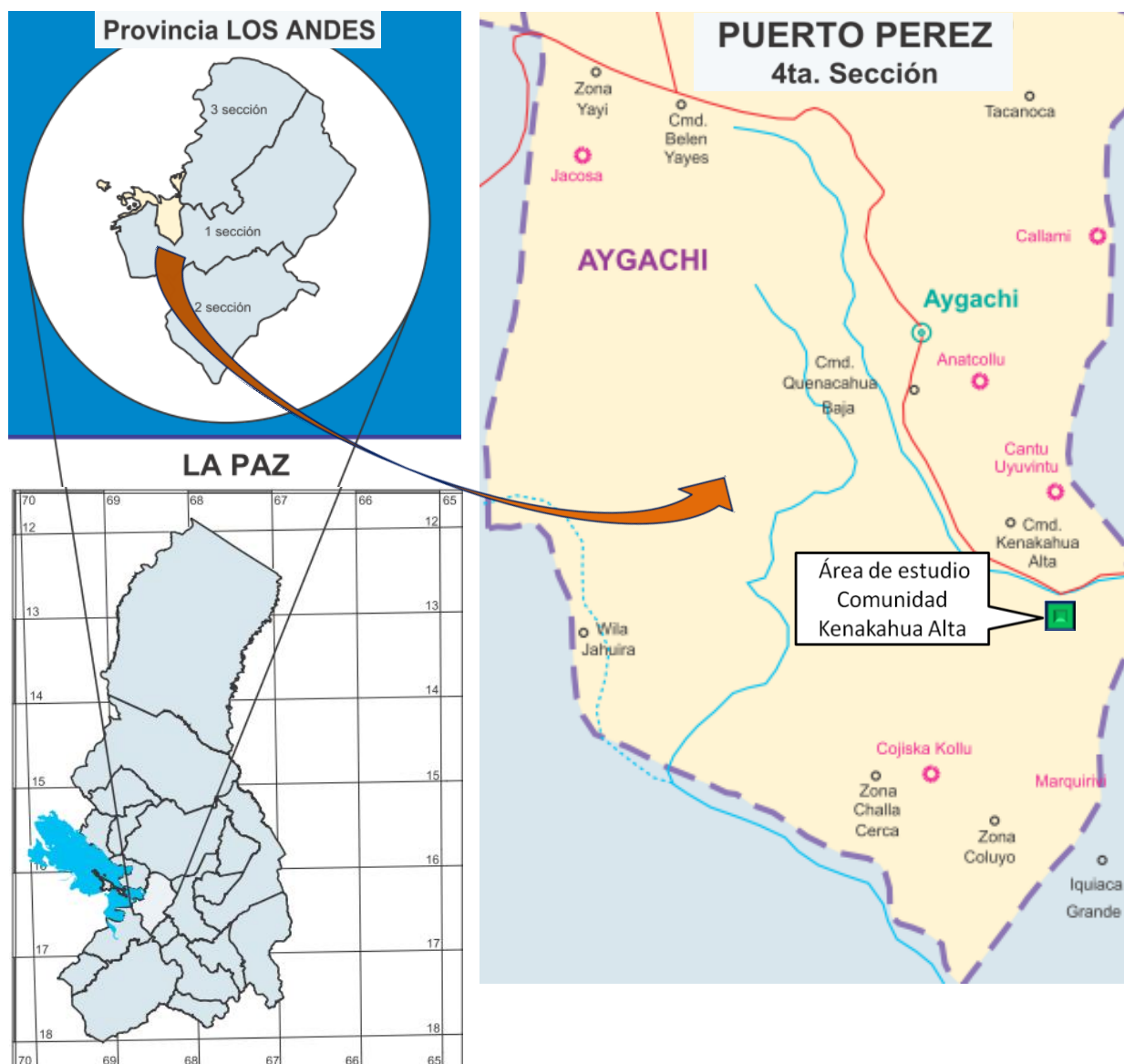
Iturry (2002), menciona que entre las especies de la región, algunas han sido menguadas en gran proporción como la perdiz, zorro, lagartija, ratón andino, pato silvestre, gaviota del altiplano, tórtola y buitre.

#### **3.2.4. Economía**

La principal actividad de las familias en la comunidad de Kenakahua Alta, es la crianza de animales, mayores y menores; principalmente, bovinos, ovinos, y la producción de abonos orgánicos como: biol y humus de lombriz. De la cual obtienen ingresos económicos por la venta de leche y sus derivados como ser el queso, también realizan la venta del ganado bovino, ovino, la venta de abonos orgánicos y en poca proporción se vende los excedentes de la cosecha agrícola como ser la papa, chuño y tunta.

#### **3.2.5. Recursos hídricos**

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



Fuente: INE (2001)

Figura 4. Localización del trabajo experimental.

### **3.3. Materiales**

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

El material vegetal utilizado para el presente trabajo son semillas de avena, variedad gaviota, proveniente de SEFO Cochabamba. La fertilización se manejó con biol de bovino, proveniente del biodigestor.

#### **3.3.2. Material de escritorio**

- Calculadora
- Computadora e impresora
- Cámara fotográfica
- Cuaderno de registro
- Reglas
- Bolígrafo

#### **3.3.3. Material de campo**

- Mochila fumigadora
- Carretilla
- Rastrillo
- Cinta métrica
- Hoz
- Valdez de 20 litros
- Bolsitas de plástico
- Romana de 50 kg
- Cegadora
- Flexometro

#### **3.3.4. Material de laboratorio**

- Balanza de 1000 g
- Horno metálico

### **3.4. Metodología**

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

##### **3.4.1.1. Preparación del terreno**

La preparación del terreno y roturado de la tierra se llevó a cabo en el mes de abril de 2011, el desterronado y mullido se realizó con el tractor agrícola, la delimitación de parcelas experimentales para cada tratamiento se realizó con ayuda de una wincha métrica y la nivelación se realizó manualmente con rastrillo para uniformizar el terreno sobre un área total de 960 m<sup>2</sup>.

##### **3.4.1.2. Muestreo de suelo**

El muestreo se realizó en zig zag 12 sub muestras a 20 centímetros de profundidad, las mismas fueron mezcladas y cuarteadas hasta obtener una muestra compuesta de 1kg de suelo, que fue depositada en una bolsa de plástico e identificada con su respectiva etiqueta para ser enviada al Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la UMSA, de la zona de sapapujro de la comunidad de Kenakahua Alta.

##### **3.4.1.3. Siembra**

La siembra se efectuó el 1 de diciembre de 2011, de acuerdo al croquis de campo que se detalla en anexo 1 de 960 m<sup>2</sup> área total se procedió al surcado con ayuda de una yunta a una profundidad de 15 a 20 cm; a una distancia de 40 – 45 cm entre surcos; la siembra fue a chorro continuo, cubriendo posteriormente, con una delgada capa de tierra de aproximadamente 8 a 10 cm de altura con ayuda de una yunta.

##### **3.4.1.4. Preparación del biol en biodigestor**

El biodigestor es de bolsa de plástico grande (nylon grueso espacial) se instaló en julio del año 2010 en una zanja de 8 m largo por 1.7 m de ancho superior 90 cm, de profundidad 60 cm, ancho inferior y 7.5 metros largo inferior. El techo es de agrofil de 300 micrones 1.5 m tapial sur y 50 cm tapial norte. Para que produzca biol, el estiércol debe ser preferentemente fresco, fue recolectado a diario durante las primeras horas de la mañana, utilizando una pala (20 kilos) y se procedió a disolverlo en 60 litros de agua llegando a formar una solución densa se fermentó por un lapso de cuatro semanas en el biodigestor.

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

De alimentarlo diariamente con 20 kilos de estiércol (aproximadamente 1 balde de (20 litros) mezclados con 60 litros de agua (3 baldes de 20 litros), transformo cada día 50 litros de biol en los recipientes de salida, donde la mezcla fermentada sedimenta al piso, el biosol y encima el biol durante 20 a 30 minutos luego el cernido en una malla de 2 mm, se preparó y se llevó en una fumigadora para la aplicación foliar.

#### **3.4.1.6. Análisis del biol**

Una vez concluida el proceso de fermentación, se procedió a tomar una muestra de la salida de biodigestor, con la finalidad de realizar el análisis de micro elementos. Para ello, se utilizaron una botella de plástico previamente esterilizado en agua hervida y una malla milimétrica fina. Haciendo uso de la malla milimétrica se filtró un litro de biol posteriormente se procedió a identificarlos. Finalmente, se enviaron las muestras al Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA). UMSA, de la comunidad de Kenakahua Alta.

#### **3.4.1.7. Aplicación del biol**

La aplicación de biol se realizó a partir de la siembra del ciclo biológico del cultivo, cada dos semanas en horas 17:00 p.m. en un tiempo de tres meses, el biol se aplicó asperjando en el follaje con una muchilla de aspersion, se prepararon los niveles en 10 litros de cada tratamiento.

#### **3.4.1.8. Control de malezas**

El control de deshierbe se efectuó una sola vez manualmente durante la fase vegetativa, eliminando las plantas invasoras y malezas nocivas como la mostaza que podrían perjudicar el normal crecimiento y desarrollo de la planta.

#### **3.4.1.9. Cosecha**

La cosecha se realizó concluida el ciclo vegetativo a los 120 días, cuando la planta llegó a conseguir la sintaxis de estado lechoso, cosechándose con una cegadora los surcos centrales tomando el efecto borde de 1 m en ambas cabeceras del surco y desechando un surco en cada extremo, el corte se realizó por m<sup>2</sup> a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo.



Luego se procedió a pesar la materia verde por m<sup>2</sup> por unidad experimental, para obtener el rendimiento de materia verde kg/parcela y posteriormente se ha llevado al laboratorio, cuatro muestras de 200 g de forraje, para su secado.

#### **3.4.1.10. Elaboración de ensilaje**

Finalmente, el forraje verde cortado, se destino a conservación como ensilado; se corto en tres partes trasladando al silo para compactarlo con el tractor se colocó chancaca diluido y sal en el silo, se cubrió con nylon, finalmente cubriendo con espesor de tierra de 25 cm la fermentación duro cuatro meses luego se empezó a sacar para la alimentación de ganado lechero todo el ensilaje.

#### **3.4.2. Diseño experimental**

Los variables fueron analizados a través del modelo Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos de fertilización, con cinco bloques (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 más 50% agua
- Tratamiento 3: Concentración de 75% biol más 25% agua
- Tratamiento 4: Concentración de 100% biol

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

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

- **Días a la emergencia**

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

Mariscal (1992), menciona que la emergencia no se debe confundirse con la germinación ya que es una fase oculta en realidad es la aparición de los primeros tejidos de la planta sobre la superficie del suelo con una a dos hojas.

- **Número de macollos por planta**

Se realizó un conteo directo en el momento de la cosecha, para los cuales se extrajeron 5 plantas al azar desde la raíz por unidad experimental y el promedio fue expresado en número de macollos por planta.

- **Altura de planta**

Para tomar la altura de planta se realizó tomando medidas de la altura total, desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja, efectuándose muestreos en cada unidad experimental para luego obtener un promedio.

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

- **Relación hoja/tallo**

Se seco un mínimo 20 tallos al azar de cada unidad experimental desde la base de la planta, teniendo el cuidado de no perder las hojas; de estos tallos se separaron todas las hojas, considerando para ello, hasta la parte suave de la vaina de la hoja que envuelve al tallo. Así separadas las hojas de los tallos, se picó en pequeños trozos tanto tallos como hojas y se procedió al secado en el papel de madera en laboratorio a 90 °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 24 horas.

- **Rendimiento de materia verde**

La cosecha de materia verde se hizo con un muestreo al azar tomando en cuenta el efecto borde, como 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.

- **Rendimiento de materia seca**

La cosecha de materia verde de las unidades experimentales, se hizo obteniendo una muestra al azar de aproximadamente de 1kg de materia fresca por parcela transportándolas en bolsas de polietileno cerradas con una cinta adhesiva a fin de evitar la pérdida de humedad. En el laboratorio se procedió a realizar el cuarteo obteniendo sub muestras de aproximadamente 200 g, los cuales fueron picados y secados en sobres de papel de madera a una temperatura de 90 °C hasta obtener un peso constante.

### 3.4.4.3. Variable de análisis económico

- **Análisis económico**

El análisis económico se realizó en base al método planteado por el CIMMYT (1988). Los resultados fueron calculados por SEFO (2009) que indica en 1 m<sup>2</sup> se tiene 250 a 300 plantas, haciendo una regla de tres simple se tiene para el área de 960 m<sup>2</sup> un total de plantas 240000 en el cultivo de avena.

- **Ingreso bruto**

El ingreso bruto se calculó para cada tratamiento, multiplicando el rendimiento ajustado por el precio del producto que fue de Bs. 5 por amarro de 10 kg/1m<sup>2</sup>. Este precio se comprobó en la misma comunidad y en la feria de la 16 de julio 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, de tal manera que una relación menor a 1 significó que se incurrieron en pérdidas y una relación superior a 1 significó que la actividad económica fue rentable.

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

Donde:

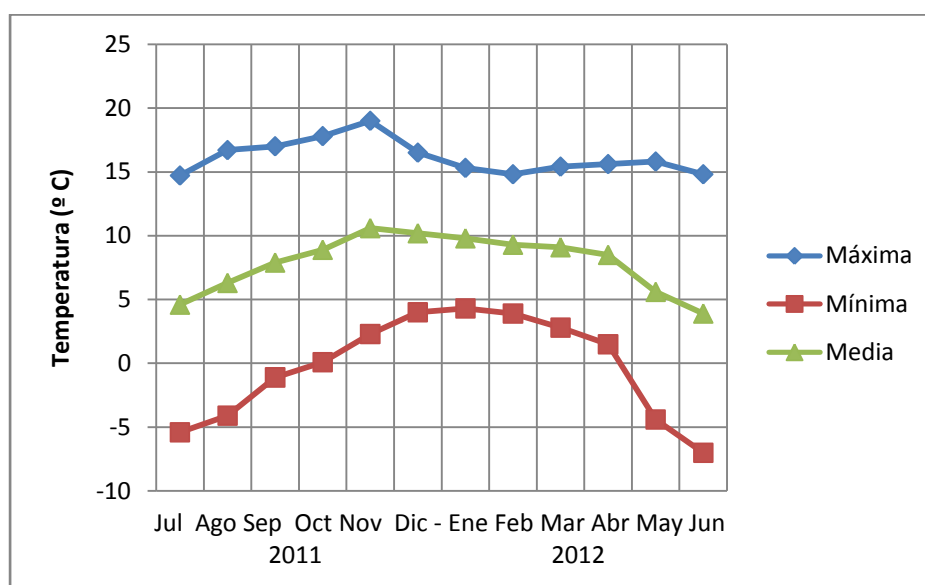
B/C = Beneficio costo.  
CP = Costo de producción.  
IB = Ingreso bruto.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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

Los índices climáticos de mayor importancia que se consideraron en el presente trabajo son la temperatura y precipitación, los cuales fueron analizados a partir de la información proporcionada por SENAMI (2011 - 2012), periodo agrícola las mismas que se detallan en la figura 6 y 7.

#### 4.1.1. Temperatura



Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2012).

**Figura 5. Temperatura ambiental de ciclo agrícola en el periodo de estudio**

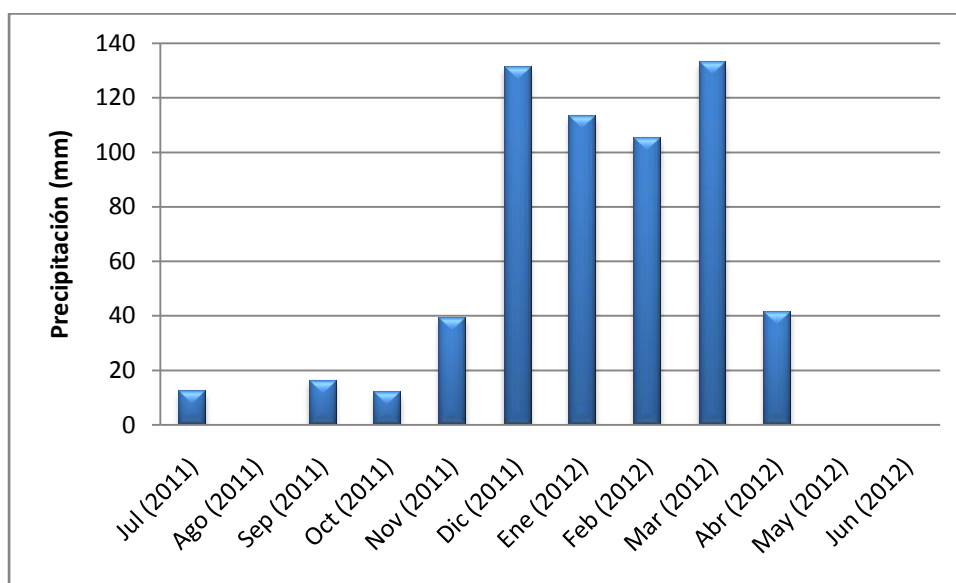
En la figura 3, se observa el comportamiento de temperaturas máximas, medias y mínimas. La temperatura media ambiente ocurrida durante el periodo de trabajo de investigación fue de 9.4°C, la temperatura mínima fue de 3.6°C y la máxima fue de 15.6°C, en los meses de diciembre enero febrero y marzo, que presenta condiciones favorables, los cuales han ayudado al normal desarrollo del cultivo de avena.

Al respecto Parsons (1991), menciona que la avena puede crecer en áreas con baja temperatura y con baja humedad, la temperatura adecuada varía entre 15 a 31°C, aunque pueden soportar bajas temperaturas.

Muslera y Ratera (1984), menciona que la temperatura óptima para su crecimiento se encuentra entre los 14 °C a 25 °C durante el día. Por otra parte Muslera y Ratera (1991), señala que durante la fase de crecimiento y desarrollo depende de la temperatura, radiación solar, duración del día y humedad del suelo.

Al respecto Brock y Madigan (1984) indican que la producción de biomasa está en función a las condiciones climáticas.

#### 4.1.2. Precipitación



*Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2012).*

**Figura 6. Precipitaciones registradas durante el periodo de estudio**

Se puede apreciar en la figura 8, las precipitaciones registradas durante la gestión agrícola (2011 a 2012). Estos fueron muy variables en comparación con los años anteriores, donde podemos apreciar la precipitación promedio de cuatro meses (diciembre, a marzo) con 121.5 mm y en los meses de enero y febrero con 109.5 mm respectivamente, lo que favoreció al normal crecimiento y desarrollo de la avena.

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.

Parsons (1991), menciona los cereales de primavera requieren como promedio 800 mm de precipitación durante el año y los de invierno requieren unos 600 mm; sin embargo, estas especies también se adaptan a zonas con precipitaciones de 300 – 400 mm de precipitación.

#### 4.1.3. Análisis del biol

**Cuadro 8. Análisis físico - químico del biol.**

Parámetro	Unidades	Resultados
pH		7.2
Fósforo total	mgP-PO <sub>4</sub> /l	84
Nitrógeno total	mg/l	534
Materia orgánica	%	0.71
Cenizas	%	0.29
Sodio total	mg/kg	86
Potasio total	mg/kg	307
Calcio total	mg/kg	259
Magnesio total	mg/kg	212.0
Cobre total	mg/kg	0.15
Hierro total	mg/kg	35
Manganeso total	mg/kg	2.5
Zinc total	mg/kg	1.3

*Fuente: Instituto de Ecología (LCA, 2012).*

En el cuadro 8, muestra un pH de 7.2; fósforo de 84 P/mg\*kg-1; nitrógeno de 534 mg/l; materia orgánica de 0.71%; sodio 86 mg/kg, potasio 307 mg/kg. Los resultados indican que el proceso de fermentación anaeróbica se ha desarrollado con normalidad debido a que la muestra es de forma líquida.

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

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

#### 4.1.4. Análisis del suelo

**Cuadro 9. Análisis físico - químico de suelo**

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

*Fuente: Instituto de Ecología (LCA, 2012).*

Como se puede observar en el cuadro 9, el suelo presenta 12 % de arena, 21 % de limo y 67 % de arcilla, un pH de 5.3, materia orgánica de 3.1%, sodio 0.7 cmolc/kg, fósforo 6.5 P/mg\*kg-1y potasio 1.6 cmolc/kg por tanto corresponde a un suelo franco arcilloso, el cual es un suelo adecuado para la agricultura.

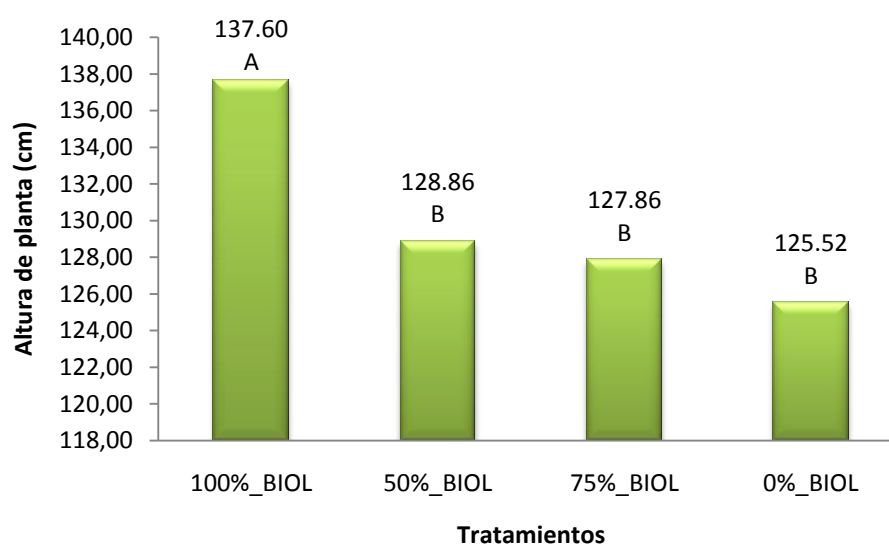
Al respecto Villarroel (1988), señala que la fertilidad de suelo es de clase media cuando la materia orgánica está entre 2-4 %, Na total 0.1-0.2 %, P disponible 7-14 ppm y K disponible 272- 400 ppm.



## 4.2. Variables agronómicas

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

### 4.2.1. Altura de planta



**Figura 7. Prueba de Duncan para altura de planta con la aplicación de biol.**

Los resultados en la prueba de comparación de Duncan para los tratamientos de fertilización con biol, muestran cuatro grupos diferentes. El tratamiento 100% biol alcanzó 137.60 cm; para el tratamiento 50% biol el promedio es 128.86 cm; para el tratamiento 75% 127.86 cm de altura y finalmente el 0% biol tuvo un promedio de 125.52 cm de altura. Esto concuerda con López y Vargas (2012) que señala el tratamiento 100% biol alcanzó una altura de 108.4 cm; el 50% biol con un promedio 96.2 cm; 75% biol 95.6 cm y 0% biol tuvo un promedio de 94.7 cm de altura en la localidad de Kenakahua Alta provincia los andes departamento de La Paz altiplano central de bahía de Cohana. Asimismo, se aprecia que se formulan dos grupos representados por las letras de la prueba de Duncan, de estos se aprecia que un primer grupo está formado por A, que indica que es diferente al grupo B, ósea el biol aplicado de 0% a 75% de concentración estadísticamente son similares.

Estos resultados muestran estadísticamente diferentes por las aplicaciones de biol a la disponibilidad de nutrientes que contienen el biol, de acuerdo al análisis químico que se realizó, se observa el nitrógeno de 0.054% los demás nutrientes como el P, K, Ca y Mg estos nutrientes también favorecieron el incremento en altura de planta.

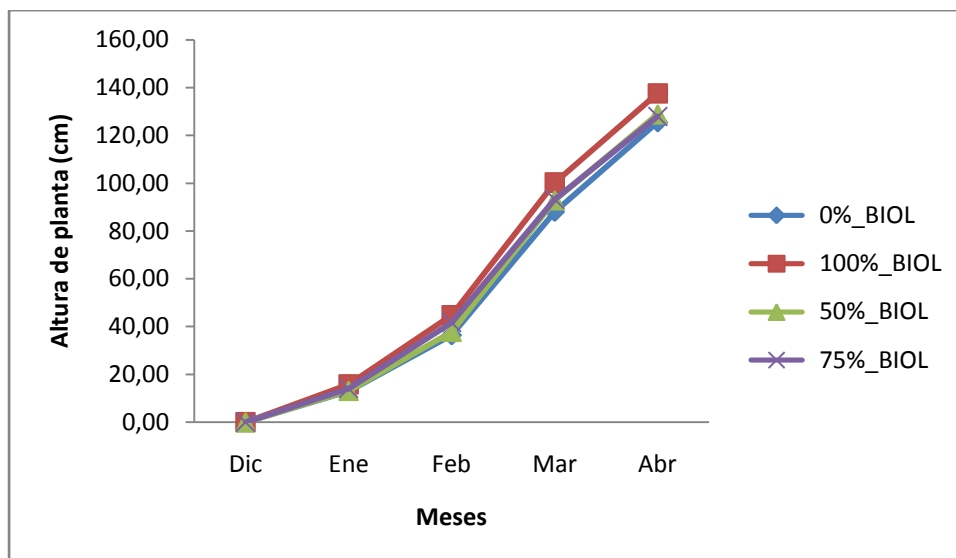
Como menciona Paye (2012), el nitrógeno favorece el desarrollo foliar y el crecimiento de las plantas. El (P): estimula la rápida formación y crecimiento de raíces al comienzo de la vegetación. (K): ayuda a la producción de proteína de las plantas, otorga a las plantas gran vigor y resistencia contra las enfermedades. (Ca): influye en la formación de las paredes celulares. (Mg): forma parte de la clorofila y actúa en el metabolismo del fósforo.

**Cuadro 10. Análisis de varianza de la altura de planta**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloques	4	246.83	61.70	2.52	0.0961 NS
Tratamientos	3	418.51	139.50	5.70	0.0116 *
Error	12	293.55	24.46		
Total	19	958.90			
Promedio (cm.)	129.96				
CV (%)	3.80				

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

En el cuadro 10, al 5% de significancia, la dosis de fertilización de biol presentó el valor de probabilidad de 0.0116 es menor a 0.05, por tanto, se afirma que existen diferencias significativas en la altura de planta de avena para los cuatro tratamientos con biol. El coeficiente de variación de 3.80% un promedio general de altura de las plantas de 129.96 cm. los cuales muestran que cada tratamiento tiene un comportamiento distinto al otro, por la cantidad de biol y la disponibilidad de macro nutrientes y micronutrientes que contienen el biol, de 0.054% de nitrógeno favoreciendo al incremento de altura de planta. Los datos obtenidos y la metodología aplicada en la recolección de los mismos fueron de plena certidumbre, ya que tienen un valor menor al 30% porcentaje considerado como límite para trabajos de campo; según (Calzada, 1982).



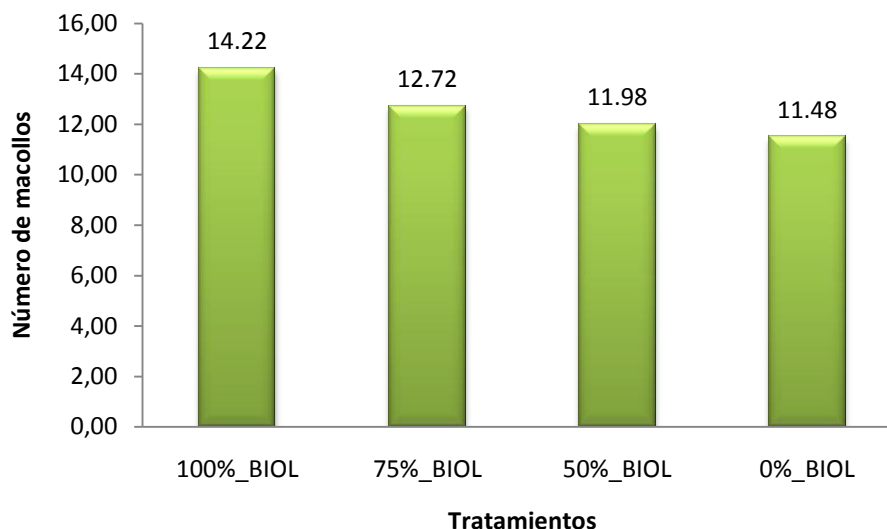
**Figura 8. Altura de planta registrada durante el periodo de desarrollo**

En la figura 8, se aprecia la altura de planta a partir del crecimiento, hasta la floración. Los resultados fueron distintos. Al comienzo del mes de enero el crecimiento de altura de planta alcanzó 15.7 cm; en febrero la planta comenzó a desarrollar los tallos y hojas con una altura de 44.7 cm; en el mes marzo incrementó la altura llegando a 100.2 cm y en último mes de abril alcanzó una altura de 137.60 cm debido a la precipitación y las temperaturas altas que ocurrieron en el cultivo de avena.

Gutiérrez (2012), encontró similar resultado aplicando 100% biol en cebada en la floración con una altura de 131 cm, el testigo presentó menor altura en comparación a los demás tratamientos con un promedio de 115.06 cm. en la comunidad San Cristóbal, provincia Los Andes.

Mendieta (1979), llegó a la conclusión de que mayores alturas de plantas, producían mayor cantidad de forrajes.

#### 4.2.2. Número de macollos



**Figura 9. Promedios para número de macollos con la aplicación de biol**

Según la prueba de promedios de los tratamientos de fertilización con biol, se distingue cuatro grupos diferentes; el primero, el tratamiento 100% biol con 14.22 macollos en promedio; el segundo con 0% biol un promedio de 12.72 macollos; el tercer tratamiento de 50% biol obtuvo un promedio de 11.98 macollos y el último con 75% biol, llegando a un promedio de 11.48 macollos, siendo estas estadísticamente diferentes, a la cantidad de fertilización del biol, por la calidad y variedad de semilla certificada de avena ya que la fisiología de la planta tiene la rapidez y la facilidad del rebrote, debido que acumula reservas en la raíz que extraen nutrientes minerales del suelo y la corona produce nuevos macollos y hojas.

Esto concuerda con López y Vargas (2012), quienes indican que el 100% biol obtuvo 13.53 macollos, mientras el 75% biol con 13.23, el tratamiento 50% biol llegó a 11.63 y el 0% biol con 10.50 macollos.

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

**Cuadro 11. Análisis de varianza de número de macollos**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloques	4	10.00	2.50	0.66	0.6318 NS
Tratamientos	3	21.38	7.12	1.88	0.1867 NS
Error	12	45.49	3.79		
Total	19	76.88			
Promedio	12.60				
CV%	15.45				

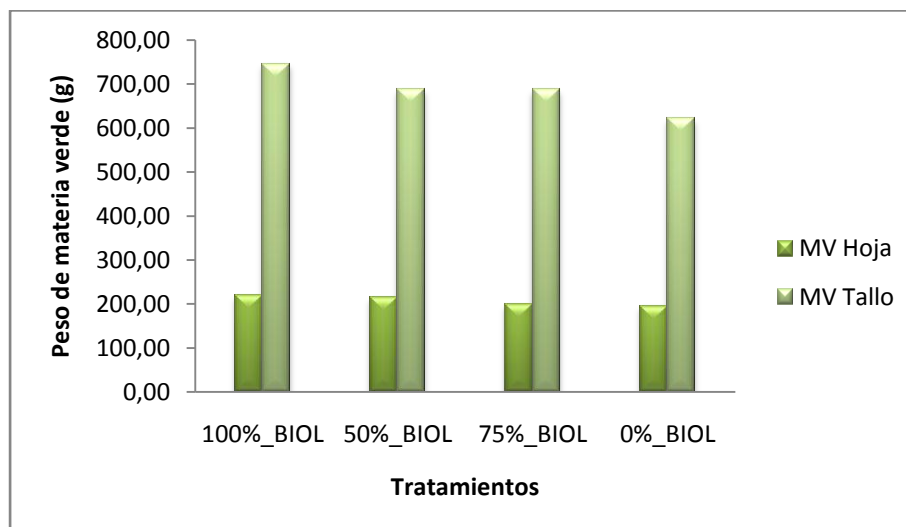
(NS) = No significativo estadísticamente al 5%

En el cuadro 11, se determina al 5% de significancia donde la dosis de fertilización de biol presenta el valor de probabilidad de 0.1867 es mayor a 0.05. No existen diferencias altamente significativas en el número de macollos de planta, posiblemente sea a la fisiología de la planta ya que acumula reservas en la raíz que extraen nutrientes minerales del suelo y que el biol no se aplicó en macollos solo en hojas. El coeficiente de variación de 15.45% indica que los valores analizados son buenos, estando dentro del margen de aceptación y un promedio general de 12.60 macollos.

Por otro, lado similar resultado obtuvo aplicando nitrógeno en avena con un número de 14 macollos por planta en promedio (Apaza, 2008).

### 4.3. Variables de rendimiento

#### 4.3.1. Relación hoja/tallo



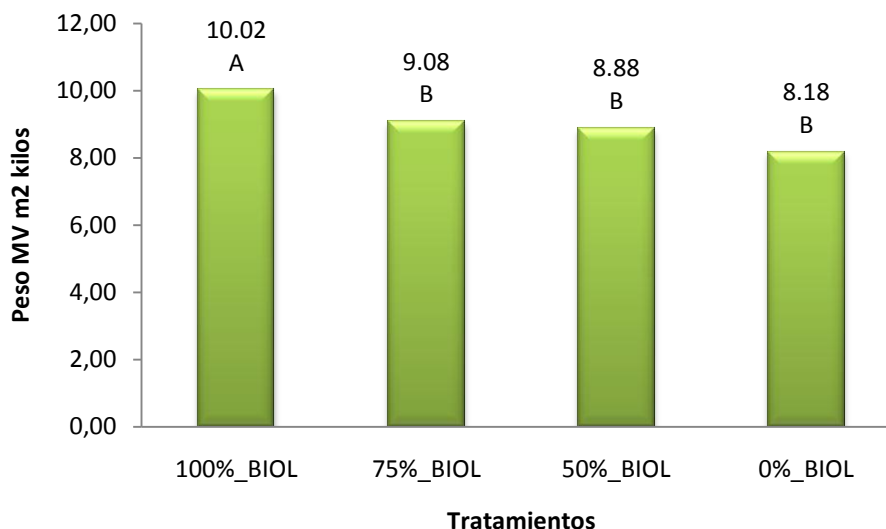
**Figura 10. Relación hoja/tallo de materia verde con la aplicación de biol**

Los promedios de relación hoja/tallo para el tratamiento 100% biol, en materia verde de tallo fue de 745.40 g; el 50% biol, con 688 g; en 75% biol con 687.80 g, el último 0% biol, fue de 622.40 g de tallo.

Los promedios de relación hoja/tallo para el tratamiento 100% biol, en materia verde de hoja con 219.60 g; el 50% biol con 215 g el tercero 75% biol con 199.20 g y el último tratamiento 0% biol; con un promedio de 195 g de hoja.

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

### 4.3.2. Rendimiento de materia verde



**Figura 11. Prueba de Duncan para materia verde con la aplicación de biol**

Los resultados de la prueba de comparación de Duncan para los tratamientos de fertilización con biol, muestran diferencias en materia verde; primer lugar con 10.02 kg para 100% biol; segundo con 9.08 kg para 75% biol; el tercero con 8.88 kg para 50% biol y el último tratamiento con 8.18 kg que es 0% biol. Se formulan dos grupos representados por las letras (Duncan), el primer grupo está formado por el tratamiento 100% biol dándoles la letra A, un segundo grupo formado por los tratamientos 75% biol; 50% biol y 0% biol, representados por la letra B.

Similar resultado obtuvo López y Vargas (2012), con aplicación del 100% biol teniendo obtuvieron 9.23 kg m<sup>2</sup>, 75% biol con 8.30 kg m<sup>2</sup>, el 50% biol llegó a 8.23 kg m<sup>2</sup> y el 0% biol con 8.10 kg m<sup>2</sup> de materia verde. Por otro lado, Gutiérrez (2012), obtuvo en cebada aplicando 100% biol en materia verde de 5.2 kilos m<sup>2</sup> el testigo sin biol presentó un promedio de 3.4 kilos m<sup>2</sup>.

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

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

**Cuadro 12. Análisis de varianza de materia verde**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloques	4	2.58	0.64	0.60	0.6666 NS
Tratamientos	3	8.63	2.87	2.70	0.0928 *
Error	12	12.80	1.06		
Total	19	24.02			
Promedio	9.04				
CV (%)	11.42				

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

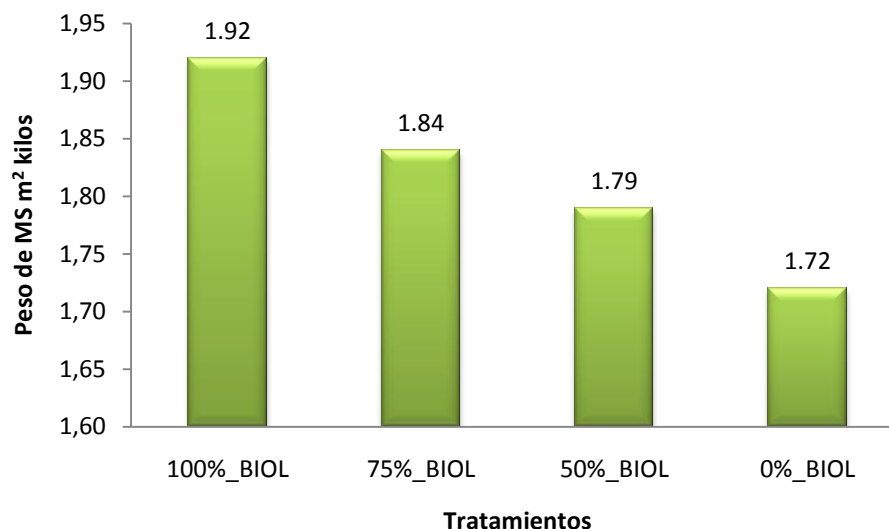
En el cuadro 12, se determina que al 5% de significancia de los tratamientos con la dosis de fertilización de biol presenta el valor de probabilidad de 0.0928 que es mayor a 0.05. Se puede afirmar que no se tienen diferencias significativas en el rendimiento de materia verde de avena en los cuatro tratamientos de biol. El coeficiente de variación de 11.42% indica que los valores analizados son buenos, estando dentro del margen de aceptación y un promedio general de materia verde de 9.04 kg los cuales muestran que cada tratamiento no tiene un comportamiento distinto al otro.

Al respecto Mattos (2000), indica la insuficiencia de nitrógeno, debilita el macollamiento de las gramíneas, reduce el periodo vegetativo. Fisiológicamente la influencia de la fertilización nitrogenada en macollamiento de la planta de avena se explica de siguiente manera; los niveles altos de nitrógeno tienen una influencia importante en la actividad meristemática.

Parsons (1989), menciona que el cultivo requiere de una cierta cantidad de nutrientes. En los cereales los nutrientes de mayor importancia son el N – P – K, en cantidades de 40 a 200 kg de nitrógeno, entre 20 a 60 kg de fósforo y hasta 40 kg de potasio por hectárea.



### 4.3.3. Rendimiento de materia seca



**Figura 12. Determinación de materia seca con la aplicación de biol**

La figura 12, indica que estadísticamente son diferentes los tratamiento 100% biol con 1.92 kg; el segundo con 75% biol que alcanzó un promedio de 1.84 kg; el tercero fue 50% biol que obtuvo un promedio de 1.79 kg y el ultimo tratamiento fue de 0% biol que llego a un promedio de 1.72 kg. Esto se debe a la cantidad de biol y la disponibilidad de macro nutrientes y micronutrientes que contienen el biol, de 0.054% de nitrógeno favoreciendo al incremento de altura de planta. Por otro lado Gutiérrez (2012), obtuvo aplicando 100% biol en materia seca de 1.28 kg m<sup>2</sup> el testigo sin biol presentó un promedio de 0.83 kg m<sup>2</sup> en la comunidad San Cristóbal, provincia Los Andes.

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

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

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

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloques	4	0.10	0.02	0.64	0.6431 NS
Tratamientos	3	0.10	0.03	0.84	0.4990 NS
Error	12	0.49	0.04		
Total	19	0.70			
Promedio	1.82				
CV (%)	11.14				

(NS) = No significativo estadísticamente al 5%

En cuadro 13, muestra resultados al 5% de significancia de los tratamientos de fertilización de biol donde la probabilidad es 0.4990 que es mayor a 0.05, se puede afirmar que no se tienen diferencias significativas en el rendimiento de materia seca. El coeficiente de variación es de 11.14% indica que los valores analizados esta en rango de aceptación, y un promedio general de metería verde de 1.82 kg muestran que no tiene diferentes comportamientos en relación a cuatro tratamientos de biol Calzada (1982) indica que el valor menor al 30% porcentaje es considerado como límite para trabajos de campo.

Por otro lado, Apaza (2008), indica que con una densidad de siembra de 80 kg/ha de avena y con 240 kg de nitrógeno por hectárea se obtuvo de 2.3 kg por m<sup>2</sup> de materia seca.

#### **4.4. Variables de análisis económico**

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

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

#### 4.4.2. Ingresos netos

**Cuadro 14. Comparación de ingresos netos de los tratamientos**

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento en Kilos</b>	<b>Rendimiento Ajustado (5%)</b>	<b>Precio Bs/unidad</b>	<b>IB Bs/kilos</b>	<b>CP Bs/kilos</b>	<b>IN Bs/kilos</b>
T1 0% biol	7852.2	7459.5	0.50	3729.7	1635	2094.7
T2 50% biol	8524.8	8098.5	0.50	4049.2	1755	2294.2
T3 75% biol	8716.8	8280.9	0.50	4140.4	1805	2335.4
T4 100% biol	9619.2	9138.2	0.50	4569.1	1855	2714.1

El cuadro 14, muestra los promedios en rendimiento de los tratamientos en kg, posteriormente, 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, además se comercializó en la misma comunidad para la alimentación de ganado lechero.

También se puede observar los ingresos brutos, calculados por el precio de venta que fue de Bs. 0.50 /kg de avena. El precio de venta fue igual para todos los tratamientos.

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

La última columna, es la más importante, porque muestra los ingresos netos donde se observa que el 100% biol reportó mayor ingreso de Bs. 2714.1 debido a costo mayor de producción esto se debe a la cantidad de biol en cada tratamiento en el cultivo de avena.

#### 4.4.3. Relación beneficio/costo

**Cuadro 15. Relación beneficio/costo y análisis de dominancia**

<b>Tratamientos</b>	<b>IB Bs/kilos</b>	<b>CP Bs/kilos</b>	<b>IN Bs/kilos</b>	<b>B/C</b>
T1 0% biol	3729.7	1635	2094.7*	2.281
T2 50% biol	4049.2	1755	2294.2*	2.307
T3 75% biol	4140.4	1805	2335.4*	2.293
T4 100% biol	4569.1	1855	2714.1*	2.463

(\*) Tratamiento no dominado

El cuadro 15, los resultados en penúltima columna de beneficio costo son mayores a la unidad de 1; significando que se recupera prácticamente la inversión, con la aplicación de 0% biol, 50% biol y 75% biol pero el mejor tratamiento fue el 100% biol donde se obtuvo un resultado de 2.463, es decir de cada Bs. 1 invertido se obtiene Bs. 1.463. Por tanto, se indica que la aplicación del 100% biol es lo más mejor para la producción forrajera de avena.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo los resultados obtenidos se concluyo con los siguientes:

La influencia de biol en el cultivo de avena induce al mejor desarrollo en las plantas, se percibe en el rendimiento, la altura de la planta, número de macollos. A mayor aplicación de biol, mayor incremento.

La mayor altura de planta fue para el tratamiento T4 100% biol con 137.60 cm, seguido por el tratamiento T2 50% biol con un promedio de 128.86 cm el tratamiento T3 75% biol obtuvo 127.86 cm y el último el tratamiento T1 0% biol con un promedio de 125.52 cm de altura de la planta.

El mejor tratamiento fue T4 100% biol con 14.22 macollos en promedio; el segundo tratamiento fue T1 0% biol con 12.72 macollos, el tercer tratamiento T2 50% biol que obtuvo 11.98 macollos y el último tratamiento T3 75% biol con un promedio de 11.48 macollos.

La mayor producción de materia verde por m<sup>2</sup> tuvo mejores y mayores rendimientos; el tratamiento T4 100% biol con 10.02 kg promedio; segundo tratamiento T3 75% biol con 9.08 kg; el tercer tratamiento T2 50% biol con 8.88 kg y el T1 0% biol con 8.18 kg.

El mejor rendimiento de materia seca por m<sup>2</sup> se obtuvo con el tratamiento T4 100% biol con 1.92 kg; el segundo tratamiento T3 75% biol con 1.84 kg; el tercero tratamiento T2 50% biol con un promedio de 1.79 kg y el T1 0% biol con 1.72 kg.

De acuerdo al análisis económico se establece que el tratamiento fue el T4 100% biol con Bs. 1855/240 m<sup>2</sup>; seguido del tratamiento T3 75% biol con Bs. 1805/240 m<sup>2</sup>; el tratamiento T2 50% biol con Bs. 1755/240 m<sup>2</sup> y como el menor costo total fue con el tratamiento T1 0% biol con Bs.1635/240 m<sup>2</sup>.

Los resultados de la relación beneficio/costo B/C > 1 de los 4 tratamientos son mayores a la unidad de 1, significando que son altamente rentables, el tratamiento 100% biol fue el mejor con 2.463 de B/C, con ello se recupera prácticamente la inversión con la aplicación de biol en la producción de avena.

## **6. RECOMENDACIONES**

Después de haber realizado el trabajo experimental se recomienda lo siguiente:

El biol se debe aplicar en la producción de avena con la concentración de 100% biol, 50% y 75% biol porque presentó mejores características agronómicas con los más altos rendimientos de materia verde y seca en la producción de forraje de avena.

Realizar estudios experimentales complementarios bajo las mismas condiciones de 100% biol, 75% biol y 50% biol en otros cultivos forrajeros, y con el fin de validar los resultados obtenidos recomendar, los tratamientos adecuados para el cultivo.

Se considera importante realizar estudios sobre la frecuencia de aplicación de biol en el cultivo de avena para ver los efectos y de esa manera aportar con mayor información para el desarrollo de producción de este cultivo.

Aplicar el biol directamente en el suelo, surco o semilla ya sea por riego o inundación y por aspersion foliar en los cultivos forrajeros para que sea mejor.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Apaza, R. 2008. Respuesta a la fertilización nitrogenada y densidad de siembra de la avena (*avena sativa L.*) en la Provincia Ingavi. Tesis Lic. Ing. Agr. UMSA. La Paz – Bolivia. 16 – 17 p.
- Alanoca, C. S. 2006. Efecto de la fertilización con biol en el cultivo ecológico de la estevía (*Stevia rebaudiana*). Tesis grado, Facultad de agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 12 p.
- Alcocer, *et al.*, 1990. Evaluación de línea de avena forrajera en el altiplano andino. Informe anual. Estación Patacamaya. La Paz, Bolivia 1 - 14 p.
- Ayaviri, R. 1996. Estudio de cuatro profundidades de Walipinis en la producción hortícola en invierno, Contorno Letanías. Tesis Ing. Agr., Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). La Paz, Bolivia. 168 p.
- Brechelt, A. 2004. Manejo ecológico del suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). 1<sup>ra</sup> ed. República Dominicana. p 28.
- Bidwell, R. G. S. 1992. Fisiología vegetal Ed. AGT. México. 95 – 340 p.
- Brock y Madigan, 1984. Microbiología. México. D.F. Ed: Trilla. 179 p.
- Cavasa, 2007. Portal en agricultura. Bioabono (en línea). Consultado el 1 de octubre de 2012. Disponible en <http://www.cavasa.com.co/html/bioabono.htm>
- Calzada, B. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. 5<sup>ta</sup> Ed. Lima, Milagros S. A. 64 p.
- Catarí, B. 2001. Evaluación del rendimiento de avena forrajera de cinco variedades con abonamiento de estiércol de ovino en el altiplano central. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. UMSA. 76 – 78 p.
- Callizaya, O. 1999. Influencia de la introducción de Suka Kollos sobre la organización de la producción ganadera en la comunidad Achuta Grande, Provincia Ingavi. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. UMSA. 153 p.

- CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Consultado 10 julio 2012. México, D.F. p.79.
- Crespo, 2003. Estudio introducción de variedades de avena en Choquenaira en la Estación Experimental de Choquenaira. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. 5 – 25 p.
- Duran, J. O. 2001. Efecto de tres niveles de nitrógeno en el comportamiento agronómico de cultivares de avena forrajera (*Avena sativa L.*) Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – BO, EMI, 5 – 25 p.
- Fernando, A. 2010. Preparación y uso de biol. Soluciones Prácticas ITDG tecnologías desafiando la pobreza. Biblioteca Nacional Lima Perú. Consultado 10 julio 2012. [www.solucionespracticas.org](http://www.solucionespracticas.org)
- Grace, B. 1985. El Clima del Altiplano. 2ª Ed. Puno, Perú Ed. Ministerio de Agricultura 213 p.
- García, A. 2007. Manual de producción y paquete tecnológico de avena (*Avena sativa*) Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 26 Norte 1202, Edificio “B”, Col. Humboldt. Correo electrónico: [cadenasproductivas@sdr.gob.mx](mailto:cadenasproductivas@sdr.gob.mx)
- Gloria, S.A. 1989. Construcción de biodigestores y uso de bioestimulantes, Biol, Biosol. Acosta Editores e Impresores S.A. Folleto Técnico, Arequipa – Perú. 12 p.
- Gutiérrez, L. 2012. Efecto de dosis y frecuencia de aplicación de biol en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en la comunidad San Cristóbal, provincia Los Andes. Tesis grado. Universidad Católica Boliviana (UAC Tiahuanaco). La Paz, Bolivia. 41p.
- Gutiérrez, F. 2000. Uniformización de técnicas y criterios de investigación, metodología de evaluación en cereales menores forrajeros, Proyecto Rhizobiología Bolivia, (CIF UMSS SEFO), Centro de investigación en forrajes “La Violeta” Cochabamba Bolivia. 21 - 28 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.
- Gomero, 1999. Manejo ecológico de suelos, Conceptos y técnicas. Ed. Grafica Estefany. Lima Perú. 189 – 201 p.
- INFOAGRO, 2011. Agro. Información Avena, cultivo y manejo. San José C.R. consultado el 10 de marzo de 2011 disponible en [hh://www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)
- INIAF - Bolivia. (s.f.) Tecnología de producción de Avena forrajera de riego en el altiplano Potosino Tecnología No.8 Campo Experimental: Campo San Luis Distrito de Desarrollo Rural: 126,127 y 128 Ciclo: Otoño-Invierno Condición de Humedad: Riego, Potosí Bolivia.
- INE, 2011. (Instituto Nacional de Estadística), Ubicación geográfica del municipio de Puerto Pérez. (En línea). La Paz, Bolivia, Consultado 20 julio 2012. Disponible en [http://www.ine.org.bo/anuario\\_2000](http://www.ine.org.bo/anuario_2000)
- 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.
- Jutzi, S. *et al.*, 1979. La productividad de la avena (*Avena sativa*) en forraje en tres épocas del año. Experiencias en cultivos forrajeros II.
- Lizarro W. 2005. Guía de estudio mis apuntes de botánica general, Botánica de plantas superiores raíz, tallo y hoja. carrera de Ingeniería Agronómica, La Paz Bolivia. 2 – 4 p.
- López C. y Vargas V. 2012. Biosfera. Revista de Ciencia y Tecnología Vol. 1 N° 1, 2012. IINEA. Efecto de tres niveles de fertilización con biol en el cultivo de avena en la época de lluvia (*avena sativa L.*), en cantón Aygachi Comunidad Kenakahua. UPEA. La Paz Bolivia, 40 – 47 p.
- Mamani, P. *et al.*, 1999. Memoria de la quinta reunión boliviana de rizobiología y leguminosas. Sucre, 13 al 15 de octubre de 1999. Comportamiento agronómico de seis cultivares forrajeros de avena en siembra pura y asociada con veza en

condiciones de altura, (CEAC-UTO, CIF-UMSS), informático, Cochabamba, Bolivia, E:\Memorias5\22.htm.

- Mamani, E. 2006. Efecto de la aplicación de abonos en el cultivo de lechuga variedad suiza, en la localidad de Ventilla. Tesis Lic. Ing. Agr. UMSA. La Paz – Bolivia. 24 – 61 p.
- Mattos, G. 2000. Apuntes de fisiología vegetal. UMSA Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia.
- Medina, V.A. 1990. El biol fuente de fitoestimulantes en el desarrollo agrícola, Curso Taller, Proyecto Biogas UMSS-GTZ. Cochabamba – Bolivia. 99 p.
- Meneses, R. 1989. Memoria de la quinta reunión boliviana de rizobiología y leguminosas. Sucre, 13 al 15 de octubre de 1999. Asociación Boliviana de Rizobiología y Leguminosas (Abril), informático, Cochabamba, Bolivia. E:\Memorias5\27.htm.
- Mendieta, H. 1979. Rendimiento de cebada en suelos previamente cultivados con alfalfa en la VI reunión nacional de pastos y forrajes y IV reunión nacional de ganadería, Trinidad, BO. 133-138 p.
- 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.
- Martínez, A. 1990. Biogás: energía y fertilizantes a partir de desechos orgánicos. Manual para el promotor de la tecnología. Cuernavaca, México 7-27 p.
- Maydana, R. 2007. Enciclopedia, Enfermedades de cultivos agrícolas, Enfermedades del cultivo de avena, La Paz Bolivia. 33 p.
- Morales y Bautista R. 1990. REVISTA DE AGRICULTURA, Aplicación de biol como fuente de fitoreguladores orgánicos en el cultivo de la fresa (*Fragaria virginiana*), compilación electrónica de 32 números (1943 - 2004) • v. 1.0, revista 17., Becarios, Proyecto BIOGAS - UMSS – GTZ, Cochabamba Bolivia.

- Mariscal, A. 1992. Agroclimatología. SENAMI. Universidad Autónoma Tomas Frías. Oruro – Bolivia. 256 p.
- Morrison, F. 1992. Compendio de alimentación de ganado. México Ed. UTHEA. 721 p.
- Montes de oca, I. 2005. Enciclopedia geográfica de Bolivia. 1<sup>ra</sup> ed. Editorial Atenea S.R.L. La Paz, Bolivia. pp. 142-143.
- Muslera, P. y Ratera, C. 1984. Praderas y Forrajes. Ed. Mundi - Prensa. Madrid, España. 635 y 636 p.
- Muslera, E. y Ratera, G. 1991. Praderas y forrajes: Producción y aprovechamiento. Ed. Mundi - Prensa, Madrid, España. 675 p.
- Ochoa, R. 2009. Diseños Experimentales. 1<sup>o</sup> ed. La Paz, Bolivia. 51 – 71 p.
- Ochoa, T. 2008. Evaluación de variedades de avena en diferentes niveles de abonamiento orgánico en el altiplano central. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. UMSA. 3 - 14 p.
- Paco, G. 2012. Biodigestores familiares, Biol. La Paz, Bolivia. 15 diapositivas son.,+1 Cd (18 min.), color.
- Parsons, D. 1989. Trigo, Cebada, Avena. México Ed. Trillas 12 – 15 p.
- Parsons, D. 1991. Trigo, Cebada, Avena. México Ed. Trillas 12 – 15 p.
- 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.
- Parsons, D. 1994. Manuales para educación agropecuaria trigo, cebada, avena. 2<sup>da</sup> ed. Ed. Trillas. México. 58 p.
- Plan de Desarrollo Municipal Pucarani (2007-2011) Cartilla de difusión Pucarani – Bolivia.
- PROLAGO-USAID. 2012. Manejo de Biodigestor Phuru Manqiri. Manejo de la Contaminación en El Eje Hidrográfico El Alto – Lago Titicaca. La Paz – Bolivia 3 – 13 p.

- Prieto, G. 1990. Ensayo comparativo de forrajes anuales en tres localidades del altiplano. Asociación de producción animal. IBTA. X Reunión nacional de ABOPA. La Paz. La Paz – Bolivia. 125 – 129 p.
- Quino, 2007. (Apuntes de fertilidad de suelos). Manual de Elaboración de Abonos Orgánicos, UMSA.
- Quispe, Q. 1999. Estudio comparativo de variedades de avena (*Avena Sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) y triticale (*Triticum aestivum* x *Secale cereale*) en la localidad de Choquenaira. Tesis Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). La Paz, Bolivia. pp. 47-49.
- Rojas, G.M., 1988. Manual Teórico - Práctico de herbicidas y fitorreguladores. Segunda Edición Noriega Editores, México D.F. 145 p.
- Robles, R. 1990. Producción de granos y forrajes. Quinta edición. Editorial Limusa. México. 299 – 317 p. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. UMSA. 14 p.
- Serrano, T. 2009. Curso – taller. Construcción de biodigestores y uso del biol. Universidad Pública de El Alto, La Paz Bolivia. 2 – 24 p.
- SEFO, 2000. Empresa de Semillas Forrajeras, Semillas de calidad para pasturas y forrajes de calidad, folleto, Cochabamba Bolivia. 1 – 6 p.
- SEFO, 2009. Empresa de Semillas Forrajeras SEFO, Semillas de calidad para pasturas y forrajes de calidad, semillas forrajeras.htm actualizado web máster, Cochabamba Bolivia. 1 p.
- Squella y Ormeño, 2007. Capítulo 2, La avena como cultivo forrajero NR34674.pdf, Chile INIA Rayentue y La Platina. 19 p.
- SENAMHI. 2012. Centro de información meteorológica. (En línea). La Paz, Bolivia, Consultado 18 agosto 2012. Disponible en <http://www.senamhi.org.bo>
- Ticona, A. 2006. Efectos de la aplicación fraccionada de nitrógeno y densidad de siembra en el comportamiento agronómico del triticale (*triticum secale* W.) en Tiahuanaco. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz – Bolivia. UMSA. 22 p.

# ANEXOS

## Anexo 1. Datos climáticos del ciclo agrícola de 2011 a 2012

### Cuadro 16. Datos temperatura

Meses	Máxima °C	Mínima °C	Media °C
Julio	14.7	-5.4	4.6
Agosto	16.7	-4.1	6.3
Septiembre	17.0	-1.1	7.9
Octubre	17.8	0.1	8.9
Noviembre	19.0	2.3	10.6
Diciembre	16.5	4.0	10.2
Enero	15.3	4.3	9.8
Febrero	14.8	3.9	9.3
Marzo	15.4	2.8	9.1
Abril	15.6	1.5	8.5
Mayo	15.8	-4.4	5.6
Junio	14.8	-7.0	3.9

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2012)

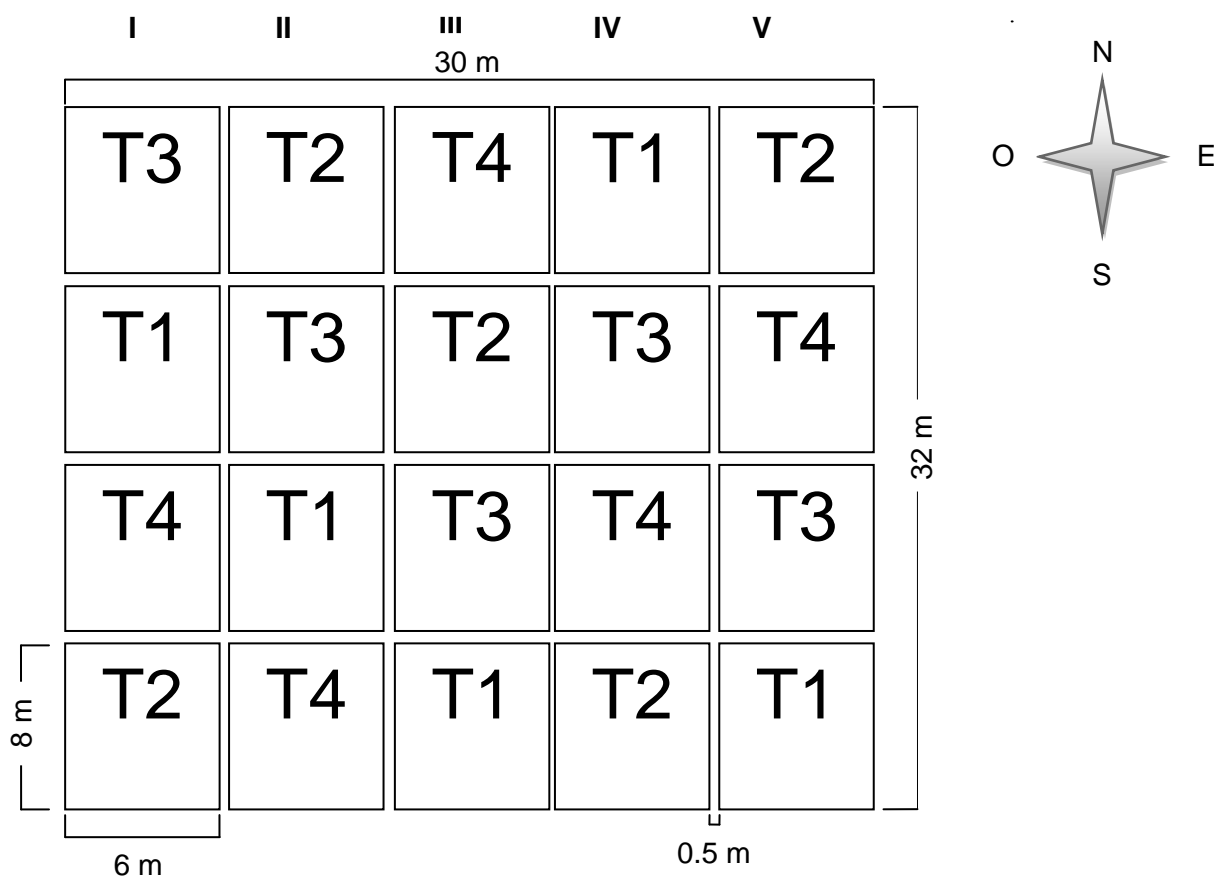
### Cuadro 17. Datos de precipitación

Meses	Precipitación (mm)
Julio	12.3
Agosto	0.0
Septiembre	16.1
Octubre	12.0
Noviembre	39.1
Diciembre	131.0
Enero	113.2
Febrero	105.0
Marzo	132.7
Abril	41.2
Mayo	0.0
Junio	0.0

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2012).

## Anexo 2. Croquis del experimento cantón Aygachi comunidad Kenakahua Alta

### LOS TRATAMIENTOS EN LOS BLOQUES



#### a) Área experimental

Área total :	960 m <sup>2</sup>
Área de cada bloque :	192 m <sup>2</sup>
Numero de bloques :	5
Ancho de pasillo :	0.50 m

#### b) Área de la unidad experimental

Área total :	48 m <sup>2</sup>
Largo de surco :	8 m
Distancia entre surcos :	0.4 m
Nº de surco por parcela :	15

### Anexo 3. Costos de producción para el cultivo de avena

<b>Detalle</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total Bs.</b>
<b>Costos fijos</b>				
<b>Insumos</b>				<b>250</b>
Semilla de avena SEFO	Bolsa	1	250	250
<b>Herramientas</b>				<b>765</b>
Mochilá fumigadora	Mochilá	1	350	350
Hoz	Pieza	1	50	40
Carretilla	Unidad	1	320	320
Valdez	Tacho	2	25	40
Cinta métrica 10m	pieza	1	15	15
<b>Mano de obra</b>				<b>380</b>
Roturado de suelo	960 m <sup>2</sup>	1	150	150
mullido de suelo	960 m <sup>2</sup>	1	150	150
Yunta para sembrado	960 m <sup>2</sup>	1	80	80
<b>Labores culturales</b>				<b>240</b>
Deshierbado	Hora	8	5	40
Segado de forraje	Jornal	1	100	100
Almacenado de forraje	Jornal	1	100	100
<b>Total costos fijos</b>				<b>1635</b>
<b>Costos variables</b>				
Fertilización con biol	Hora	12	5	60
T1 0% BIOL				
T2 50% BIOL	Litro	40	2.5	100
T3 75% BIOL	Litro	60	2.5	150
T4 100% BIOL	Litro	80	2.5	200
<b>Costo totales</b>				
<b>Costos fijos + T1</b>				<b>1635</b>
<b>Costos fijos + T2</b>				<b>1755</b>
<b>Costos fijos + T3</b>				<b>1805</b>
<b>Costos fijos + T4</b>				<b>1855</b>

Fuente: Elaboración propia



## Anexo 4. Análisis físico químico de suelos

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



Informe de Ensayo: S 55/11

Página 1 de 1

### INFORME DE ENSAYO DE SUELOS 55/11

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

### Resultado de Análisis

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

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

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

La Paz, marzo 11 de 2011

  
Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



## Anexo 5. Análisis químico de biol

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



Informe de Ensayo: MO 41/11

Página 2 de 2

### INFORME DE ENSAYO EN MUESTRA ORGÁNICA MO 41/11

Cliente:	PROLAGO - USAID
Solicitante:	Sr. Juan Carlos López Cantuta
Dirección del cliente:	El Alto, Zona San Juan, C/ Yuro # 1055
Procedencia de la muestra:	Kenakahua
	Provincia: Los Andes
	Departamento: La Paz
	Zona Sapa Pujro
Punto de muestreo:	Sr. Juan Carlos López Cantuta
Responsable del muestreo:	26 de agosto de 2011
Fecha de muestreo:	11:15
Hora de muestreo:	29 de agosto de 2011
Fecha de recepción de la muestra:	Del 29 de agosto al 13 de septiembre, 2011
Fecha de ejecución del ensayo:	Biol (muestra líquida)
Caracterización de la muestra:	Simple
Tipo de muestra:	Botella plástica de 2 litros
Envase:	41-1
Código LCA:	1
Código original :	

### Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	1 41-1
pH	EPA 150.1		1 - 14	7,2
Fósforo total	EPA 365.2	mgP-PO <sub>4</sub> /l	0,010	84
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	534
Materia orgánica	Calcinación	%	0,50	0,71
Cenizas	Calcinación	%	0,050	0,29
Sodio total	Microwave Reaction System/EPA 273.1	mg/kg	0,40	86
Potasio total	Microwave Reaction System/EPA 258.1	mg/kg	8,0	307
Calcio total	Microwave Reaction System/EPA 215.1	mg/kg	8,0	259
Magnesio total	Microwave Reaction System/EPA 243.1	mg/kg	8,0	212,0
Cobre total	Microwave Reaction System/ EPA 220.2	mg/kg	0,056	0,15
Hierro total	Microwave Reaction System/EPA 236.2	mg/kg	0,10	35
Manganeso total	Microwave Reaction System/ EPA 239.2	mg/kg	0,20	2,5
Cinc total	Microwave Reaction System/ EPA 289.2	mg/kg	0,30	1,3


Método de ensayo: Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

Equipo: Espectrofotómetro de Absorción Atómica- Horno de Grafito de Perkin Elmer - Analyst 700

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, octubre 27 de 2011

  
Ing. Jaime Chincheros Panigagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c.: Arch.  
JCH/LCA





**Figura 13. Preparación y nivelación del terreno**



**Figura 14. Siembra de avena con yunta**



**Figura 15. Biodigestor en producción**





**Figura 16. Preparación de estiércol más agua para biodigestor**



**Figura 17. Cosecha de biol para la aplicación foliar**



**Figura 18. Muestreo de biol para su análisis en laboratorio**



**Figura 19. Aplicación foliar de biol en el cultivo de avena**



**Figura 20. Cosecha de forraje con segadora**



**Figura 21. Picado y compactado de forraje para ensilaje**





**Figura 22. Conteo de macollos por planta**



**Figura 23. Medición de altura de la planta**



**Figura 24. Muestreo al azar y determinación de materia verde por parcela**



**Figura 25. Secado de materia verde en el laboratorio**



**Figura 26. Alimentación con ensilaje de avena en ganado lechero en época seca**