

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



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE DOS CONCENTRACIONES DE BIOL EN CUATRO FASES  
FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) EN EL  
ALTIPLANO NORTE**

**RICHARD QUINO VARGAS**

**LA PAZ - BOLIVIA**

**2016**

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

**EFFECTO DE DOS CONCENTRACIONES DE BIOL EN CUATRO FASES  
FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE CEBADA (*Hordeum vulgare L.*) EN EL  
ALTIPLANO NORTE**

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

**RICHARD QUINO VARGAS**

**ASESORES:**

Ing. Agr. Freddy Carlos Mena Herrera .....

Ing. Agr. Willams Alex Murillo Oporto .....

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

Ing. M. Sc. Eduardo Chilon Camacho .....

Ing. Rafael Murrillo García .....

Ing. Bernardo Ticona Contreras .....

**APROBADA**

**Presidente Tribunal Examinador:**

.....

LA PAZ – BOLIVIA

- 2016 -

# ***Dedicatoria***

A:

*Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.*

*Mi madre Juana Vargas Alaro, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y porque siempre me apoyaste. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto te lo debo a ti.*

*Mi padre Exaltación Porfirio Quino Vargas (QEPD) por quererme y apoyarme siempre, esto también se lo debo a usted.*

*Mis hermanos, Natalio, Bruno Abad y Santos, por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.*

*Mi sobrino, Yercó Reymer, para que veas en mí un ejemplo a seguir y superar.*

*Todos mis amigos, Cancio, Rubén, Humberto, Gonzalo Quispe, Luis, Wilder, Rodrigo, Cleto, Iván, Isias, Alcira, Helen, Gregoria, Rosario, Gabriela Flores, Pamela, Beatriz, Gladys, Yilda Cindel, Lidia, Araceli y Gabriela Aldana, por compartir los buenos y malos momentos.*

*A la E.S.F.M. Andrés de Santa Cruz de Calahumana, “Especialidad Agropecuaria”*

*Todos aquellos familiares y amigos que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.*

# ***Agradecimientos***

*En primer lugar le doy gracias a Dios, por haberme dado la vida y fuerza; cuando ya no podía más, él me levantado dándome la sabiduría para concluir este trabajo.*

*Agradezco la confianza y el apoyo brindado durante todo este tiempo a mi mamá Juana Vargas Alaro, por sus consejos y oraciones.*

*Mi más profundo agradecimiento a la persona que me impulso durante la trayectoria de la vida Universitaria aun en mi tesis, a esa persona tan especial, mi estimada Lic. Patricia Barrera Vïno.*

*A mis asesores de tesis al Ing. Freddy Carlos Mena e Ing. Alex Murillo por el constante apoyo profesional y por las orientaciones brindadas durante el desarrollo del trabajo.*

*A los miembros del tribunal revisor, Ing. MSc. Eduardo Chilon Camacho, Ing. Rafael Murillo García e Ing. Bernardo Ticono Contreras; las acertadas sugerencias y correcciones realizadas en el presente trabajo.*

*Un sincero agradecimiento al equipo del programa LDP, y en especial a mi grupo de apoyo “Solaida, Bertha, Lilian y Esther”.*

*Sinceros agradecimiento a la Facultad de Agronomía a los docentes y a los personales administrativos, por los conocimientos impartidos, quienes hicieron posible mi formación profesional.*

*Gracias Ing. Cleto Yanarico, por su incondicional apoyo.*

*Que Dios los bendiga.....*

## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b><u>I</u></b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b><u>VI</u></b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b><u>VIII</u></b>
<b>ANEXO</b> .....	<b><u>IX</u></b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b><u>X</u></b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo General .....	2
1.1.2. Objetivos Específicos .....	2
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
2.1. La cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	3
2.1.1. Origen .....	3
2.2.2. Distribución.....	3
2.2.3. Importancia y utilización de la cebada forrajera .....	4
2.2.4. Clasificación taxonómica.....	4
2.2.5. Características botánicas .....	5
2.2.6. Estado de desarrollo .....	6
2.2.7. Principales fases de crecimiento .....	7
2.2.8. Requerimientos agroecológicos de la cebada.....	8
2.2.8.1. Suelo.....	8
2.2.8.2. Clima.....	9
2.2.8.3. Niveles de fertilización .....	10
2.2. Abonos líquidos orgánicos.....	10
2.2.1. El estiércol de animal .....	11
2.2.2. El estiércol de ovino como fertilizante orgánico.....	12
2.3. El biol.....	13
2.3.1. Ventajas de biol.....	13
2.3.2. Desventajas del biol .....	14
2.3.3. Elaboración del biol .....	14

2.3.4. Proceso de la digestión anaeróbica .....	15
2.3.4.1. Bacterias que intervienen en el proceso de digestión .....	15
2.3.4.1.1. Bacterias hidrolíticas .....	15
2.3.4.1.2. Bacterias acetogénicas .....	16
2.3.4.1.3. Bacterias homoacetogénicas .....	16
2.3.4.1.4. Bacterias metanogénicas .....	16
2.3.5. Etapas de digestión anaeróbica .....	16
2.3.5.1. Hidrólisis y fermentación .....	16
2.3.5.2. Acetogénesis y deshidrogenación .....	17
2.3.5.3. Metanogénesis .....	17
2.3.6. Proceso de fermentación del biol .....	17
2.3.7. Composición química del biol .....	19
2.3.8. Funciones del biol .....	21
2.3.9. Manejo y uso del biol .....	24
2.3.9.1. Biol al follaje .....	24
2.3.9.2. Biol a las raíces .....	25
2.3.9.3. Biol al suelo .....	25
<b>3. LOCALIZACIÓN .....</b>	<b>26</b>
3.1. Ubicación territorial política .....	26
3.2. Ubicación geográfica .....	26
3.3. Condiciones climáticas .....	26
3.4. Suelo .....	28
3.5. Vegetación .....	28
3.6. Actividad agrícola .....	28
3.7. Actividad pecuaria .....	28
<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>29</b>
4.1. Materiales .....	29
4.1.1. Material biológico .....	29
4.1.2. Materiales del campo experimental .....	30
4.1.3. Materiales para la elaboración del biol .....	30
4.1.4. Materiales de gabinete .....	30

4.1.5. Características del suelo en el área de estudio.....	31
4.1.5.1. Propiedades químicas y biológicas .....	31
4.1.5.2. Propiedades físicas.....	33
4.2. Metodología.....	33
4.2.1. Metodología del campo experimental.....	33
4.2.1.1. Método deductivo.....	34
4.2.1.1.1. Elaboración del biol .....	34
4.2.1.1.2. Características (Físico – Químico) del biol .....	37
4.2.1.1.3. Formulaciones de la dosis del biol.....	38
4.2.1.2. Método inductivo .....	39
4.2.1.2.1. Muestreo del suelo y biol .....	39
4.2.1.2.1. Preparación del sitio experimental.....	40
4.2.1.2.1.1. Antecedentes del suelo .....	40
4.2.1.2.1.2. Roturado.....	40
4.2.1.2.1.3. Rastreado y nivelado .....	40
4.2.1.2.2. Trazado y distribución de parcelas .....	41
4.2.1.2.3. Prueba de germinación.....	41
4.2.1.2.4. Siembra .....	41
4.2.1.2.5. Labores culturales .....	42
4.2.1.2.6. Aplicación de biol.....	42
4.2.1.2.6.1. Aplicación en la fase de macollamiento.....	43
4.2.1.2.6.2. Aplicación en la fase entallecimiento .....	43
4.2.1.2.6.3. Aplicación en la fase embuchamiento .....	43
4.2.1.2.6.4. Aplicación en la fase de espigado .....	43
4.2.1.2.7. Cortes y cosecha .....	43
4.2.1.2.8. Registro de datos.....	44
4.2.2. Diseño experimental.....	44
4.2.2.1. Modelo lineal aditivo.....	44
4.2.2.2. Factores en estudio.....	45
4.2.2.3. Características del campo experimental .....	46
4.2.4.4. Croquis Experimental.....	47

4.2.1. Variables de respuesta.....	48
4.2.3.1. Variables climáticas .....	48
4.2.3.2. Identificaciones de las fases fenológicas .....	48
4.2.3.3. Determinación de la dinámica de crecimiento durante el ciclo vegetativo.....	49
4.2.3.4. Variables agronómicas.....	49
4.2.3.5. Relación entre variables.....	50
4.2.3.6. Variables del rendimiento.....	51
4.2.3.7. Variables de análisis de costos parciales en la producción .....	52
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>54</b>
5.1. Fluctuaciones de temperatura durante la fermentación del biol .....	54
5.2. Condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo .....	55
5.3. Identificaciones de las fases fenológicas.....	56
5.4. Determinación de la dinámica de crecimiento durante el ciclo vegetativo ....	56
5.4.1. Desarrollo de la planta en altura.....	56
5.6. Variables agronómicas .....	60
5.6.1. Altura de la planta .....	60
5.6.2. Número de hojas por planta .....	64
5.6.3. Dimensión de hoja.....	68
5.6.4. Número de macollo por planta .....	71
5.7. Relación entre variables .....	75
5.7.1. Relación número de hojas y rendimiento del heno producido en Tn/ha del tratamiento 40% de Biol en la fase de Embucha miento .....	75
5.7.2. Relación altura de planta y rendimiento del heno producido en Tn/ha del tratamiento 40% de Biol en el fase de Espigado (C1 F4).....	76
5.8. Variables del rendimiento .....	78
5.8.1. Rendimiento del heno producido en Tn/ha.....	78
5.8. Evaluación económica.....	82
5.8.1. Ingreso bruto .....	82
5.8.2. Ingreso neto .....	83
5.8.3. Beneficio costo .....	84

<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>86</b>
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>88</b>
<b>8. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>89</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

### Página

<b>Cuadro 1.</b> Extracción de nutrientes del suelo del cultivo de la cebada Kg/Ha .....	10
<b>Cuadro 2.</b> Análisis químico del biol .....	20
<b>Cuadro 3.</b> Características de la variedad de cebada forrajera IBTA – 80 .....	29
<b>Cuadro 4.</b> Resultados del análisis químico y biológica .....	31
<b>Cuadro 5.</b> Resultados del análisis físico .....	33
<b>Cuadro 6.</b> Insumos utilizados para la elaboración de biol en 20 Lt .....	34
<b>Cuadro 7.</b> Resultados del análisis (Físico – Químico) del biol .....	37
<b>Cuadro 8.</b> Formulación del biol para los tratamientos .....	39
<b>Cuadro 9.</b> Factores y niveles de estudio .....	45
<b>Cuadro 10.</b> Interacciones de factores de estudio .....	46
<b>Cuadro 11.</b> Características del campo experimental .....	46
<b>Cuadro 12.</b> Identificación de número de días en las fases fenológicas .....	56
<b>Cuadro 13.</b> Desarrollo de la planta en altura durante el ciclo vegetativo cm/días..	57
<b>Cuadro 14.</b> Tasa de crecimiento (cm/día) durante el ciclo vegetativo.....	58
<b>Cuadro 15.</b> Promedios de altura de planta (cm) de la cebada forrajera con aplicación de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo .....	60
<b>Cuadro 16.</b> Análisis de varianza para altura de planta.....	61
<b>Cuadro 17.</b> Comparaciones de medias de altura de planta por Duncan para dos concentraciones de biol .....	63
<b>Cuadro 18.</b> Comparaciones de medias de altura de la planta por Duncan para fases fenológicas .....	63
<b>Cuadro 19.</b> Promedios de número de hojas por planta de la cebada forrajera con aplicación de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo .....	65
<b>Cuadro 20.</b> Análisis de varianza para número de hojas por planta.....	66
<b>Cuadro 21.</b> Comparaciones de medias de número de hojas por planta por Duncan para fases fenológicas .....	67

<b>Cuadro 22.</b> Promedios de dimensión de hoja de la cebada forrajera con aplicación de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo. ....	68
<b>Cuadro 23.</b> Análisis de varianza para la dimensión de hoja.....	69
<b>Cuadro 24.</b> Comparaciones de medias de dimensión de hoja por Duncan para fases fenológicas.....	70
<b>Cuadro 25.</b> Promedios del número de macollos por planta de la cebada forrajera con aplicación de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo .....	72
<b>Cuadro 26.</b> Análisis de varianza para el número de macollos por planta .....	73
<b>Cuadro 27.</b> Comparaciones de medias de número de macollos por Duncan para fases fenológicas.....	74
<b>Cuadro 28.</b> Análisis de regresión, correlación y coeficiente de determinación entre número de hojas y rendimiento del heno del tratamiento (40% de Biol en la fase de Embuchamiento).....	75
<b>Cuadro 29.</b> Análisis de regresión, correlación y coeficiente de determinación entre altura de planta y rendimiento del heno del tratamiento (40% de Biol en la fase de Espigado) .....	77
<b>Cuadro 30.</b> Rendimiento del heno producido en Tn/ha aplicación de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo de cebada ....	79
<b>Cuadro 31.</b> Análisis de varianza para el rendimiento del heno .....	80
<b>Cuadro 32.</b> Comparaciones de medias del rendimiento del heno por Duncan para Fases Fenológicas.....	82
<b>Cuadro 33.</b> Evaluación económica – relación beneficio costo .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica del área de estudio .....	27
<b>Figura 2.</b> Ubicación de la bolsa biodigestora .....	36
<b>Figura 3.</b> Preparación del suelo .....	41
<b>Figura 4.</b> Siembra de la cebada forrajera.....	41
<b>Figura 5.</b> Incorporación de biol.....	42
<b>Figura 6.</b> Croquis de la unidad experimental y distribución de tratamientos .....	47
<b>Figura 7.</b> Temperaturas registradas para la obtención del biol. ....	54
<b>Figura 8.</b> Promedios mensuales de precipitación y temperatura (2014-2015) .....	55
<b>Figura 9.</b> Altura de la planta promedio comparación de cuatro fases fenológicas y 40% de Biol .....	58
<b>Figura 10.</b> Altura de la planta promedio comparación de cuatro fases fenológicas y 60% de Biol .....	58
<b>Figura 11.</b> Tasa de crecimiento (cm/día) comparación de cuatro fases fenológicas y 40% de Biol.....	59
<b>Figura 12.</b> Tasa de crecimiento (cm/día) comparación de cuatro fases fenológicas y 60% de Biol.....	59
<b>Figura 13.</b> Efectos simples del uso de dos concentraciones de biol y en cuatro fases fenológicas sobre la altura de planta.....	64
<b>Figura 14.</b> Efectos simples del uso de dos concentraciones de biol y en cuatro fases fenológicas sobre la dimensión de hoja .....	71
<b>Figura 15.</b> Relación número de hojas y rendimiento del heno .....	76
<b>Figura 16.</b> Relación altura de planta y rendimiento del heno .....	78
<b>Figura 17.</b> Ingreso bruto por tratamiento.....	83
<b>Figura 18.</b> Ingreso neto por tratamiento .....	84

## ANEXO

<b>Anexo A</b>	.....	Formulación de biol para los tratamientos
<b>Anexo B</b>	.....	Análisis de varianza para la relación entre variables
<b>Anexo C</b>	.....	evaluación económica
<b>Anexo D</b>	.....	Registro fotográfico
<b>Anexo E</b>	.....	Análisis Físico – Químico

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en el Municipio Jesús de Machaca de la Provincia Ingavi del Departamento de La Paz, durante la gestión agrícola 2014 – 2015, con el objetivo de evaluar el efecto de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo de cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.). Los tratamientos se dispusieron en un diseño de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas, 10 tratamientos y 3 repeticiones; con asignaciones de dos concentraciones de biol como el factor A (40% y 60%) y cuatro fases fenológicas como el factor B (macollamiento, entallecimiento, embuchamiento, espigado y testigo).

Se determinó que existe alta significación estadística para el factor fase fenológico, el cual explica que hay diferencia entre fases, lo que causa diferencias en el promedio de rendimientos. Así, pues, con la fases de entallecimiento (F2), se ha obtenido un rendimiento de 21.785 ton/ha, a la que se suministró 60 % de biol (C2), mientras con la fase de espigado se ha logrado solo un rendimiento de 18.975 ton/ha; a este tratamiento se le suministró 40 % de biol (C1). Entonces la aplicación del fertilizante foliar “Biol” incrementa en un 7.23 % y 23.24 % en relación a los cultivos sin fertilización foliar “testigo”.

Desde el punto de vista económico todos los tratamientos reflejaron valores positivos mayores a 1, por lo cual la producción del cultivo se consideró rentable; registramos a los tratamientos de mayor rendimiento y alta razón de beneficio costo a los tratamientos T2 [F2C1], T6 [F1C2] y T7 [F2C2], donde examinados resultaron a poseer beneficios económicos en el índice de B/C = 2.50 Bs, el cual es rentable altamente; y al propósito mencionamos con menor beneficio económico al tratamiento T9 [F4C2] con un índice de B/C 2.00 Bs.

A razón de inferir de estos resultados obtenidos se exhibe una proporción bastante significativa y beneficiosa para el agricultor.

**Palabras clave:** Aplicación de biol; Cebada; Rendimiento; Beneficio costo.

## 1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia y específicamente en el Altiplano Norte, la producción del cultivo de la cebada forrajera (*Hordeum vulgare L.*) presenta una actividad de mucha importancia dentro de la economía del sector agropecuario para la producción y comercialización. Debido de que el sustento del sector andino en su mayor parte está basado en la ganadería, la cual esta implícitamente relacionada con la producción de forraje; tal opción es la cebada considerada como una de las pocas alternativas agrícolas en la región, por su adaptabilidad a la zona (Migliorini, 1984).

La alimentación animal juega un papel muy importante en cualquiera actividad pecuaria. En la región Jesús de Machaca existe bajos rendimientos del heno para suministrar a vacas lecheras; incrementar la producción de la cebada forrajera sería efectivamente importante, por su adaptabilidad a las condiciones ecológicas del lugar.

En dicho contexto, el presente investigación tiene como objetivo general mejorar el sistema de producción del cultivo de cebada mediante la aplicación de biol, con finalidad de que este sistema de producción sea sostenible y contribuya a la calidad de la vida de los productores de hatu ganadero.

Entonces esta técnica propone y expresa también al productor la importancia de implementar buenas técnicas agronómicas que les permitirá obtener mayor producción a menor costo.

Por ende los abonos orgánicos en forma de líquidos son sustancias orgánicas que contienen nutrientes esenciales como en N, P, K dando resultados exitosas en el crecimiento y desarrollo de los cultivos a un costo menor, mejorando la producción agrícola, calidad del producto y el rendimiento de la cosecha.

Además Saavedra (2007), recomienda un biol bien preparado y aplicado en el momento oportuno, permite cultivos más vigorosos con color verde intenso y con menor ataque de plagas y enfermedades.

Entonces es necesario determinar el nivel de incorporación de biol en el momento oportuno, que dicha determinación permitirá el manejo adecuado en práctica de fertilización en la producción de la cebada forrajera.

Esta investigación se enmarca en la política del Gobierno Plurinacional, impulsando a una producción orgánica, con la Ley N° 3525 Reglamento del Sistema Nacional de Control de Producción Ecológica de Bolivia.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo General**

- ✓ Evaluar el efecto de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en el Altiplano Norte.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de la cebada forrajera en relación de dos concentraciones de biol y cuatro fases fenológicas.
- ✓ Determinar la cantidad del heno producido en relación de dos concentraciones de biol y cuatro fases fenológicas.
- ✓ Realizar un análisis económico sobre la base de los rendimientos obtenidos.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. La cebada (*Hordeum vulgare* L.)**

#### **2.1.1. Origen**

La cebada es de origen Asiático, cultivo introducido por los españoles a Bolivia, teniendo una importancia enorme en el siglo pasado como alimento para ganado, equino y ganado de carga, es un cultivo de clima frío pero se puede producir desde los 2000 msnm hasta los 4.300 msnm (Álvarez, 2007).

Slafer et al. (2002), indican que su origen no se encuentra remitido a un solo lugar y en efecto se habla de un conjunto de ellos ubicados en algunas zonas geográficas de Marruecos, China, Nepal e India, en donde comenzó su domesticación hace unos diez mil años.

#### **2.2.2. Distribución**

SEFO (2000), reporta la cebada, es un cereal rústico para la producción de forraje, se adapta desde los 2000 a 4500 m.s.n.m. Tolera condiciones de sequía y es medianamente tolerante a la salinidad.

Según Mikel (2012), la cebada es una especie de cultivo anual de la familia de las gramíneas, cultivado ampliamente en el Altiplano norte y Altiplano central, esto por su buena adaptabilidad a las zonas altas que tienen diversas condiciones climáticas a lo largo del año, tiene una densidad de siembra de 80 – 120 kg/ha.

La cebada en Bolivia, se cultiva en una gran diversidad de suelos y climas. La mayor superficie cultivada es en aquellas regiones cuya altura está entre los 3.000 y 3.500 msnm. A menos de 3.000 la cebada compite con el trigo y el maíz, sobre los 3.700 las heladas limitan la formación de grano. En zonas donde la altura

sería la óptima para el cultivo de la cebada, ésta tiene que competir con la papa. (Córdova, 1998).

### **2.2.3. Importancia y utilización de la cebada forrajera**

La cebada ocupa el cuarto lugar en el ámbito mundial en importancia entre los cereales, después del trigo, maíz y arroz; se cree que fue una de las primeras plantas domesticadas al comienzo de la agricultura, la causa de que la cebada continúe siendo un cereal importante, después de tantos siglos de cultivo, es a su amplia adaptación ecológica y a su utilización en la alimentación animal y en la industria cervecera (López, 1991).

El cultivo de la cebada en el mundo tiene cierta importancia como planta forrajera, pues se puede utilizar como pastura en verde y en grano (Díaz, citada por Ticona 2014).

Córdova (1998), indica que la importancia del cultivo de la cebada en nuestro país, radica en que se la utiliza para el consumo humano, para la alimentación de los animales, en berza y en grano y como materia prima para la industria cervecera.

Una fracción de aproximada de 15% de la producción total de cebada se destina a la alimentación animal en forma de grano o forraje, siendo ambas formas de utilización igualmente importantes (Faiguenbaum, 2003).

### **2.2.4. Clasificación taxonómica**

De acuerdo a Cronquist (1997), la clasificación taxonómica de la cebada es:

Reino:	Vegetal
División:	Tracheophyta
Subdivisión:	Pteropsida

Clase:	Angiosperma
Subclase:	Monocotiledónea
Grupo:	Glumiflora
Orden:	Graminales
Familia:	Graminae
Subfamilia:	Festucoideae
Género:	Hordeum
Especie:	H. vulgare L.
Nombre comú	Cebada forrajera

### 2.2.5. Características botánicas

La cebada es una planta asexual, su multiplicación se realiza por medio de la semilla, cuyo embrión se origina por la unión de un gameto masculino y un gameto femenino, es monoica por encontrarse el androceo y el gineceo en una misma planta; hermafrodita y perfecta por encontrarse los dos sexos en una misma flor Robles, citado por (Ticona, 2014).

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

**Raíz:** El sistema radicular está compuesto por raíces fibrosas, al igual que el trigo son los dos clases: primarias o seminales, y las secundarias o adventicias. Las seminales están preformadas en el embrión y son reemplazadas en el estado de plántula, las raíces adventicias, las que se desarrollan de los nudos inferiores del tallo.

**Tallo:** El tallo es cañoso, erecto y ascendente, con nudos y entrenudos, siendo los entrenudos basales cortos y gradualmente más largos hacia el ápice, pueden alcanzar una altura hasta un metro.

**Hojas:** La hoja es lanceolada, se presenta en número de 4 a 6 en cada tallo, cada hoja está formada por dos partes principales que son vainas y la lámina, además de dos estructuras accesorias, lígula y las aurículas.

**Inflorescencia:** Las espiguillas están compuestas por 2 a 6 flores, reunidas en número de tres en cada diente del eje, de forma articulada.

**Flor:** La flor es hermafrodita; presentan dos estilos que llevan unos estigmas plumosos, a los que se les rodea tres estambres. Todo el conjunto floral está encerrado en una casilla floral llamado antecio, formado por dos brácteas llamadas glumulas; de las dos glumelas, la inferior recibe el nombre de lema y la superior de palea.

**Grano:** El fruto es cariósipide de forma puntiaguda, en uno de sus extremos y aunque puede ser desnudo, en la generalidad cubierto, detalle que depende de la variedad.

#### **2.2.6. Estado de desarrollo**

La germinación desencadena un incremento de la actividad fisiológica del germen, que se traduce en un rápido crecimiento de los meristemas presentes en el embrión y en la movilización de las reservas del grano. Una vez perforado el coleóptilo por la primera hoja se produce el alargamiento de esta y la aparición de las sucesivas, hasta la cuarta, imbricadas unas en las otras, que se irán deprendiendo de la vaina de la precedente a la medida que se alarguen (Sebillote, 1991).

Samanenz y Marca (1989), sostienen que el estado de desarrollo de macollamiento es importante porque es en este estado donde se determinan los componentes de rendimiento, como: el número de macollos, la longitud de espiga, el número de granos por espiga.

Moule (1980), indica que el ritmo de formación de hojas depende de la temperatura, la intensidad luminosa, la longitud del día y el suministro de nutrientes.

### 2.2.7. Principales fases de crecimiento

López (1991), describe desde el punto de vista práctico y con el fin de programar las diferentes intervenciones técnicas en el cultivo, es necesario conocer con precisión los distintos estados o fases del ciclo del cereal, de manera que tales intervenciones puedan realizarse adecuadamente. Las observaciones deben realizarse siempre en el tallo principal, siendo los principales estados observables.

Según Marca et al. Citado por Tambillo (2002), el cultivo de cebada presenta las siguientes fases de desarrollo.

- ✦ **Emergencia:** aparición de las plantas con una o dos hojas.
- ✦ **Macollamiento:** Cuando el 50% de las plantas han macollado, es decir tiene brotes o retoños, en la práctica la aparición de la cuarta hoja indica el inicio de macollamiento.
- ✦ **Entallecimiento:** Cuando el 50% de las plantas presentan el primer nudo a dos o tres centímetros sobre el suelo.
- ✦ **Embucha miento:** La espiga evidente envuelve dentro de la hoja superior formando la llamada hoja de bandera.
- ✦ **Espigado:** Cuando el 50% de las plantas tienen espigas completamente libres de la vaina foliar.

- ✱ **Floración:** Cuando el 50% de las espigas presentan granos que al ser presionados con la uña revientan y sale un líquido de color blanco. El ovario fecundado alcanza el tamaño de la semilla madura.
- ✱ **Grano pastoso:** cuando el 50% de las espigas presentan granos que al ser presionados con la uña, presentan resistencia. Contenido de ovario se solidifica.
- ✱ **Madurez fisiológica:** cuando el 50% de las plantas presentan el pedúnculo de color amarillo. En caso de cebada forrajera, el desarrollo alcanza hasta la fase de grano lechoso, es decir cuando la espiga presenta un 20% a 30% de grano lechos; el periodo vegetativo normal oscila entre 160 y 190 días.

## **2.2.8. Requerimientos agroecológicos de la cebada**

Entendemos como requerimientos agroecológicos a las condiciones medio ambientales de fertilidad, aireación, humedad, temperatura y periodo vegetativo que deben concurrir para la producción agrícola.

### **2.2.8.1. Suelo**

Parsons (1989), menciona que para cultivar cebada es necesario que la condición física del suelo tenga las siguientes características.

- ✓ Una estructura granular, que permita la aireación y el movimiento de agua en el suelo.
- ✓ Un perfil de tierra cultivable de hasta unos 30 cm para un enraizamiento adecuado.
- ✓ Que no sea susceptible a la formación de costras que dificulten la germinación.

- ✓ Y lo más principal que tenga materia orgánica.
- ✓ La cebada crece bien en suelos con un pH de 7 – 8.

Requiere suelos profundos, bien drenados, preferiblemente francos, de fertilidad media a baja y pH entre 6 y 8. Puede tolerar algo de salinidad. No tolera encharcamiento (Corpoica, 1993).

Por debajo de los  $-16^{\circ}\text{C}$ , pocas son las cebadas que sobreviven, la cebada prefiere clima templado,  $15^{\circ}\text{C}$  de temperatura óptima en el crecimiento vegetativo y de  $17$  a  $18^{\circ}\text{C}$  en el espigado, suelo franco a franco arcilloso bien drenado, no suelos ácidos, pH de 6 a 8.5 mayor tolerante a la salinidad (Roger, 2004).

#### **2.2.8.2. Clima**

La cebada es un cultivo tolerante a las condiciones extremas de clima y suelo, excepto los suelos anegados y ácidos, es tolerante a la salinidad, requiere de una temperatura templada entre  $15$  a  $31^{\circ}\text{C}$ , una precipitación de  $300$  a  $600$  mm. Es un cultivo de foto período largo. (INFOAGRO, 2005).

La mayor parte de las gramíneas se cultivan en zonas templadas con temperaturas que varían entre  $15$  a  $31^{\circ}\text{C}$ , aunque también pueden soportar bajas temperaturas en las zonas altas ( $0^{\circ}\text{C}$ ); los cereales por la general requieren cantidades de precipitación entre  $600$  a  $800$  mm/año; sin embargo, se pueden adaptar a zonas con lluvias que registren de  $300$  a  $400$  mm/año (Parsons, 1989).

No tolera sombra, se adapta a una altitud de  $2400$  a  $3000$  m.s.n.m. con una temperatura de  $10$  -  $18^{\circ}\text{C}$ . Tolera heladas, con una precipitación de  $800$  –  $1500$  mm/año. Tolera sequías (Corpoica, 1993).

### 2.2.8.3. Niveles de fertilización

Teniendo en cuenta la absorción de nutrientes del suelo por el cultivo de la cebada para una producción de 2.500 kg/ha, un abonado recomendable sería: 75 kg de N - 75 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 75 kg de K<sub>2</sub>O (INFOAGRO, 2005).

La práctica de fertilización según se requiera puede realizarse, en el momento de la siembra o después de la siembra. En la cebada para forraje se sugiere aplicar la fórmula 30 - 60 - 00 en siembras temporales, para grano se recomienda aplicar la fórmula 60 - 40 - 00. En suelos de textura ligera, se debe aplicar en la siembra todo el fósforo y dos tercios de nitrógeno. En suelos pesados, se recomienda aplicar todo el fósforo y nitrógeno al tiempo de sembrarse (Robles, 1990).

**Cuadro 1. Extracción de nutrientes del suelo del cultivo de la cebada Kg/Ha**

Cultivo	Rendimiento	Parte	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	S
Cebada	5 Ton	Grano	125	45	40	10	10
		Resto	45	15	130	10	10
Total			170	60	170	20	20

Fuente: Rodríguez (1982).

## 2.2. Abonos líquidos orgánicos

Según CIAT citado por López (2013), los abonos líquidos aumentan la producción de los cultivos, dan resistencia a las plantas contra, el ataque de plagas y enfermedades permitiendo soportar las condiciones drásticas de sequía y helada.

Sánchez (2004), menciona que el uso de este tipo de abono es relativamente nuevo, y considera que ayuda a que el manejo de la agricultura sea sostenible, esto porque los materiales con los que están hechos con materiales ya

sea de la descomposición de los estiércoles y de materia verde, pueden ser aplicadas al suelo en concentraciones mayores, en el cuello de las plantas para favorecer el desarrollo radicular.

Plantea Wikipedia (2013), en medio de las diversas sustancias que pueden servir a la fertilización de las tierras y que merecen ser recogidas por el cultivador es preciso comprender los abonos líquidos, conocidos bajo las denominaciones de agua de estiércol y orina de animales.

### **2.2.1. El estiércol de animal**

Estiércol es el nombre con el que se denomina a los excrementos de animales que se utilizan para fertilizar los cultivos. En ocasiones el estiércol está constituido por más de un desecho orgánico, como por ejemplo excrementos de animales y restos de las camas, como sucede con la paja. El lugar donde se vierte o deposita el estiércol es el estercolero.

En agricultura se emplean principalmente los desechos de oveja, de ganado vacuno, de caballo, de gallina (gallinaza). Antaño, también el de paloma (palomina). Actualmente se usa también el de murciélago. El estiércol de cerdo proveniente de granjas o de bovino proveniente de lecherías tiene consistencia líquida y se denomina purín.

Con los abonos sintéticos, los estiércoles dejaron de emplearse bastante en la agricultura convencional, aunque ahora la agricultura ecológica los recupera por su valor ya que no sólo proporcionan nutrientes al suelo sino que aportan materia orgánica y favorecen la presencia de microorganismos del suelo, responsables de la fertilidad de la tierra. El estiércol es la base del compost o también llamado mantillo en la agricultura ecológica.

El estiércol que se utiliza en el abonamiento de las tierras de cultivo, con preferencia es aplicado en cultivos de papa y algunas hortalizas; debido a un mal manejo de estos, su eficiencia agronómica es baja, llegando al mínimo (Villarreal, 1990).

### **2.2.2. El estiércol de ovino como fertilizante orgánico**

FAO (2002), señala que este estiércol tiene una importante presencia de compuestos de lenta degradabilidad. Su descomposición es lenta pero contribuye altamente a la mejora de la estructura del suelo. Su efecto nutritivo puede equivaler en el primer año de su aportación hasta el 30% del N total presente y el efecto residual tiene importancia relevante después de varios años del caso de aportes, en función del tipo de suelo, del clima, de las labores, de otros abonados y de los cultivos que se siembran.

Además en Wikipedia (2013), manifiesta que este es uno de los abonos más activos. Es más peco y más caliente que el otro lo que lo hace ventajoso a los suelos fuertes y fríos, a los que adelgaza y favorece, desecándolos. La pajaza por su naturaleza y la cantidad de paja empleada en su formación influye mucho sobre la acción de éste. Su efecto es más pronto, pero de menos larga duración que el del otro ganado. Los trigales abonados con estiércol de carnero castrado son muy propensos a viciarse. Es más ventajoso a la colza, al nabo, al tabaco o la col, al cáñamo, etc. La cebada estercolada con estiércol de carnero castrado produce menos almidón y sus granos germinan con irregularidad. Al cervecero no le agrada esta calidad de cebada. Con este abono la remolacha encierra menos azúcar que con el estiércol del ganado vacuno. Estercolada por el carnero castrado, la tierra merece generalmente ser recomendada; por este medio, los excrementos de estos animales están menos expuestos a enmohecerse, y las partículas volátiles que se desprenden se fijan en la tierra en lugar de perderse.

## **2.3. El biol**

Colque et al. (2005), mencionan que el biol es una fuente de fitoreguladores que se obtiene como producto del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos en mangas de plástico (biodigestores), actúa como bioestimulante orgánico en pequeñas cantidades y es capaz de promover el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Según Arana (2011), el biol es un abono foliar orgánico como producto del proceso de fermentación sin aire (anaeróbico) de materiales orgánicos provenientes de animales y vegetales, como estiércol o restos de vegetales.

Sanchez (2003), indica que el biol tiene dos componentes: una parte sólida y una parte líquida. La primera es conocida como biosol y se obtiene como producto de descarga o limpieza del biodigestor donde se elabora el biol.

Sánchez (2003), sostiene que el biol es el líquido que se descarga de un digestor y es lo que se utiliza como abono foliar. Es una fuente orgánica de fitoreguladores que permite promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas.

Para Cavasa (2007), el biol es una fuente de fitoreguladores producto de la descomposición anaeróbica (sin la acción del aire) de los desechos orgánicos que se obtienen por medio de la filtración o decantación del bioabono; al respecto el SIAMAGE (2001), indica que el biol a más del contenido de nutrientes que posee, es rico en fitohormonas que estimula algunas actividades fisiológicas de la planta.

### **2.3.1. Ventajas de biol**

La elaboración del biol se puede hacer con insumos locales de la comunidad, donde no se tiene una receta estricta que cumplir, sino que se

pueden variar las cantidades de cada insumo. los costos no llegan a ser elevados. sobre todo da vigor al cultivo, permitiéndole soportar el ataque de plagas y enfermedades y efectos adversos climáticos (INIA, 2008).

Incrementa la vigorosidad de los cultivos, permitiéndoles soportar de mejor manera los ataques de plagas, enfermedades y los efectos adversos del clima (Decara y Sandoval, 2004). En los cultivos se generan incrementos en la producción y rendimiento.

### **2.3.2. Desventajas del biol**

Aparcana y Jansen (2008), indican que el tiempo de elaboración del biol es largo, desde la preparación a la utilización. Hay que planear su producción en el año según la época de aplicación y Arana (2009), complementa el periodo de elaboración es de 3 a 4 meses, así que se tiene que planificar su producción en el año para encontrar follaje verde de los insumos y poder usarlo durante la campaña agrícola.

### **2.3.3. Elaboración del biol**

Restrepo (2001), indica que para la elaboración de un biofertilizante sencillo, es necesario: un recipiente de plástico de 200 litros de capacidad, 50 kg de estiércol fresco, 2 litros de leche cruda o suero, 2 litros de melaza de caña (miel de purga o puede sustituirse con 4 litros de jugo de caña).

El mismo autor menciona que una forma de verificar la calidad del biofertilizante (biol) es por el olor, no debe presentar olor a putrefacción sino a fermentación, el color, no debe ser de color azul violeta, y la salida del gas, ya no tiene que existir.

Asimismo también señala que en lugares fríos el tiempo de la fermentación del biol puede variar; pero generalmente lleva hasta 90 días.

#### **2.3.4. Proceso de la digestión anaeróbica**

El proceso de digestión anaeróbica está conformado por una serie de reacciones bioquímicas donde participan una gran variedad de microorganismos. Estos microorganismos cumplen la función de oxidar a una parte del carbono formando anhídrido carbónico mientras la otra parte la reducen para formar metano (Noyola, 2005).

El método básico de la digestión anaerobia en un biodigestor consiste en alimentar al digestor con materiales orgánicos con un alto contenido de humedad y dejarlo reaccionar durante un periodo de tiempo, a lo largo del cual, en condiciones herméticas y químicamente favorables, el proceso bioquímico e lleva acabo. A través de la acción bacteriana se descompone la materia orgánica hasta producir grandes burbujas que fuerzan su salida a la superficie donde se acumula el gas (Velasstegui, 2010).

##### **2.3.4.1. Bacterias que intervienen en el proceso de digestión**

Las bacterias que intervienen en el proceso de digestión anaeróbica desde el inicio de la degradación hasta la producción de biogás son las que se detallan a continuación.

###### **2.3.4.1.1. Bacterias hidrolíticas**

Se encargan de transformar a moléculas más sencillas, proteínas, lípidos y demás componentes menores de la biomasa.

#### **2.3.4.1.2. Bacterias acetogénicas**

Productoras de hidrógeno, convierten a compuestos más simples ciertos ácidos grasos y productos finales neutros.

#### **2.3.4.1.3. Bacterias homoacetogénicas**

Este grupo de bacterias son las responsables de catabolismo de compuestos mono carbonados e hidrolizan también compuestos multicarbonados hacia la producción de ácido acético (Guevara, 1996).

#### **2.3.4.1.4. Bacterias metanogénicas**

Son el último grupo de bacterias que intervienen en el proceso de digestión anaerobia, estas desempeñan la función de transformar el acetato para producir metano. Estas bacterias son sumamente sensibles al oxígeno y solo pueden trabajar con compuestos sencillos. De igual forma el crecimiento y la reproducción de estas bacterias es muy lento. Estas bacterias son sensibles a los cambios de temperatura y a cambio de Ph, por lo que se debe tener mucho cuidado en mantener constantes estos parámetros (Guevara, 1996).

#### **2.3.5. Etapas de digestión anaeróbica**

El proceso de digestión anaeróbica en el cual intervienen las bacterias ya antes mencionadas, se desarrollan en tres etapas durante las cuales la biomasa se logra descomponer en compuestos más sencillos hasta llegar a los productos finales como el biogás y el biol.

##### **2.3.5.1. Hidrólisis y fermentación**

El grupo de bacterias fermentativas de esta primera etapa, como levaduras,

protozoos y mohos, toman la materia orgánica que inicialmente está constituido por largas cadenas de estructuras carbonadas y se encargan de ir rompiendo los enlaces para transformarlas en cadenas más cortas y simples como los ácidos orgánicos liberando hidrogeno y dióxido de carbono (Arturo, 2007).

#### **2.3.5.2. Acetogénesis y deshidrogenación**

En esta etapa se produce la degradación de los ácidos orgánicos llevándolos a acetato, proceso en que se libera hidrógeno y dióxido de carbono. Durante esta etapa el PH puede descender a valores menores a 6. Este acción es llevada a cabo simultáneamente por bacterias anaeróbicas conocidas como acetogénicas y homoacetogénicas, estas últimas son un caso especial de bacterias acetogénicas que a diferencia de anteriores en lugar de liberar hidrógeno lo que consumen como sustrato, produciendo acetato como único producto ( Arturo, 2007).

#### **2.3.5.3. Metanogénesis**

Esta última etapa es llevada a cabo por las bacterias metanogénicas que son estrictamente anaeróbicas, y son muy sensibles a los cambios de temperatura, por lo que en esta etapa se debe tener especial cuidado en mantener constante la temperatura. Durante esta etapa el PH se estabiliza en un rango de 6,5 a 7,5. Utilizando los compuestos formados en las etapas anteriores estas bacterias logran producir metano (Theresa y Kearney, 1994).

#### **2.3.6. Proceso de fermentacion del biol**

CEIBA – JAC citado por Aruhiza (2013), los microorganismos causan la fermentación del medio en que se encuentran (como sucede en la panza de una vaca).

Restrepo (2001), menciona que durante la fermentación la materia orgánica, la grasa, los azúcares y los minerales incorporados se descomponen y se transforman en: Ácidos grasos orgánicos, hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, enzimas, co–enzimas y aminoácidos principalmente. Nutrientes disponible para la planta.

Soria et al. (2001), indica que para asegurar el ciclo biológico de las bacterias en el proceso de biodigestión anaeróbica es necesario que se presenten las siguientes condiciones óptimas.

**Temperatura**, las bacterias mesofílicas completan su ciclo biológico en el ámbito de 15 a 40 °C con temperatura optima de 35 °C. Las bacterias termofílicas cumplen sus funciones en el ámbito de 35 a 60 °C con una temperatura óptima de 55 °C.

**Hermetismo**, para que el proceso de digestión se lleve a cabo en forma eficiente, el tanque de fermentación debe estar herméticamente cerrado. Presión subatmosférica, de 6 cm de agua dentro del digestor se considera la presión óptima.

**Tiempo de retención**, es el tiempo promedio en que la materia es degradada por los microorganismos. Se ha observado que a un tiempo corto de retención se produce mayor cantidad de biogás pero un residuo de baja calidad fertilizante por haber sido parcialmente digerido, pero para tiempos largos de retención se obtendrá un residuo bajo en biogás, pero con un efluente (residuo) más degradado con excelentes características como fuente de nutrientes.

**Relación C/N**, la relación optima es de 30:1, cuando la relación es más estrecha (10:1) hay perdidas de nitrógeno asimilable lo cual reduce la calidad del material digerido. Si la relación es muy amplia (40:1) se inhibe el crecimiento debido a la falta de nitrógeno.

**Porcentaje de sólidos**, el porcentaje de sólidos óptimo para la mezcla a digerir es de 7 a 9% y se hace diluyendo el material orgánico en agua.

**pH**, en digestores operados con estiércol bovino los valores óptimos de operación oscilan entre 6.7 y 7.5 con límites de 6.5 a 8.0.

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

Según Taylhardat (1986), el desarrollo de los microbios que se encargan de la descomposición de los residuos orgánicos, necesitan de ciertas cantidades de carbono y nitrógeno. El carbono lo utiliza como fuente de energía y el nitrógeno en su propia estructura celular. Los materiales que van a servir de alimento para los microorganismos deben tener una relación de carbono – nitrógeno que este entre 20:1 a 30:1 respectivamente.

Para coseguir un buen funcionamiento del digestor, debe cuidarse la calidad de la materia prima o biomasa, temperatura de la digestión (25 – 35 °C). La acidez (pH) alrededor de 7.0 y las condiciones anaerobias del digestor se encuentra hermeticamente cerrado (Suquilanda, 1996).

Por el clima frío y árido de la región altiplánica demora la fermentación, se recurre a fuentes auxiliares de calor como el invernadero para optimizar y/o acelerar el proceso de digestión del material orgánico contenido en los bidones y así reducir el tiempo de producción del abono líquido (Quispe, 2003).

### **2.3.7. Composición química del biol**

Condori (2004), señala que el biol que elaboró en el Altiplano Central llegó a un contenido de 0,07% de Nitrógeno, 0,05% de Potasio, 6,52% de Fósforo y 0,71% de Materia Orgánica.

Según Aparcana y Jansen (2008), la composición química varía mucho en los bioles, según sean los insumos que fueron introducidos en el biodigestor. Hasta incluso se puede decir que cada Biol es único. Presentan una baja cantidad de materia seca, entre 1- 5%, y con respecto a la cantidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, entre otros varía dependiendo de las materias introducidas. Respecto a ello Suquilanda (1996), muestra el siguiente cuadro de análisis químico del biol.

Al respecto Martí (2007), menciona que la composición química del biol está influenciada por el lugar y el tipo de alimentación del animal. Además el biol que elaboro alcanzó una composición química de un 2,6% de Nitrógeno, 1,5% de Potasio, 1,0% de Fósforo y 85% de Materia Orgánica.

**Cuadro 2. Análisis químico del biol**

Composición	Valor	Unidades
Nitrógeno	0.092	%
Fosforo	112.80	Mg/L
Potasio	860.40	Mg/L
Calcio	112.10	Mg/L
Magnesio	54.77	Mg/L
Cobre	0.036	Mg/L
Manganeso	0.075	Mg/L
Hierro	0.820	Mg/L
Cobalto	0.024	Mg/L
Hierro	0.440	Mg/L
Selenio	0.019	Mg/L

Fuente: Suquilanda (1996)

### 2.3.8. Funciones del biol

Medina (1992), indica que el biol es considerado como un estimulante complejo que al ser aplicado a la semilla o al follaje de los cultivos permite aumentar la cantidad de las hojas e incrementar la capacidad de fotosíntesis de las plantas, mejorando sustancialmente la producción y calidad de las cosechas. Al realizar un tratamiento a la semilla con biol por su riqueza en tiamina y triptófano, así como de purinas y auxinas que permite una germinación más rápida, del mismo modo un notable crecimiento de las raíces lo que indudablemente redundará en un mejor desarrollo del cultivo y por lo tanto en un mayor rendimiento al momento de la cosecha.

**Las auxinas**, estimula la síntesis de etileno, el desarrollo de las raíces, reacciones enzimáticas, división celular (en forma conjunta con la citocina), estimula el alargamiento celular, influye en la formación del xilema y floema en forma conjunta con azúcares.

**Giberelinas**, actúan en el rompimiento del letargo de las semillas, estimula el alargamiento celular, la formación de los tallos (encañe) forma parte en la floración.

**Citocininas**, estimula la división celular, impiden la senilidad de los tejidos, junto con las otras hormonas estimulan el crecimiento de las radículas, tallos o el crecimiento desorganizado. Cuando están en condiciones óptimas rompen el letargo, el embrión empieza a producir las giberelinas y las citocininas necesarias para contrarrestar la acción de los inhibidores de crecimiento e iniciación del proceso de división.

**Nitrógeno**, promueve el rápido crecimiento con un mayor desarrollo de hojas y tallos; sin embargo, este desarrollo no puede darse sin presencia de

fosforo, potasio y otros elementos importantes. Es constituyente de proteínas, ácidos nucleicos y muchas otras sustancias importantes.

**Fosforo**, es parte estructural de muchos compuestos principalmente ácidos nucleicos y fosfolípidos, tiene una función importante en el metabolismo energético, acelera la maduración.

**Potasio**, no parece tener una función estructural en la planta pero desempeña numerosos papeles catalíticos que en su mayoría no están claramente definidos, varias enzimas no operan eficientemente en la síntesis proteica cuando hay deficiencia de este elemento.

**Calcio**, es importante en la síntesis de pectina, también está involucrado en el metabolismo o formación del núcleo ej. Mitocondrias.

**Azufre**, forma parte de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina es un importante constituyente de proteínas; así, como de algunos compuestos de actividad biológica como glutatión, biotina, la tiamina y la coenzima A.

**Boro**, la función de este elemento en la planta aun no es claro aunque es demostrable su papel en el crecimiento de la planta, el aporte de boro incrementa el transporte de productos reactivos de la fotosíntesis en CO<sub>2</sub>. El transporte y absorción de los azucares se reduce mucho en ausencia de boro.

**Cobre**, el cobre desempeña funciones exclusivamente catalíticas en las plantas siendo parte de varias enzimas como el polifenol oxidasa y el ácido ascórbico oxidasa. Está presente en la plastocianina de los cloroplastos componente importante del sistema transportador de electrones de la fotosíntesis y puede estar involucrado en la reducción de nitritos.

**Hierro**, es parte del sitio catalítico de muchas enzimas oxido-reductores importantes, es esencial en la formación de la clorofila aunque no forma parte de la molécula, forma parte de la enzima como la catalasa y peroxidasa; además puede estar involucrado en lípidos lamelares del núcleo, cloroplastos y mitocondrias. Se ha demostrado que se requiere mayores niveles de hierro para la división celular que para la respiración lo cual indica sus funciones múltiples.

**Magnesio**, está implicado en la estabilización de partículas ribosómicas, está involucrado en reacciones de diversa capacidad como ser: para ligar enzimas y sustrato, sirve para alterar el constante equilibrio de una reacción mediante enlace con un producto ej. Reacciones de quinasas. Puede anexarse formando un complejo a un inhibidor enzimático. Forma parte de la molécula de clorofila por lo tanto es esencial en la fotosíntesis, es decisivo en las reacciones del metabolismo energético.

**Zinc**, tiene relación directa con la síntesis de ácido indol acético, es un activador de las enzimas deshidrogenasas del ácido láctico, ácido glutámico, alcohol pirimidin nucleótico, también se encuentra involucrado de en la síntesis de proteínas.

Además Suquilanda (1996), indica la principal auxina presente es el ácido Indol acético (AIA) que se sintetiza a partir del triptófano básicamente en los meristemos y es transportador especialmente como AIA – inositol. El efecto de auxinas es estimular el alargamiento celular o favorece su depresión según la concentración de aquella. Las giberelinas (GA) se sintetizan básicamente en las hojas jóvenes y en las semillas. El nivel de GA aumenta conforme se desarrolla el embrión y luego se estaciona cuando madura la semilla, la función es sintetizar muchas partes de la planta en las áreas en activo crecimiento como los embriones o los tejidos meristemáticos o en el desarrollo.

### **2.3.9. Manejo y uso del biol**

El abono foliar (biol), puede ser utilizado para múltiples cultivos, sean de ciclo corto (algunas hortalizas), anuales (quinua, papa, cañihua, etc.), bianuales (maca) o perennes (alfalfa), cultivados, plantas ornamentales, etc.), ( gramíneas trigo, cebada, avena), raíces (nabo, zanahoria), forrajeras ( asociación de pastos cultivados), leguminosas (habas , fréjol, tarwi), frutales ( cítricos, piña, palto), hortalizas (acelga, zanahoria, lechuga, apio), tubérculos (papa, oca, camote), con aplicación dirigidas al follaje Colque et al. (2005).

Se emplea biol para la recuperación pronta de las plantas dañadas después de las heladas y granizadas.

Según Arana (2011), la mejor hora de aplicación es por las mañanas (hasta las 10 a.m.) y por las tardes (a partir de las 4 p.m.). la dosis y frecuencia depende del estado del cultivo.

El biol no debe ser utilizado puro cuando se va aplicar al follaje de las plantas, sino en diluciones. Las diluciones recomendadas pueden ser desde el 25% al 75% (Suquilanda ,1996).

#### **2.3.9.1. Biol al follaje**

Según Medina (1992), las aplicaciones del biol al follaje deben aplicarse durante los tramos críticos de los cultivos, mojando bien las hojas y dependiendo la edad del cultivo; para esto se debe emplear boquillas de alta precisión en abanico.

Chilon (1997), indica que entre las partes aéreas de las plantas, las hojas son más activas en la absorción de las sustancias aplicadas, pues estos tienen mayor superficie expuesta. Entre los factores que afectan la fertilización foliar

están: humedad relativa, edad de la hoja, características físicas de la solución aplicada y la luz.

Las soluciones de biol al follaje, deben aplicarse unas tres a cuatro veces durante los tramos críticos de los cultivos, mojando bien las hojas unos 400 a 800 lt/ha, dependiendo de la edad del cultivo y empleando boquillas de alta presión en abanico.

Este fitoestimulante líquido cuando se aplica al follaje, debe realizarse en momentos de mayor actividad fisiológica mediante la aplicación de aspersiones (Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador citado por Quispe (2014).

Los nutrientes se aplican a las hojas porque pueden penetrar la cutícula por difusión (Armas et al. citado por Tambillo (2002).

#### **2.3.9.2. Biol a las raices**

Medina (1992), menciona que cuando el propósito es plantar raíces, recomienda sumergir tales órganos en una solución de biol al 12.5% por no más de cinco minutos y una vez oreados, se procede a la plantación de los mismos.

#### **2.3.9.1. Biol al suelo**

Medina (1992), asevera que el biol incorporado junto con el riego, no solo mejora la estructura del suelo, si no que las hormonas y precursores hormonales que contiene, conlleva a un mejor desarrollo radicular de las plantas y una mejor actividad de los microorganismos.

### **3. LOCALIZACIÓN**

#### **3.1. Ubicación territorial política**

País: Bolivia

Departamento: La Paz

Provincia: Ingavi

Municipio: Jesús de Machaca

Cantón: San Felipe de Corpa

Comunidad: Pampa

Distancia: 114 km desde la Sede de Gobierno Nacional

#### **3.2. Ubicación geográfica**

Latitud: 16° 2` S

Longitud: 68°2` O

Altitud: 3800 msnm

#### **3.3. Condiciones climáticas**

Clima: Frio seco

Temperatura promedio anual: 6.5° C

Temperatura promedio máxima en primavera y verano: 15° C

Temperatura promedio mínima en primavera y verano: 5° C.

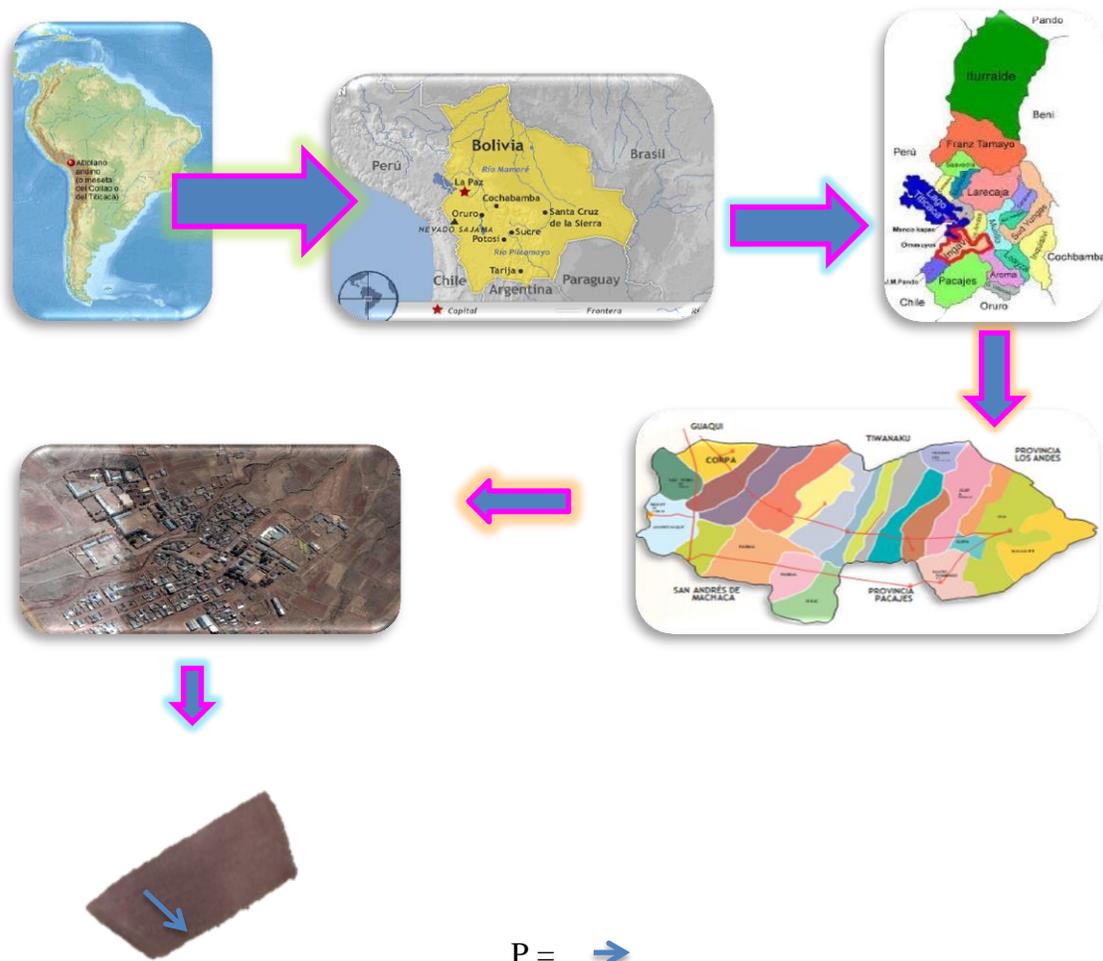
Temperatura promedio máxima en otoño e invierno: 13°C

Temperatura promedio mínima en otoño e invierno: -7° C

Precipitación anual: 500 mm

Humedad media: 54%

**Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio**



### **3.4. Suelo**

Los suelos de la zona del estudio presentan las siguientes conformaciones: Arena (17%), Arcilla (48%), limo (35%) y grava (3,79%). Relativamente de la clase textural Arcilloso con pH ligeramente ácido. Con génesis de la roca madre cuarcitos, areniscas, arcosas y otros materiales paleozoicos, provenientes de los periodos Silúrico y Devónico, presentando capas arables de 20 a 30 cm.

### **3.5. Vegetación**

Dentro de estos lugares se puede encontrar especies arbóreas tales como pinos (*Pinus sp.*), kiswaras (*Buddleia coriacea*) y keñuas (*Polilepis incana*) y entre las especies del lugar poaceas perennes, tales como el pasto ovilla (*Dactylis glomerata*), etc (Montes de Oca, 1997).

### **3.6. Actividad agrícola**

Esta zona cuenta principalmente con cultivos agrícolas anuales tales como la papa (*Solanum sp.*), quinua (*Chenopodium quinoa*), cebada (*Hordeum vulgare*), avena (*Avena sativa*), papaliza (*Ullucus tuberosus*), oca (*Oxalis tuberosa*) y haba (*Vicia faba*) (Montes de Oca, 1997).

### **3.7. Actividad pecuaria**

La actividad ganadera se realiza en toda las comunidades campesinas del Municipio de Jesús de Machaca, principalmente con la crianza del hatu ganadero de bovinos, de las razas Holstein y Pardo Suizo, destinados netamente para producir leche (Fuente propia).

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Materiales

#### 4.1.1. Material biológico

El material vegetal utilizado en el estudio fue la variedad de la cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) IBTA – 80, que es seleccionada a partir del cultivar Grignon con características de tolerancia a la roya amarilla (*Puccinia striiformis*). Además es una variedad de 6 hileras, de grano cubierto, que actualmente se encuentra ampliamente difundida en todas las áreas cebaderas del país, (Paye, citado por Ticona 2014).

La semilla certificada se compró de un semillero agrotécnico del mercado Rodríguez de la ciudad de La Paz, importado desde el SEFO – SAM, UMSS de Cochabamba.

**Cuadro 3. Características de la variedad de cebada forrajera IBTA – 80**

Variedad IBTA - 80	
Rendimiento promedio de materia seca (Tn/Ha)	5.2
Rendimiento promedio de semilla (Tn/Ha)	3.2
Cosecha numero días para forraje	130. 2
Cosecha numero días para semilla	97
Altura de la planta (cm)	94.8
% de pureza	99.9
% de germinación	93.5

Fuente: Datos experimentales de CIF – SEFO

#### 4.1.2. Materiales del campo experimental

- Tractor agrícola
- Estacas
- Letreros
- Lienzo o cuerdas
- Marbetes
- Hoz
- Flexo metro
- Cámara fotográfica
- Planillas de registro
- Cuaderno de campo
- Bolsa plástica y de papel
- Mochila de aspersor de 20 litros y su equipo
- Baldes
- Probetas
- Wincha de 100 cm
- Regla de 50 cm

#### 4.1.3. Materiales para la elaboración del biol

- Carpa solar
- Estiércol ovino
- Leche
- Chancaca
- Alfalfa
- Agua
- Cintas de goma (neumático)
- Polietileno grueso de 8 m.
- Tacho
- Baldes
- Hoz
- Bidones de 20 litros
- Alambre
- Botella pets
- Martillo
- Clavo
- Alicata
- Pegamento de PVC.
- Tubo PVC 4" (01 unidades) y de 40 cm.
- Botella descartable de dos litros de gaseosa (01 unidades)
- Manguera 1 ½ m.
- Estacas de 1 m. (02 unidades)
- Tijera

#### 4.1.4. Materiales de gabinete

- Computadora
- Impresora
- Lápices
- Bolígrafos
- Croquis Experimental
- Flash Memori
- Papel bond
- Calculadora

#### 4.1.5. Características del suelo en el área de estudio

##### 4.1.5.1. Propiedades químicas y biológicas

Las muestras del suelo sustraídas de la parcela experimental presentaron las siguientes características químicas y biológicas (cuadro 4), las cuales se evaluaron según las tablas de fertilidad del suelo y su importancia descrita por Chilón (1997) y Orsag (2010).

**Cuadro 4. Resultados del análisis químico y biológica**

Parametro		Resultado	Unidades
Ph en agua		6,13	-
Ph en K Cl 1N		6,07	-
Conductividad eléctrica en agua		0,183	dS/m
CATIONES DE CAMBIO	Acidez de cambio (Al+H)	0,102	meq/100 g
	Calcio	11,78	meq/100 g
	Magnesio	4,18	meq/100 g
	Sodio	0,75	meq/100 g
	Potasio	1,02	meq/100 g
	Total de bases	17,73	meq/100 g
	C.I.C	17,84	meq/100 g
Saturación Básica		99,43	%
Materia Orgánica		5,35	%
Nitrógeno total		0,29	%
Fósforo asimilable		13,15	ppm

Fuente: IBTEN (2015)

**pH** = 6.1 ligeramente ácido; valor que representa una característica lógica de él cual es ventajoso de acuerdo a los requerimientos del cultivo de la cebada, a que (Corpoica, 1993) recomienda ph de 6 a 8.

Las condiciones extremas de pH en el suelo (muy acido o muy alcalino)

determinan de gran manera la fertilidad de un suelo en razón de que según Porta, López Acevedo y Roquero citado por Orsag (2010), influye sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas y por ende sobre el crecimiento de las plantas.

**Conductividad Eléctrica en agua (C.E)** = 0.183ds/m el cual nos indica no salino o sin problema de sales; la presencia de sales en exceso en el suelo, particularmente por encima de 4 ds/m, perjudica el crecimiento de las plantas y en muchos casos su calidad, por su incidencia directa sobre el metabolismo de las mismas.

**Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C)** = 17.84 meq/100 g Alto; estas propiedades definen la capacidad que tiene un suelo para adsorber o retener nutrientes (cationes o aniones) en forma intercambiable para las plantas.

Los suelos que presentan un CIC por debajo de 12 cmol (+)/kg tiene una fertilidad pobre debida a escasa capacidad para retener nutrientes.

**Saturación básica** = 99.43% Alto; esta propiedad indica que porcentaje de la CIC de un suelo se encuentra saturado con bases (Ca, Mg, K y Na). A menor grado de saturación (<50 %) la fertilidad del suelo se ve afectada por el incremento de la acidez del suelo (suelo tropicales) debido al aumento de H, Al, Fe y Mn en el complejo adsorbente y disminución de las bases intercambiables, afectando a otros propiedades del suelo y particularmente a su fertilidad.

**Materia orgánica** = 5.35% Alto y Nitrógeno total= 0.29% Alto; en este sentido, se considera a la MO como uno de los componentes principales de la sustentabilidad de los diferentes sistemas agrícolas y los ecosistemas en general. Los suelo que presentan contenidos de materia orgánica por debajo de 2% (< 0.1 % de N total), tienen una fertilidad natural baja.

Robles (1986), establece que todas las gramíneas son muy exigentes en

fertilizantes nitrogenados. Por otra parte, Chilon (2000), menciona que la materia orgánica es una fuente de retención de agua, la que hace disponible para las plantas como la facilidad con que las raíces puedan absorber el agua del suelo de acuerdo a su potencial hídrico. Entonces se asume que en este ensayo con una materia orgánica alta favorecerá el mejor desarrollo de las plantas en frente a otras investigaciones de la cebada forrajera con variedad de IBTA – 80.

**Fosforo disponible** = Los compuestos del fósforo intervienen en funciones vitales para los seres vivos, por lo que está considerado como un elemento químico esencial.

#### 4.1.5.2. Propiedades físicas

En el (cuadro 5), se muestra las proporciones de Arena 17%, Arcilla 48%, Limo 35% y Grava 3,79% como ligeramente gravoso; clasificado como un suelo de clase textural Arcilloso.

**Cuadro 5. Resultados del análisis físico**

	Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase Textural	Grava %
Muestra de Suelo	17	48	35	Y	3,79

Y: Arcilloso

Fuente: IBTEN (2015)

## 4.2. Metodología

### 4.2.1. Metodología del campo experimental

La metodología aplicada para el campo experimental fue el método deductivo e inductivo, se muestran a continuación:

#### 4.2.1.1. Método deductivo

El método deductivo se empleó para la elaboración del biol, teniendo como ejemplo la literatura.

##### 4.2.1.1.1. Elaboración del biol

Se utilizó la técnica propuesta por Restrepo (2001), basada en la elaboración de abonos orgánicos fermentados (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Insumos utilizados para la elaboración de biol en 20 Lt**

BIOL	INSUMOS				
	Estiércol (kg)	Alfalfa (kg)	Leche (Lt)	Chancaca (kg)	Volumen (Lt)
	5	0.3	0.2	0.1	20

Fuente: Restrepo (2001).

#### Extracción del estiércol de ovino

La extracción del estiércol de ovino (käya) se realizó en la misma comunidad para que sea representativa, en este caso se extrajo de un corral de ovinos.

#### Colección de alfalfa

La colección de alfalfa se realizó manualmente con el instrumento segadora (hoz) en un azar cultivar de alfalfa de la misma comunidad.

## **Preparación de la bolsa biodigestor**

Para la preparación de la bolsa biodigestora se extendió el polietileno de ocho metros y luego se dobló en dos partes iguales para obtener un biodigestor de cuatro metros de largo, se tomó en cuenta también que esta sea más gruesa y así evitar que sufra daños; además en una de sus extremos se amarró con cinta de goma (neumático) para formar la bolsa.

## **Mezcla de los insumos**

La mezcla de los insumos se realizó en un recipiente “tacho” dos veces para evitar el incremento en el volumen y posterior saturación del recipiente. Primero se añadió la mitad del estiércol fresco (käya) juntamente a otros insumos y se incorporó el agua no potable, con el objetivo de aportar microorganismos que ayuden a la descomposición; a seguida se realizó la mezcla con la mano para obtener la uniformidad hasta llegar al punto levemente aguado y posterior llevado a la bolsa biodigestora.

De acuerdo a los volúmenes utilizados fueron el siguiente: 50 kg de estiércol de ovino, 3 kg de alfalfa, 1 kg de chancaca, 3 litros de leche y 200 litros de agua.

Una vez culminada las mezclas y el llevado a la bolsa biodigestora, se agregó 120 litros de agua, para completar a los 200 litros. Y el espacio restante sirvió para que se concentre el metano por la fermentación del estiércol.

## **Ubicación del biol**

Para la ubicación del biol se eligió terreno plano sin pendiente y limpio, en el interior de una carpa solar a finalidad de evitar cruces del aire y bajas temperaturas (fig. 2). Quispe (2003), indica por el clima frío y árido de la región altiplánica demora la fermentación, entoces se recurre a fuentes auxiliares de calor como el

invernadero para optimizar y/o acelerar el proceso de digestión del material orgánico contenido en los bidones y así reducir el tiempo de producción del abono líquido. Además Martí citado por Aruhiza (2013), sugiere que para la ubicación e instalación del biodigestor en el altiplano, se debe tomar en cuenta aspectos topográficos, es decir lugares donde llegue el sol, y donde se pueda evitar los cruces de aire, que pueden alterar la temperatura.

**Figura 2. Ubicación de la bolsa biodigestora**



### **Seguimiento para la obtención del biol**

En cuanto al seguimiento y obtención del biol perfectamente preparado, se realizó la agitación de la bolsa biodigestora dos veces por semana. Y además en una de las extremas de la bolsa se conectó una manguera direccionada a un galón con agua a finalidad de liberar el metano.

### **Obtención del biol**

La obtención de biol se enmarcó en un tiempo de dos meses y medio del (1 de noviembre de 2014 a 15 de enero de 2015).

#### 4.2.1.1.2. Características (Físico – Químico) del biol

En el (cuadro 7), se presenta los resultados del análisis físico - químico del biol, los cuales se compararon con las tablas de niveles críticos para la interpretación de la fertilidad de suelo establecidos por Chilon (1997).

**Cuadro 7. Resultados del análisis (Físico – Químico) del biol**

Parámetro	Resultado	Unidades
Nitrógeno	0,58	% N
Fósforo	0,008	% P
Potasio	0,162	% K
Materia orgánica	4,250	%
Calcio	331,02	Mg / L
Magnesio	121,87	Mg / L
Sodio	372,02	Mg / L
Hierro	9,82	Mg / L
Manganeso	1,45	Mg / L
Cobre	0,58	Mg / L
Zinc	3,39	Mg / L
Ph	8,14	-
Conductividad eléctrica	0,46	Ms / cm
Humedad	97,20	%
Materia seca	2,80	%

Fuente: IBTEN (2015).

Observación: Resultados en base húmeda.

Sobre la base del análisis se observó un contenido alto del Nitrógeno, el cual garantiza los procesos de síntesis y asimilación de productos orgánicos “biol” para el crecimiento de la planta. Por ende promoverá el rápido crecimiento con un mayor desarrollo de hojas y tallos; sin embargo, este desarrollo no puede efectuarse sin la presencia de fosforo, potasio y otros elementos importantes.

Consolida Chilon (1997), que un porcentaje mayor al 0.2% de nitrógeno, está en niveles altos, donde que el suelo y el cultivo pueden verse favorecidos tanto en su estructura como en su rendimiento.

El **pH** fue calificado en el rango de moderadamente alcalino con un índice de 8.14; a razón que (Roger, 2004) recomienda pH de 6 a 8.5 confirmando que la cebada no es tolerantes a suelos anegados y ácidos.

La conductividad eléctrica (CE) no perjudicará el desarrollo de las plantas debido a su nivel bajo.

A todo este resultado obtenido del análisis físico - químico Suquilanda (1996) interpreta. El nitrógeno es un componente esencial de los aminoácidos que forman las proteínas e influyen en la síntesis de la clorofila. El fósforo ayuda a la formación, desarrollo y fortalecimiento de las raíces. La absorción de catión potasio univalente es altamente selectiva y muy acoplada a la actividad metabólica, caracterizada por su alta movilidad en las plantas, es decir entre las células, tejidos y en su transporte por el xilema y floema. El calcio es un contribuyente de las paredes celulares en forma de pectato cálcico, necesario para la mitosis. Y el azufre es un ingrediente esencial de la proteína y ayuda a mantener el color verde intenso.

#### **4.2.1.1.3. Formulaciones de la dosis del biol**

Goytia, (2007), indica que las soluciones de biol al follaje, deben aplicarse en los tramos críticos de los cultivos, mojando bien las hojas con unos 400 a 800 lt/ha dependiendo de la edad del cultivo y empleando boquillas de alta presión en abanico. Porco et al (2009), recomienda que las dosis para fungicidas en ml/ha tomar en cuenta la altura de planta de 20 cm 200 litros de agua, de 30 cm 300 litros, de 40 a 60 cm 400 litros y en pleno follaje hasta un máximo de 600 litros de agua por hectárea. Duran (2009), consolida que el biol es bastante eficiente al aplicarlo a una cantidad de 300 litros de biol puro con 300 litros de agua, lo que

significa 600 litros/ha, por lo tanto recomienda aplicarlo al 50% de pureza.

**Cuadro 8. Formulación del biol para los tratamientos**

Tratamientos	Concentraciones de Biol	Fases fenológicas	Biol puro (Lt/ha)	Agua (Lt/ha)	Total (disolución) (Lt/ha)
T <sub>1</sub>	40 % de Biol y 60 % de Agua	F1: Macollamiento	160	240	400
T <sub>2</sub>		F2: Entallecimiento	400	600	1000
T <sub>3</sub>		F3: Embuchamiento	560	840	1400
T <sub>4</sub>		F4: Espigado	640	960	1600
T <sub>5</sub>		F0: Testigo	0	0	0
T <sub>6</sub>	60 % de Biol y 40 % de Agua	F1: Macollamiento	240	160	400
T <sub>7</sub>		F2: Entallecimiento	600	400	1000
T <sub>8</sub>		F3: Embuchamiento	840	560	1400
T <sub>9</sub>		F4: Espigado	960	640	1600
T <sub>10</sub>		F0: Testigo	0	0	0

Fuente: Propia (2015).

Para observar el efecto que tiene el biol en el comportamiento de la cebada forrajera, la formulación de las concentraciones se consensuó de acuerdo a la relación de la edad del cultivo en el patrón de (número de hojas, número de macollos y altura de planta); (cuadro 8).

#### 4.2.1.2. Método inductivo

Se aplicó este método para la parte agronómica del cultivo, teniendo como ejemplo la literatura y en base a ello se realizó las siguientes técnicas.

##### 4.2.1.2.1. Muestreo del suelo y biol

###### a) Muestreo del suelo

La toma de muestra del suelo, se realizó de acuerdo a la metodología

indicada; luego enviarla al laboratorio de IBTEN para su análisis físico y químico.

## **b) Muestreo del Biol**

Para la toma de muestra del biol se obtuvo 1 litro de biol en una botella plástica “pet”, pero antes de muestrear se realizó la homogenización o respectiva mezcla retirando los sólidos con el instrumento de coladera, para luego enviarlo al laboratorio de IBTEN para su análisis físico y químico.

### **4.2.1.2.1. Preparación del sitio experimental**

Para la preparación del sitio experimental, se levantó un antecedente de uso del suelo, luego se realizó el roturado, rastreado y nivelado, como se describe a continuación (Fig. 3).

#### **4.2.1.2.1.1. Antecedentes del suelo**

Es necesario mencionar que en la gestión agrícola de 2009 – 2010, la parcela experimental se encontraba sembrada del cultivo de la cebada forrajera.

#### **4.2.1.2.1.2. Roturado**

Previamente se preparó el suelo mediante la labranza convencional, efectivamente aprovechando la precipitación de la nevada, con la finalidad de facilitar la acumulación de agua en el suelo hasta la siembra. Dicha actividad se realizó a mediados del mes de agosto del año 2014.

#### **4.2.1.2.1.3. Rastreado y nivelado**

El rastreado y nivelado se realizó en el mes de octubre, para mejorar las condiciones de la capa arable.

**Figura 3. Preparación del suelo**



#### **4.2.1.2.2. Trazado y distribución de parcelas**

El trazado de las parcelas se efectuó con el empleo de estacas de madera y lienzos, de acuerdo al croquis del campo experimental.

#### **4.2.1.2.3. Prueba de germinación**

Previamente para realizar la siembra se efectuó la prueba de germinación, utilizando la cebada forrajera de variedad IBTA-80, donde el 85 % fueron viables.

#### **4.2.1.2.4. Siembra**

La siembra se realizó el 24 de diciembre del 2014 con la maquinaria agrícola, donde las semillas se depositaron al voleo, considerando una densidad de siembra de 120 kg/ha. (Fig. 4). Posteriormente las semillas fueron cubiertas con la tierra en implementación del arado de rastra.

**Figura 4. Siembra de la cebada forrajera**



#### **4.2.1.2.5. Labores culturales**

##### **Control de malezas**

El control de malezas se efectuó manualmente durante todo el ciclo del cultivo, principalmente antes de aplicar el biol

##### **Control de plagas**

Durante todo el ciclo vegetativo del cultivo no se presentaba ningún tipo de plagas, por lo tanto no se efectuó ningún control.

##### **Control de enfermedades**

Durante la fase fenológica de espigamiento del cultivo se observó la presencia del carbón volador. Para evitar la proliferación de la bacteria a través de esporas, se realizó un control mecánico cortando todas las espigas infestadas por carbón volador.

#### **4.2.1.2.6. Aplicación de biol**

Para la aplicación de biol se realizó diferentes cálculos, en nuestro caso para las cuatro fases fenológicas (fig. 5), en cuanto a su aplicación solo una vez en la fase fenológica.

**Figura 5. Incorporación de biol**



#### **4.2.1.2.6.1. Aplicación en la fase de macollamiento**

La primera y la última aplicación del biol, en esta fase fenológica se realizó el 23 de enero de 2015 a los 30 días vegetativas, justamente cuando el 50% de las plantas han macollado o la aparición de la cuarta hoja.

#### **4.2.1.2.6.2. Aplicación en la fase entallecimiento**

La primera y la última aplicación de biol, en esta fase fenológica se realizó el 01 de marzo de 2015 a los 67 días vegetativos, justamente cuando el 50% de las plantas presentaban el primer nudo a dos o tres centímetros sobre el suelo.

#### **4.2.1.2.6.3. Aplicación en la fase embuchamiento**

La primera y la última aplicación de biol, en esta fase se realizó fenológica el 15 de marzo de 2015 a los 81 días vegetativos, justamente cuando formaban la llamada hoja de bandera.

#### **4.2.1.2.6.4. Aplicación en la fase de espigado**

La primera y la última aplicación de biol, en esta fase fenológica se realizó el 27 de marzo de 2015 a los 93 días, justamente cuando el 50% de las plantas tenían espigas completamente libres de la vaina foliar.

#### **4.2.1.2.7. Cortes y cosecha**

La cosecha de muestras se efectuó en todas las unidades experimentales tomando en cuenta el 5% de su área total de su unidad, para evitar el efecto de bordura, durante la fase de estado grano lechoso; junto a ello el corte y la cosecha de toda la área experimental se realizó de manera semi mecanizado tomando en cuenta los 114 días de desarrollo del cultivo hasta el fecha del 17 de abril de 2015.

#### 4.2.1.2.8. Registro de datos

Los registros de datos se efectuaron durante toda la fase completa para determinar el comportamiento de crecimiento y variables establecidas en el ensayo que se registrarán en la etapa final del ciclo vegetativo o cosecha.

#### 4.2.2. Diseño experimental

##### 4.2.2.1. Modelo lineal aditivo

Para evaluar el trabajo de investigación se utilizó el diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo en parcelas divididas, con el propósito de anular las condiciones del terreno donde que presentaba un pendiente de 2 % de dirección Oeste a Este. Por ende se designó a dos concentraciones de biol como tratamientos en parcela grande, y las cuatro fases fenológicas como tratamientos de parcelas pequeñas. Teniendo un total de diez tratamientos distribuidos aleatoriamente en tres bloques, con un total de treinta unidades experimentales.

De acuerdo a Vicente (2013), el modelo lineal aditivo empleado obedece a la siguiente ecuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \lambda_k + \alpha_i + \varepsilon_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde se pueden explicarse los términos:

- Y<sub>ijk</sub>** = Observación en el i-ésimo bloque bajo el j-esimo tratamiento de parcela grande concentraciones de biol con el k-ésimo tratamiento en la subunidad fases fenológicas.
- μ** = Media de la población.
- λ<sub>k</sub>** = Efecto aleatorio del i-ésimo bloque.
- α<sub>i</sub>** = Efecto fijo del j-ésimo nivel del factor A (concentraciones de biol).

- $\epsilon_{ik}$  = Efecto aleatorio del error experimental de parcela mayor (Error de A) NIID~ (0,  $\sigma_{ik}^2$ ).
- $\beta_j$  = Efecto fijo del k-ésimo nivel del factor B (fases fenológicas).
- $(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto fijo de la interacción del i-ésimo nivel de A (concentraciones de biol) con el j-ésimo nivel de B (fases fenológicas).
- $\epsilon_{ijk}$  = Efecto aleatorio del error experimental (Error de A) NIID~(0,  $\sigma_{ik}^2$ ) o error de B.

#### 4.2.2.2. Factores en estudio

El presente trabajo de investigación se basa en dos concentraciones de biol y cuatro fases fenológicas de la cebada como se detalla en el (cuadro 9).

**Cuadro 9. Factores y niveles de estudio**

<b>A: Concentraciones de Biol</b>	<b>B: Fases fenológicas de la Cebada</b>
C1: 40 % de Biol y 60 % de Agua	F1: Fase fenológico de Macollamiento
	F2: Fase fenológico de Entallecimiento
	F3: Fase fenológico de Embuchamiento
	F4: Fase fenológico de Espigado
	F0: Testigo
C2: 60 % de Biol y 40 % de Agua	F1: Fase fenológico de Macollamiento
	F2: Fase fenológico de Entallecimiento
	F3: Fase fenológico de Embuchamiento
	F4: Fase fenológico de Espigado
	F0: Testigo

**Cuadro 10. Interacciones de factores de estudio**

Tratamientos	Repeticiones
T <sub>1</sub> = [C <sub>1</sub> F <sub>1</sub> ] = 40% de Biol en el fase de Macollamiento	3
T <sub>2</sub> = [C <sub>1</sub> F <sub>2</sub> ] = 40% de Biol en el fase de Entallecimiento	3
T <sub>3</sub> = [C <sub>1</sub> F <sub>3</sub> ] = 40% de Biol en el fase de Embuchamiento	3
T <sub>4</sub> = [C <sub>1</sub> F <sub>4</sub> ] = 40% de Biol en el fase de Espigado	3
T <sub>5</sub> = [Testigo] = 0 de Biol en el Testigo	3
T <sub>6</sub> = [C <sub>2</sub> F <sub>1</sub> ] = 60% de Biol en el fase de Macollamiento	3
T <sub>7</sub> = [C <sub>2</sub> F <sub>2</sub> ] = 60% de Biol en el fase de Embuchamiento	3
T <sub>8</sub> = [C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> ] = 60% de Biol en el fase de Embuchamiento	3
T <sub>9</sub> = [C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> ] = 60% de Biol en el fase de Espigado	3
T <sub>10</sub> = [Testigo] = 0 de Biol en el Testigo	3

#### 4.2.2.3. Características del campo experimental

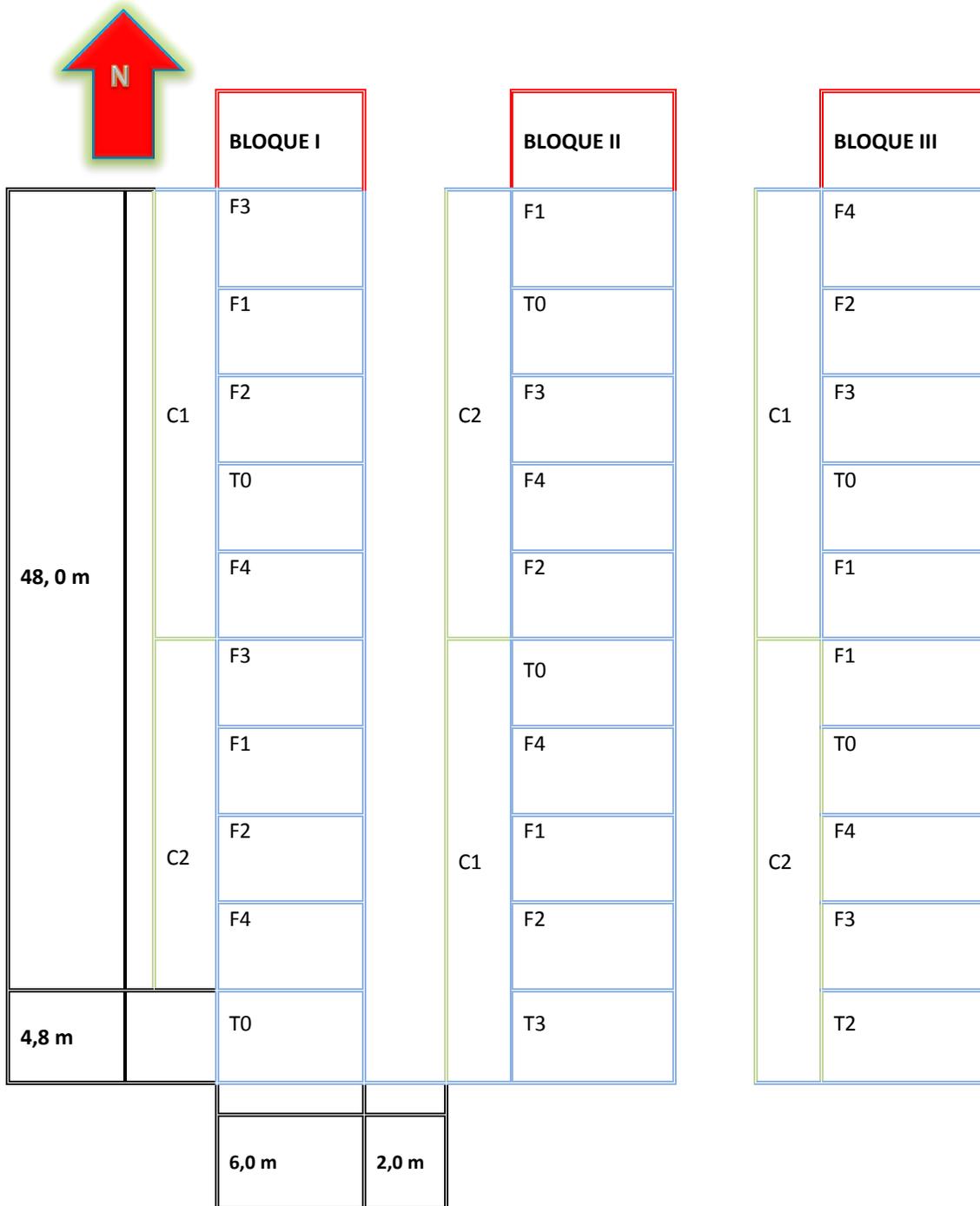
Los diez tratamientos se distribuyeron al azar en tres bloques, dando como resultado 30 unidades experimentales, donde detallada en el (cuadro 11).

**Cuadro 11. Características del campo experimental**

Detalle del campo	Dimensiones
Largo del campo experimental	48,0 m
Ancho del campo experimental	22,0 m
Área total del campo experimental	1056,0 m <sup>2</sup>
Número de bloques	3
Pasillo entre bloques	2,0 m
Área de bloques	288,0 m <sup>2</sup>
Largo de la unidad experimental	6,0 m
Ancho de la unidad experimental	4,8 m
Área de la unidad experimental	28,8 m <sup>2</sup>
Área útil total del ensayo	864 m <sup>2</sup>

#### 4.2.4.4. Croquis Experimental

Figura 6. Croquis de la unidad experimental y distribución de tratamientos



#### **4.2.1. Variables de respuesta**

##### **4.2.3.1. Variables climáticas**

Se tomaron los registros de temperatura, dentro del ambiente atemperado, durante la etapa de fermentación del biol, utilizando un termómetro de máximo y mínimo; las cuales registradas dos veces al día, 8:00 A.M y 17:00 P.M.

Para los registros agroclimáticos del campo experimental se realizó a base datos de Senahmi.

##### **4.2.3.2. Identificaciones de las fases fenológicas**

La identificación de las fases fenológicas se evaluó a razón de la introducción del biol en la fase fenológica.

##### **Días a la emergencia de plántulas**

Se evaluó el día de la emergencia de plántulas cuando un 50% de la parcela presentaba emergencia de plántulas en cada unidad experimental.

##### **Días a la macollamiento**

Este parámetro de número de días al macollamiento, se consideró cuando el 50% de la parcela de cada unidad experimental presentaba plantas macolladas o la aparición de cuarta hoja.

##### **Días a la entallecimiento**

Días al entallecimiento se consideró cuando el 50% de las plantas presentaban el primer nudo a dos o tres centímetros sobre el suelo.

### **Días a la embuchamiento**

Se registró como días al embuchamiento cuando la espiga evidente fue envuelto dentro de la hoja superior formando la llamada hoja de bandera.

### **Días al espigado**

Fue expresado como días de espigamiento, a partir de la siembra hasta que existió un 50% de emisión de espigas en todas las unidades experimentales.

### **Días a la cosecha en grano lechoso**

Se evaluó cuando el 50% de la parcela presentaba el grano lechoso.

#### **4.2.3.3. Determinación de la dinámica de crecimiento durante el ciclo vegetativo**

De acuerdo a la metodología recomendada por Marca et al (2002), se escogieron diez plantas al azar por cada unidad experimental en todos los tratamientos y se identificaron con una cinta de color para realizar el seguimiento de las mismas plantas en una frecuencia de observación de cada 14 días, durante todo el ciclo vegetativo. Además se determinaron en (centímetros), tomando la base del tallo principal hasta la punta de la espiguilla, con la ayuda de un flexo metro.

#### **4.2.3.4. Variables agronómicas**

##### **Altura de la planta**

Esta variable se determinó a los 114 días del ciclo vegetativo, escogiendo al azar 20 plantas por cada tratamiento.

### **Número de hojas por planta**

Para determinar el número de hojas se realizó el simple conteo de todas las muestras escogidas al azar desde el momento desde la emergencia, hasta el día del momento de la cosecha.

### **Dimensión de la hoja**

Se determinó la dimensión de la hoja, a razón tamaños: (pequeño, mediano y grande), ex taridas de la partes aérea de la planta (base, medio y alto). Luego se dispusieron a dibujar en un papel milimetrado delimitando el contorno realizando para todos los tratamientos. Además en el análisis estadístico se promediaron los resultados.

### **Número de macollos**

Esta variable se evaluó a simple conteo de macollos registrando desde la emergencia hasta el día de la cosecha, como parámetro que se evaluó fue en veinte plantas por cada tratamiento

#### **4.2.3.5. Relación entre variables**

Para la evaluación de relación entre variables se estableció en términos de regresión lineal, realizando relaciones entre variables de todos y cada uno de los tratamientos; siguiendo la metodología planteada por Calzada (1974). Las variables que se relacionaron fueron los siguientes:

- Relación número de hojas y rendimiento del heno
- Relación altura de planta y rendimiento del heno

#### **4.2.3.6. Variables del rendimiento**

##### **Determinación de la cantidad del heno producido en Tm/ha**

Para la determinación oportuna del rendimiento del heno, la cosecha del forraje se efectuó de acuerdo al desarrollo fisiológico de la planta.

Marca et al. Indica como floración en cuando el 50% de las espigas presentan granos que al ser presionados con la uña revientan y sale un líquido de color blanco. Así Gutiérrez citado por Paye (2000), acota que esta fase cuenta con mayor cantidad y calidad de nutrimentos. Además Beratto (1974), manifiesta la cebada como recurso forrajero, incluye dentro de rendimiento a la materia seca de toda la estructura vegetal presente en la parte aérea de la planta, es decir, tallos, hojas y espiga.

Para determinar el rendimiento de una planta forrajera es necesario trabajar con material seco ya que el mismo constituye una fuente de variación muy importante Villarroel (2001), Respecto a ello Huiza (2008), determino el rendimiento de materia seca, colocando a la sombra en un lugar ventilado para obtener un buen secado.

De esta razón para determinar el rendimiento del heno se consideró todas las plantas cosechadas en un 5% de área total de la unidad experimental de los tratamientos, el secado se realizó en un lugar ventilado para obtener uniformemente el producto. Para verificar la exactitud de la biomasa seca se realizó repeticiones hasta cuatro veces hasta que el resultado demostró ser constante, para el mismo se utilizó una balanza de reloj, y luego los resultados obtenidos se expresaron en toneladas por hectárea.

#### 4.2.3.7. Variables de análisis de costos parciales en la producción

Para esta variable se utilizó la metodología descrita por Perrin et al (1978), determinando el Beneficio Bruto, Beneficio Neto, el índice de Beneficio/Costo y Tasa de Retorno Marginal.

##### Ingreso bruto

Relación que resulta del producto del rendimiento promedio por tratamiento con el precio ajustado, y cuya ecuación está representada por:

$$IB = R * P$$

Dónde:

IB = Ingreso Bruto

R = Rendimiento promedio por tratamiento

P = Precio del producto Ajustado

##### Ingreso neto

Esta variable de análisis económico resulta de la diferencia entre el ingreso bruto y el total de costos de producción, su ecuación es:

$$IN = IB - TCP$$

Dónde:

IN = Beneficio Neto

IB = Beneficio Bruto

TCP = Costo Total de Producción

## Beneficio costo

Este indicador de economía resulta de la relación de ingreso bruto entre total de costo de producción, su ecuación es:

$$B/C = IB/TCP$$

Dónde:

B/C = Beneficio Costo

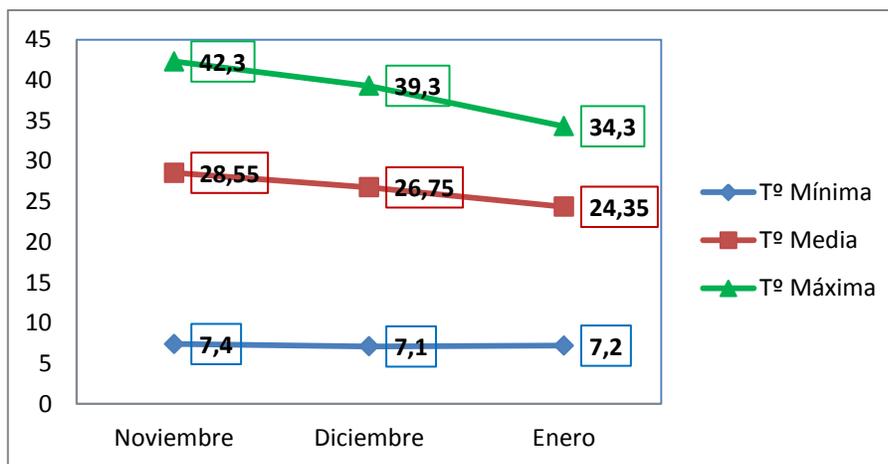
## 5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Primero se evaluó los factores influyentes en el desarrollo y producción del cultivo, con objeto de mostrar el efecto de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas.

### 5.1. Fluctuaciones de temperatura durante la fermentación del biol

En la (Figura 7), se observa que las variaciones de temperatura para la elaboración de biol, durante el día y la noche, en los meses noviembre, diciembre y enero; registran de temperaturas mínima de 7,1 °C en el mes de diciembre y una máxima 42,3 °C en el mes de noviembre. Entonces las condiciones térmicas nocturnas y diurnas variaron entre normal y ligeramente frío.

**Figura 7. Temperaturas registradas para la obtención del biol.**



Fuente: Propia (2015).

Espinal (2009), argumenta a mayor temperatura, mayor fermentación y a menor temperatura, menor fermentación. De acuerdo a nuestros registros de la temperatura en promedio de 27 °C, permitirá acortar el tiempo en la obtención del producto. Además el mismo autor obtuvo bioles en 90 días en una temperatura promedio 25 °C.

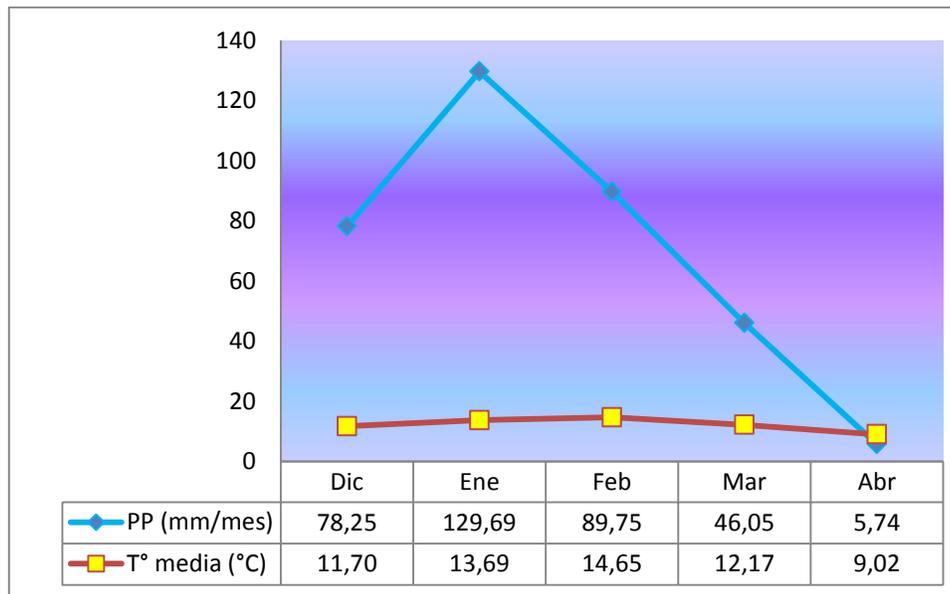
Certeramente las condiciones climáticas afectan a la obtención temprana del biol enmarcándose a los 77 días.

Además Restrepo (2001), consolida el tiempo de fermentación varía según el clima, por ejemplo en lugares cálidos es de 30 días, pero en lugares fríos el tiempo de fermentación puede llevar hasta 90 días.

## 5.2. Condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo

Durante el periodo de investigación las precipitaciones y temperaturas registradas en cada mes sucedieron con diferente intensidad como se observa en el (figura 8).

**Figura 8. Promedios mensuales de precipitación y temperatura (2014-2015)**



Fuente: Senahmi (2015)

En la (figura 8), Se registra con altas intensidades pluviales en los meses de Enero (129,69 mm) y febrero (89,75 mm); como se puede evidenciar estas favorecen al buen desarrollo y rendimiento del cultivo. Pero sin embargo se

registraron las precipitaciones bajas en los meses de Marzo (46,05 mm) y Abril (5,74 mm), en consecuencia habrá déficit hídrico para las plantas.

Las temperaturas media máxima se presentaron en el mes de febrero con 14,65 °C, así mismo la temperatura media baja en el mes de Abril con 9,02 °C.

### 5.3. Identificaciones de las fases fenológicas

Utilizando la metodología y procedimientos anteriormente descritos, se registraron los siguientes comportamientos (cuadro 12).

**Cuadro 12. Identificación de número de días en las fases fenológicas**

<b>Fase fenológica</b>	<b>A número de días</b>
Emergencia de plántulas	9
Macollamiento	30
Entallecimiento	67
Embuchamiento	81
Espigado	93
Cosecha en grano lechoso	114

### 5.4. Determinación de la dinámica de crecimiento durante el ciclo vegetativo

#### 5.4.1. Desarrollo de la planta en altura

A partir de los promedios de figuras y cuadros presentados se realizó las tendencias del desarrollo en la altura de la planta, cuales muestran una relación curvilíneas y paralelas entre los tratamientos evaluados.

**Cuadro 13. Desarrollo de la planta en altura durante el ciclo vegetativo cm/días**

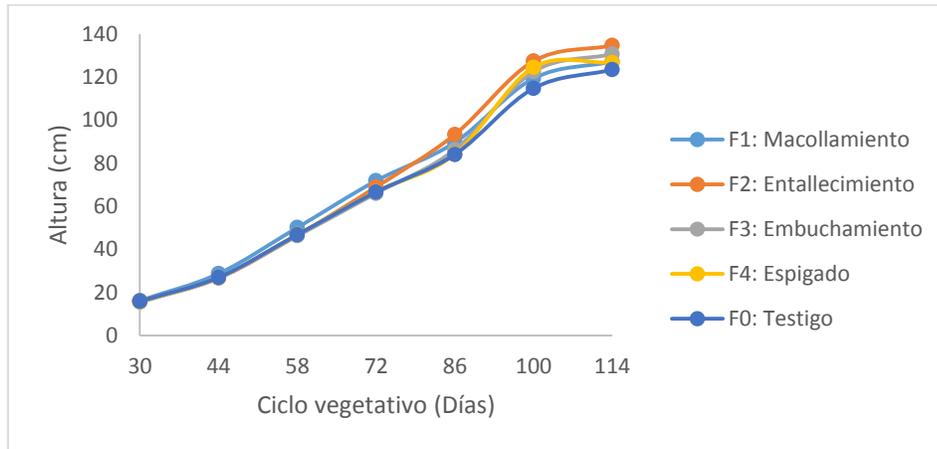
TRATAMIENTOS		CICLO VEGETATIVO						
		30	44	58	72	86	100	114
C1 40 % de Biol y 60 % de Agua	F1: Macollamiento	16,20	28,77	50,13	71,87	89,63	119,40	127,17
	F2: Entallecimiento	15,97	26,67	46,57	69,00	93,33	127,40	134,70
	F3: Embuchamiento	15,43	26,70	46,30	66,07	86,23	122,53	130,70
	F4: Espigado	15,80	26,93	46,90	66,80	84,17	124,50	126,80
	F0: Testigo	15,93	27,03	46,83	66,63	84,07	114,80	123,47
C2 60 % de Biol y 40 % de Agua	F1: Macollamiento	16,53	29,63	51,63	73,53	93,33	123,57	132,50
	F2: Entallecimiento	16,17	27,07	47,20	69,30	93,20	128,33	137,13
	F3: Embuchamiento	16,40	27,10	47,10	67,13	89,83	126,77	132,70
	F4: Espigado	15,33	26,60	46,57	66,57	83,60	127,13	132,80
	F0: Testigo	15,65	27,21	46,65	66,23	83,65	114,56	122,77

En los (cuadros 13 y 14), se puede apreciar la relación tasa de crecimiento y ciclo vegetativo, se caracterizan por presentar cuatro etapas: La primera etapa de crecimiento inicial entre la emergencia y aproximadamente hasta los 44 días del desarrollo, fase en el cual el crecimiento es progresivo pero lento, la tasa de crecimiento es menor a 1 cm/día, excepto en la fase de macollamiento a los 30 días de su fertilización se incrementa su crecimiento en relación a otros tratamientos. La etapa dos comprende entre 44 y 72 días aproximadamente y la tasa de crecimiento se ubica entre 1,39 a 1,43 cm/días, en tratamientos del 0% de biol, embuchamiento y entallecido; más en contrario en los tratamientos de macollamiento y entallecimiento varían entre 1,53 a 1,57 cm/día. La etapa tres comprende entre los 72 y 100 días aproximadamente; el comportamiento de la tasa de crecimiento se reduce en relación a la etapa dos. Pero dentro de la fase de macollamiento y entallecimiento estos rangos variarían entre 1,27 a 2,16 y 1,71 a 2,51 cm/días. En cambio en la fase de embuchado la tasa de crecimiento aumento en 1,44 y 2,64 cm/días razón por cual de la introducción del biol a los 81 días; también el tratamiento espigado a los 93 días de la incorporación del biol presentó cambio drásticas alcanzando hasta 1,22 a 3,11 cm/días. Efectivamente 100 días de ciclo hasta la fecha de la cosecha la tasa de crecimiento de cultivo disminuyo propensamente hasta los niveles de 0,16 a 0,64 cm/días.

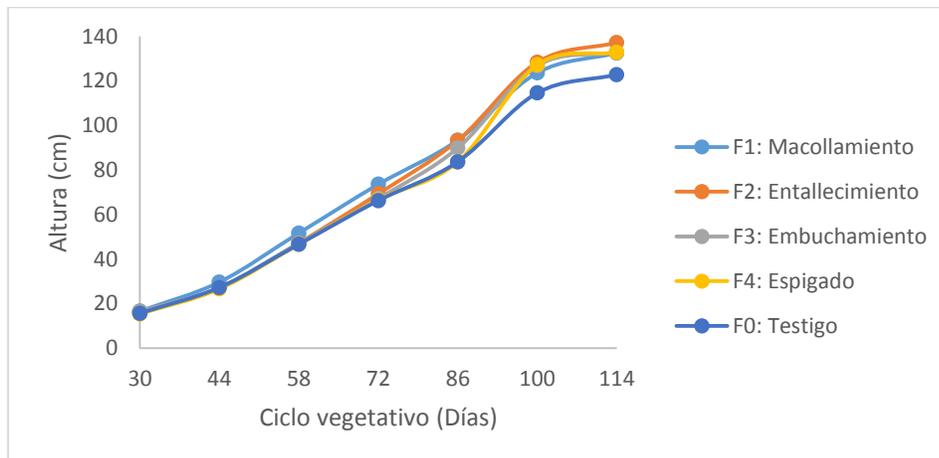
**Cuadro 14. Tasa de crecimiento (cm/día) durante el ciclo vegetativo**

TRATAMIENTOS		CICLO VEGETATIVO						
		0 - 30	30 - 44	44 - 58	58 - 72	72 - 86	86 - 100	100 - 144
C1 40 % de Biol y 60 % de Agua	F1: Macollamiento	0,54	0,90	1,53	1,55	1,27	2,13	0,55
	F2: Entallecimiento	0,53	0,76	1,42	1,60	1,74	2,43	0,52
	F3: Embuchamiento	0,51	0,80	1,40	1,41	1,44	2,59	0,58
	F4: Espigado	0,53	0,80	1,43	1,42	1,24	2,88	0,16
	F0: Testigo	0,53	0,79	1,41	1,41	1,25	2,20	0,62
C2 60 % de Biol y 40 % de Agua	F1: Macollamiento	0,55	0,94	1,57	1,56	1,41	2,16	0,64
	F2: Entallecimiento	0,54	0,78	1,44	1,58	1,71	2,51	0,63
	F3: Embuchamiento	0,55	0,76	1,43	1,43	1,62	2,64	0,42
	F4: Espigado	0,51	0,80	1,43	1,43	1,22	3,11	0,40
	F0: Testigo	0,52	0,83	1,39	1,40	1,24	2,21	0,59

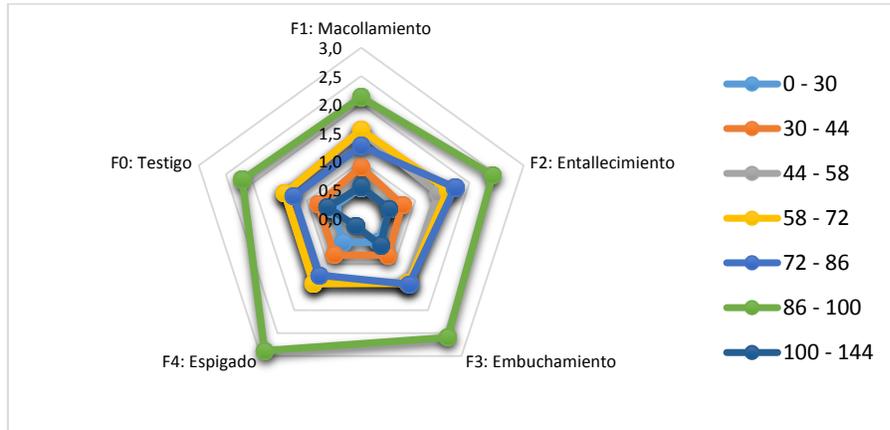
**Figura 9. Altura de la planta promedio comparación de cuatro fases fenológicas y 40% de Biol**



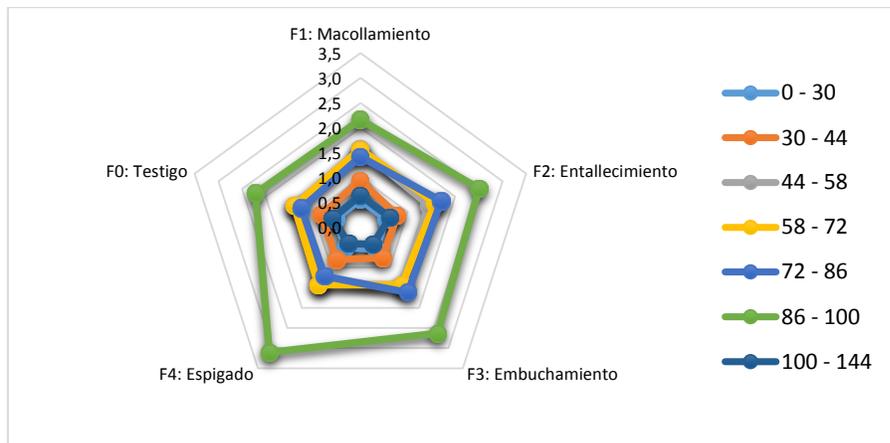
**Figura 10. Altura de la planta promedio comparación de cuatro fases fenológicas y 60% de Biol**



**Figura 11. Tasa de crecimiento (cm/día) comparación de cuatro fases fenológicas y 40% de Biol**



**Figura 12. Tasa de crecimiento (cm/día) comparación de cuatro fases fenológicas y 60% de Biol**



La fase fenológica que se identificó en función de la tasa de crecimiento óptimo en la altura, fue de la fase de entallecimiento. López (1991), afirma que una aportación de nitrógeno en el ahijado o entallecimiento, favorece más el alargamiento de los entrenudos de la base, a diferencia de una aplicación al comienzo de encañado que estimula la elongación de los entrenudos superiores.

Tambillo (2002), sustenta también al identificar la etapa acelerado en el crecimiento de la altura a la fase de entallecimiento, cual registró entre los 60 y 75 días del ciclo vegetativo.

Ronen (2010), plantea ante este comportamiento agronómico, que la fertilización foliar es una forma de fertilización de más rápida absorción de las plantas por los estomas de las hojas y que principalmente ayuda en el proceso de crecimiento de las plantas.

## 5.6. Variables agronómicas

### 5.6.1. Altura de la planta

Los tratamientos estudiados en dos concentraciones de biol y cuatro fases fenológicas presentan alturas de planta superiores al respecto de los testigos; como se describe en el (cuadro 15).

**Cuadro 15. Promedios de altura de planta (cm) de la cebada forrajera con aplicación de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo**

TRATAMIENTOS	A: CONCENTRACIONES DE BIOL	B: FASES FENOLÓGICAS	BLOQ. I	BLOQ. II	BLOQ. III	PROM.
T1	C1 40 % de Biol y 60 % de Agua	F1: Macollamiento	126,5	127,9	127,1	127,17
T2		F2: Entallecimiento	135,4	134,6	134,1	134,70
T3		F3: Embuchamiento	131,9	130,3	129,9	130,70
T4		F4: Espigado	126,6	127,9	125,9	126,80
T5		F0: Testigo	123,5	122,5	124,4	123,47
T6	C2 60 % de Biol y 40 % de Agua	F1: Macollamiento	134,8	132,3	130,4	132,50
T7		F2: Entallecimiento	136,8	137,5	137,1	137,13
T8		F3: Embuchamiento	130,5	132,7	134,9	132,70
T9		F4: Espigado	133,8	132,7	131,9	132,80
T10		F0: Testigo	122,8	124,2	121,3	122,77

En el (cuadro 15), en relación al análisis de altura de planta expresado en cm, se encontró con el mayor valor promedio de altura de planta al tratamiento T7 137,13 cm, seguido del tratamiento T2 134,70 cm, del efecto de 40% y 60% relativa a la fase fenológica de entallecimiento. Los tratamientos T5 y T10 sin biol presentaron 123,47 y 122,77 cm.

Sin embargo Ticona (2014), expresa que con 75% de biol más el riego por aspersión, la altura de planta alcanza los 102.1 cm en el Centro Experimental de Choquenaira.

Pero en Altiplano Norte Villaroel (2001), reporta que a una densidad de siembra a 110 kg/ha, la altura de la planta alcanza los 122,3 cm.

Rondo (2004) y Gómez citado por Hualpa (2009), proclaman unánimemente, que las características en el crecimiento en altura de planta está determinado por el carácter genético de cada variedad y las características ambientales, sustrato y la nutrición que se les proporciona a las plantas.

Para una evaluación estadísticamente concreta se realizó el análisis de varianza de altura de planta de la cebada forrajera en cm, (cuadro 16), donde se determinó diferencias significativas entre concentraciones del biol, fases fenológicas y la interacción de concentración del biol por fases fenológicas; pero sin embargo no hubo significancia entre bloques y bloques por concentración del biol. . Examinadas con una probabilidad del ( $P < 0.01$ ).

**Cuadro 16. Análisis de varianza para altura de planta**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Resultado
Bloques	2	2.0906	1.0453	0.53	0.5966	NS
Concentraciones del Biol	1	68.1013	68.1013	34.76	<.0001	**
Bloques*Conc. del Biol	2	0.2106	0.1053	0.05	0.9478	NS
Fases Fenológicas	4	511.9086	127.9771	65.33	<.0001	**
Conc. del Biol*fas. Fenológicas	4	44.1820	11.0455	5.64	0.005	**
Error Experimental	16	31.3453	1.9590			
Total	29	657.8386				

Coefficiente Variación = 10.761 %

En el análisis de varianza para el carácter altura de planta, se registró un coeficiente de variación de 10.761 %, lo que permite asumir un grado de confiabilidad en los resultados y la metodología aplica en el campo, debajo del 30 % que es el rango permitido (Calzada, 1982).

De acuerdo que se utilizó el DBCA realizado la ANVA, indica que no fue necesario bloquear.

El efecto de las concentraciones del biol, presentan diferencias significativas; explícitamente implica que al utilizar dos concentraciones se obtendrán diferentes resultados en la altura de planta.

Respecto a las fases fenológicas presenta diferencias significativas; esto implica que en cualquiera de las fases se obtendrán diferentes alturas de planta.

La interacción de las concentraciones de biol - que el biol incorporado en la fase fenológica presentara resultados diferentes fase fenológica, presenta el efecto significativo lo cual estadísticamente implica de este carácter, por ende existe la interacción entre estos factores de estudio.

Como se observó en el análisis de varianza, diferencias significativas para los factores: concentraciones del biol y fases fenológicas, se empleará la prueba de Medias de Duncan.

### **Efecto de dos concentraciones del biol en la altura de planta**

Con respecto a dos concentraciones del biol, se distingue las diferencias en la altura de planta, mediante la prueba de Duncan se observará diferencias significativas lo que se muestra en el (cuadro 17).

**Cuadro 17. Comparaciones de medias de altura de planta por Duncan para dos concentraciones de biol**

Duncan Grupos	Media (cm)	Concentraciones del Biol
A	131.580	C <sub>2</sub> 60%
B	128.566	C <sub>1</sub> 40%

En el (cuadro 17), se examina la prueba de Duncan al 5 %, del efecto específico de dos concentraciones del biol; indica que la aplicación de 60% de biol es la más recomendable a razón de que eminentemente registra 131.580 cm, seguido de 128.566 cm de 40% del biol, cual representa una disminución de 2.290% frente al 60%.

#### **Efecto de las fases fenológicas en la altura de planta**

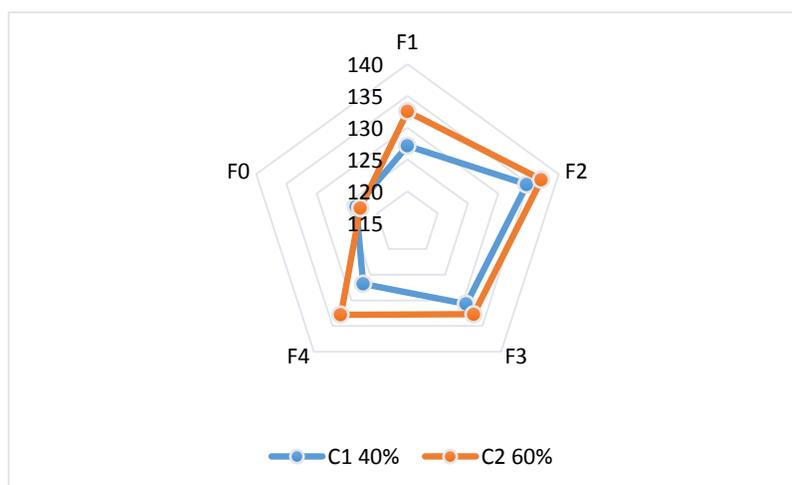
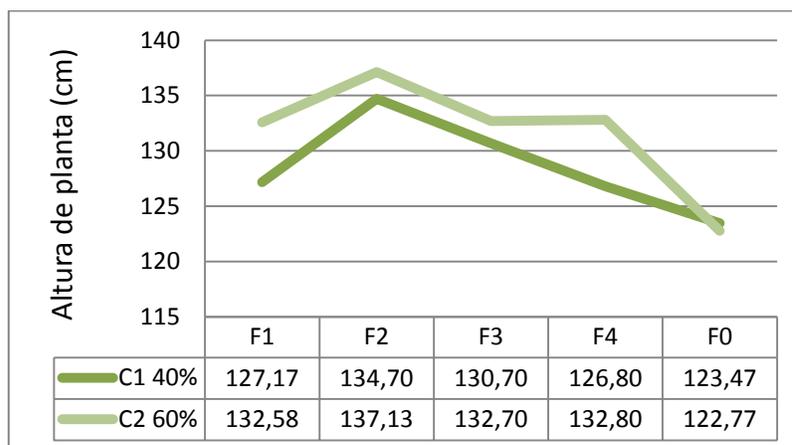
Con respecto de los fases fenológicas de la cebada, se distingue la diferencias en la altura de planta, mediante la prueba de Duncan se observará diferencias significativas lo que se muestra en el (cuadro 18).

**Cuadro 18. Comparaciones de medias de altura de la planta por Duncan para fases fenológicas**

Duncan Grupos	Media (cm)	Fases Fenológicas
A	135.917	F2: Entallecimiento
B	131.700	F3: Embuchamiento
C	129.833	F1: Macollamiento
C	129.800	F4: Espigado
D	123.117	F0: Testigo

En el (cuadro 18), se examina la prueba de Duncan al 5 %, del efecto específico de la fase fenológica; indica que el tratamiento de la fase de entallecimiento es la más recomendable a razón de que eminentemente registra un altura de 135.197 cm. En relación del testigo 123.117 cm.

**Figura 13. Efectos simples del uso de dos concentraciones de biol y en cuatro fases fenológicas sobre la altura de planta**



(Figura 13), el efecto simple enfoca el máximo altura de planta a 137.13 cm del tratamiento de entallecimiento con 60% del biol; en relación de 123.47 y 122.77 cm.

### 5.6.2. Número de hojas por planta

Los tratamientos estudiados en dos concentraciones de biol y cuatro fases fenológicas presentan número de hojas por planta sublimes al respecto de los testigos; como se describe en el (cuadro 19).

**Cuadro 19. Promedios de número de hojas por planta de la cebada forrajera con aplicación de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo**

TRATAMIENTOS	A: CONCENTRACIONES DE BIOL	B: FASES FENOLÓGICAS	BLOQ. I	BLOQ. II	BLOQ. III	PROM.
T1	C1 40 % de Biol y 60 % de Agua	F1: Macollamiento	52,49	53,81	52,07	52,79
T2		F2: Entallecimiento	52,80	52,07	52,45	52,44
T3		F3: Embuchamiento	51,70	54,01	51,48	52,40
T4		F4: Espigado	51,70	53,57	53,99	53,09
T5		F0: Testigo	49,34	48,82	49,13	49,09
T6	C2 60 % de Biol y 40 % de Agua	F1: Macollamiento	54,27	51,77	52,07	52,70
T7		F2: Entallecimiento	54,63	53,46	54,23	54,11
T8		F3: Embuchamiento	53,90	53,90	53,06	53,62
T9		F4: Espigado	53,15	52,36	49,87	51,80
T10		F0: Testigo	48,40	50,20	47,81	48,80

En el (cuadro 19), en relación al análisis de número de hojas por planta, se encontró con mayor valor promedio de número de hojas al tratamiento T7 54,11 hojas, seguido del tratamiento T8 53,62 hojas ambos valores del efecto de 60%, relativamente de la fase fenológica de entallecimiento y embuchamiento. Los T10 y T5 sin biol presentaron 48,80 y 49,09 hojas por planta.

Medina (1992), resalta que el biol es considerado como un estimulante complejo que al ser aplicado al follaje de los cultivos permite aumentar la cantidad de las hojas e incrementar la capacidad de fotosíntesis de las plantas, mejorando sustancialmente la producción y calidad de las cosechas.

Centellas citado por Espinal (2009), además plantea que el crecimiento y el número de hojas están controlados por componentes orgánicos e inorgánicos, necesarios para la síntesis de paredes celulares nuevas.

Tambillo (2002), en el Altiplano Central incorporando diferentes niveles de fertilizantes químicos foliares, también logro a obtener 54.25 y 54,63 hojas por planta en promedio.

Así también en el Altiplano Norte Huiza (2008), con la incorporación de abono orgánico, a una densidad de 100 kg/ha de la siembra, registró 25.7 hojas por planta.

Para una evaluación estadísticamente concreta se realizó el análisis de varianza de número de hojas por planta de la cebada forrajera (cuadro 20), donde se determinó diferencias significativas para fases fenológicas pero sin embargo no hubo significancia entre bloques, concentraciones del biol, bloques por concentración del biol y concentraciones del biol por fases fenológicas. Examinadas con una probabilidad del ( $P < 0.01$ ).

**Cuadro 20. Análisis de varianza para número de hojas por planta**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Resultado
Bloques	2	3.4070	1.7035	1.77	0.2020	NS
Concentraciones del Biol	1	0.4440	0.4440	0.46	0.5066	NS
Bloques*Conc. del Biol	2	4.0176	2.0088	2.09	0.1564	NS
Fases Fenológicas	4	75.9403	18.9850	19.73	<.0001	**
Conc. del Biol*fases Fenológicas	4	8.6168	2.1542	2.24	0.1105	NS
Error Experimental	16	15.3937	0.9621			
Total	29	107.8196				

Coeficiente Variación = 6.832 %

En el análisis de varianza para el carácter de número de hojas por planta, se registró un coeficiente de variación de 6.832 %, lo que permite asumir un grado de confiabilidad en los resultados y la metodología aplica en el campo, debajo del 30 % que es el rango permitido (Calzada, 1982).

De acuerdo que se utilizó el DBCA realizado la ANVA, indica que no fue necesario bloquear.

El efecto de las concentraciones del biol, no presenta diferencias

significativas; el cual implica que al utilizar dos concentraciones se obtendrán resultados similares en el número de hojas por planta.

Respecto a las fases fenológicas presenta diferencias significativas; esto implica que en cualquiera de las fases se obtendrán diferentes cantidades de hojas por planta.

La interacción de las concentraciones de biol - fase fenológica, presenta el efecto significativo lo cual estadísticamente implica que el biol incorporado en la fase fenológica presentara resultados diferentes de este carácter, por ende existe la interacción entre estos factores de estudio.

Como se observó en el análisis de varianza, diferencia significativa para el factor de fases fenológicas; se empleará la prueba de Medias de Duncan.

### **Efecto de las fases fenológicas en el número de hojas por planta**

Con respecto de los fases fenológicas de la cebada, se distingue la diferencias en la cantidad de hojas por planta, mediante la prueba de Duncan se observará diferencias significativas lo que se muestra en el (cuadro 21).

**Cuadro 21. Comparaciones de medias de número de hojas por planta por Duncan para fases fenológicas**

Duncan Grupos	Media	Fases Fenológicas
A	53.273	F2: Entallecimiento
A	53.008	F3: Embuchamiento
A	52.747	F1: Macollamiento
A	52.440	F4: Espigado
B	48.950	F0: Testigo

En el (cuadro 21), se examina la prueba de Duncan al 5 %, del efecto específico de la fase fenológica; indica que los tratamientos de la fase de

entallecimiento y embuchamiento son las más recomendables a razón de que eminentemente registran 53.273 y 53.008 hojas por planta. En relación del testigo 48.950 hojas por planta.

### 5.6.3. Dimensión de hoja

Los tratamientos estudiados en dos concentraciones de biol y cuatro fases fenológicas presentan dimensiones grandes al respecto de los testigos; como se describe en el (cuadro 22).

**Cuadro 22. Promedios de dimensión de hoja de la cebada forrajera con aplicación de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo.**

TRATAMIENTOS	A: CONCENTRACIONES DE BIOL	B: FASES FENOLÓGICAS	BLOQ. I	BLOQ. II	BLOQ. III	PROM.
T1	C1 40 % de Biol y 60 % de Agua	F1: Macollamiento	29,20	30,91	30,08	30,06
T2		F2: Entallecimiento	30,12	31,37	30,75	30,75
T3		F3: Embuchamiento	31,37	30,66	31,04	31,02
T4		F4: Espigado	28,95	28,25	28,63	28,61
T5		F0: Testigo	28,75	27,12	26,95	27,61
T6	C2 60 % de Biol y 40 % de Agua	F1: Macollamiento	30,62	29,33	30,00	29,98
T7		F2: Entallecimiento	34,16	35,25	34,58	34,66
T8		F3: Embuchamiento	28,91	29,29	29,12	29,11
T9		F4: Espigado	28,12	28,50	28,30	28,31
T10		F0: Testigo	25,75	27,52	28,95	27,41

En el (cuadro 22), en relación al análisis del dimensión de hoja expresado en  $\text{cm}^2$ , se determinó con el mayor valor promedio en dimensión de la hoja, al tratamiento T7  $34,66 \text{ cm}^2$ , seguido de tratamiento T3  $31,02 \text{ cm}^2$ , ambos valores del efecto de 40% y 60%, relativamente de entallecimiento y embuchamiento. Los tratamientos T10 y T5 sin biol presentaron  $27,41$  y  $27,61 \text{ cm}^2$ .

Espinal (2009), además con 50% del biol incremento la área foliar de la lechuga suiza.

Entonces Simpson (1991) afirma que la fertilización con nitrógeno aumenta el tamaño de las células, incrementándose de este modo la fotosíntesis y en consecuencia el crecimiento de la hoja.

Para una evaluación estadísticamente concreta se realizó el análisis de varianza del dimension de hoja de la cebada forrajera en cm<sup>2</sup>, (cuadro 23), donde se determinó diferencias significativas entre fases fenológicas y la interacción de concentración del biol por fases fenológicas; pero sin embargó no hubo significancia entre bloques, concentraciones del biol y bloques por concentración del biol. Examinadas con una probabilidad del (P<0.01).

**Cuadro 23. Análisis de varianza para la dimensión de hoja**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Resultado
Bloques	2	0.3701	0.1850	0.29	0.7503	NS
Concentraciones del Biol	1	0.6020	0.6020	0.95	0.3439	NS
Bloques*Conc. del Biol	2	0.9414	0.4707	0.74	0.4911	NS
Fases Fenológicas	4	93.6413	23.4103	36.99	<.0001	**
Conc. del Biol*fases Fenológicas	4	28.1263	7.0315	11.11	0.0002	**
Error Experimental	16	10.1264	0.6329			
Total	29	133.8078				

Coefficiente Variación = 5. 739 %

En el análisis de varianza para el carácter dimensión de hoja, se registró un coeficiente de variación de 5.739 %, lo que permite asumir un grado de confiabilidad en los resultados y la metodología aplica en el campo, debajo del 30 % que es el rango permitido (Calzada, 1982).

De acuerdo que se utilizó el DBCA realizado la ANVA, indica que no fue necesario bloquear.

El efecto de las concentraciones del biol, no presenta diferencias

significativas; el cual implica que al utilizar dos concentraciones se obtendrán resultados similares de dimensión de la hoja.

Respecto a las fases fenológicas presenta diferencias altamente significativas; esto implica que en cualquiera de las fases fenológicas se obtendrán diferentes alturas de planta.

La interacción de las concentraciones de biol - fase fenológica, presenta el efecto significativo lo cual estadísticamente implica que el biol incorporado en la fase fenológica presentara resultados diferentes de este carácter, por ende existe la interacción entre estos factores de estudio.

Como se observó en el análisis de varianza, diferencia significativa para el factor de fases fenológicas; se empleará la prueba de Medias de Duncan.

### **Efecto de las fases fenológicas en la dimensión de hoja**

Con respecto de los fases fenológicas de la cebada, se distingue la diferencias en la dimensión de hoja, mediante la prueba de Duncan se observará diferencias significativas lo que se muestra en el (cuadro 24).

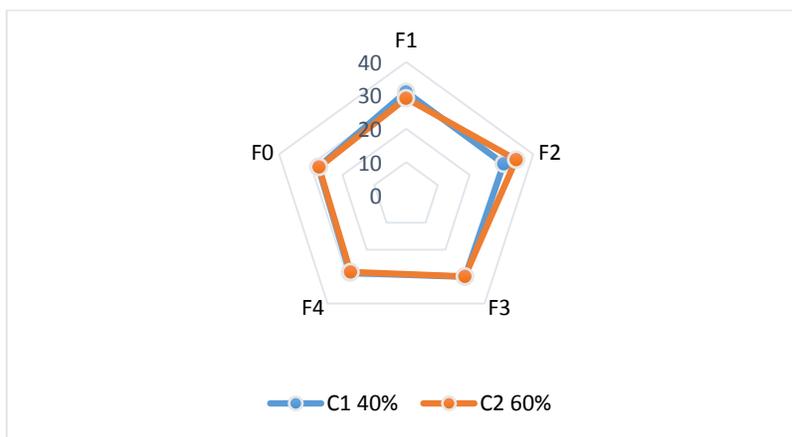
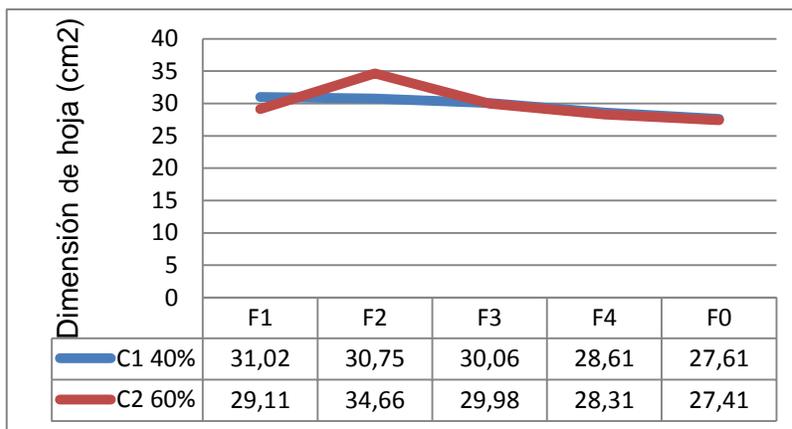
**Cuadro 24. Comparaciones de medias de dimensión de hoja por Duncan para fases fenológicas**

Duncan Grupos	Media	Fases Fenológicas
A	32.705	F2: Entallecimiento
B	30.065	F1: Macollamiento
B	30.023	F3: Embuchamiento
C	28.458	F4: Espigado
C	27.506	F0: Testigo

En el (cuadro 24), se examina la prueba de Duncan al 5 % del efecto específico en las fases fenológicas; indica que el tratamiento de fase de

entallecimiento es la más recomendable a razón de que eminentemente registra un dimensión de 32.705 cm<sup>2</sup>. A razón del testigo 27.506 cm<sup>2</sup>.

**Figura 14. Efectos simples del uso de dos concentraciones de Biol y en cuatro fases fenológicas sobre la dimensión de hoja**



(Figura 14), el efecto simple enfoca el máximo dimensión de la hoja a 34,66 cm<sup>2</sup> del tratamiento de entallecimiento con 60% del biol; en relación de 27,61 y 27,41 cm<sup>2</sup>.

#### 5.6.4. Número de macollo por planta

Los tratamientos estudiados en dos concentraciones de biol y cuatro fases fenológicas presentan número de macollos de mayor cantidad al respecto de los testigos; como se describe en el (cuadro 25).

**Cuadro 25. Promedios del número de macollos por planta de la cebada forrajera con aplicación de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo**

TRATAMIENTOS	A: CONCENTRACIONES DE BIOL	B: FASES FENOLÓGICAS	BLOQ. I	BLOQ. II	BLOQ. III	PROM.
T1	C1 40 % de Biol y 60 % de Agua	F1: Macollamiento	12,60	10,74	11,66	11,67
T2		F2: Entallecimiento	10,64	11,66	10,15	10,82
T3		F3: Embuchamiento	10,19	12,36	11,59	11,38
T4		F4: Espigado	10,96	10,74	10,79	10,83
T5		F0: Testigo	9,96	10,76	10,16	10,29
T6	C2 60 % de Biol y 40 % de Agua	F1: Macollamiento	11,42	11,90	11,66	11,66
T7		F2: Entallecimiento	10,82	11,90	11,77	11,50
T8		F3: Embuchamiento	11,66	13,06	11,65	12,12
T9		F4: Espigado	11,39	11,80	10,08	11,09
T10		F0: Testigo	9,63	9,87	9,72	9,74

En el (cuadro 29), en relación al análisis del número de macollos por planta, se determinó con el mayor valor promedio de macollos por planta al tratamiento T8 12,12 macollos; seguido del tratamiento T1 11,67 macollos; ambos valores del efecto de 40% y 60%, relativamente de la fase fenológica de embuchamiento y macollamiento. Los tratamientos T10 y T5 sin biol presentaron 9,74 y 10,29 macollos.

Al respecto FAO (1990), señala que la poca disponibilidad de los nutrientes, exclusivamente orgánicas pueden limitar el estado nutricional de las plantas si estas no satisfacen sus necesidades.

Mendieta (1992), asegura que el mayor rendimiento de forraje, está muy relacionado con un mayor número de macollos producido por la planta. Sin embargo, un mayor o menor número de macollos está en función a una disponibilidad apropiada del nitrógeno en el suelo.

Tito (2014), en la localidad de Choquenaira y Batallas, para la variedad de la cebada IBTA - 80 registro un promedio de 11.08 macollos por planta.

Chambi (2005), para IBTA - 80 solo 2,78 macollos por planta.

Para una evaluación estadísticamente concreta se realizó el análisis de varianza de número de macollos por planta de la cebada forrajera (cuadro 30), donde se determina diferencia significativa para fases fenológicas; pero sin embargo no hubo significancia entre bloques, concentraciones del biol, bloques por concentración del biol y en la interacción de concentración del biol por fases fenológicas. Examinadas con una probabilidad del ( $P < 0.01$ ).

**Cuadro 26. Análisis de varianza para el número de macollos por planta**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Resultado
Bloques	2	2.0462	1.0231	2.26	0.1364	NS
Concentraciones del Biol	1	0.3785	0.3785	0.84	0.3739	NS
Bloques*Conc. del Biol	2	0.1973	0.0986	0.22	0.8064	NS
Fases Fenológicas	4	11.6278	2.9069	6.43	0.0028	**
Conc. del Biol*fas. Fenológicas	4	1.7046	0.4261	0.94	0.4650	NS
Error Experimental	16	7.2372	0.4523			
Total	29	23.1916				

Coefficiente Variación = 6.538

En el análisis de varianza para el variable de número de macollos por planta, se registró un coeficiente de variación de 6.538 % lo que permite asumir un grado de confiabilidad en los resultados y la metodología aplica en el campo, debajo del 30 % que es el rango permitido (Calzada, 1982).

De acuerdo que se utilizó el DBCA realizado la ANVA, indica que no fue necesario bloquear.

El efecto de las concentraciones del biol, no presenta diferencias significativas; entonces implica que al utilizar dos concentraciones se obtendrán resultados similares en el número de macollos.

Respecto a las fases fenológicas presenta diferencias altamente significativas; esto explícitamente implica que en cualquiera de las fases se obtendrán diferentes valores en el número de macollos.

La interacción de las concentraciones de biol - fase fenológica, no presenta el efecto significativo lo cual estadísticamente implica que el biol incorporado en la fase fenológica presentara resultados similares de este carácter, por ende no existe la interacción entre estos factores de estudio.

Como se observó en el análisis de varianza, diferencia significativa para el factor de fases fenológicas; se empleará la prueba de Medias de Duncan.

### **Efecto de las fases fenológicas en el número de macollos por planta**

Con respecto de los fases fenológicas de la cebada, se distingue el número de macollos, mediante la prueba de Duncan se observará diferencias significativas lo que se muestra en el (cuadro 27).

**Cuadro 27. Comparaciones de medias de número de macollos por Duncan para fases fenológicas**

Duncan Grupos	Media	Fases Fenológicas
A	11.752	F3: Embuchamiento
B	11.663	F1: Macollamiento
B	11.157	F2: Entallecimiento
C	10.960	F4: Espigado
C	10.017	F0: Testigo

En el (cuadro 27), se examina la prueba de Duncan al 5 % del efecto específico de la fase fenológica; indica que le tratamiento de la fase de embuchamiento es la más recomendable a razón de que eminentemente registra 11.752 macollos por planta. En relación del testigo 10.17 macollos.

## 5.7. Relación entre variables

A partir de promedios de las variables de: número de hojas y altura de planta, estas en relación al rendimiento del heno en Tn/ha, presentado en el Anexo B, se determinó la relación entre estas variables en los tratamientos:

### 5.7.1. Relación número de hojas y rendimiento del heno producido en Tn/ha del tratamiento 40% de Biol en la fase de Embuchamiento

De acuerdo al análisis de varianza Anexo (B -1), se observa que existe diferencias significativas, dicho resultado permite afirmar que el número de hojas por planta influye en el rendimiento del heno. Razón por lo cual el biol aplicado en la fase fenológica influye positivamente (“b” es diferente de cero).

**Cuadro 28. Análisis de regresión, correlación y coeficiente de determinación entre número de hojas y rendimiento del heno del tratamiento (40% de Biol en la fase de Embuchamiento)**

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Intercepto	$a = - 36.65$
Coeficiente de regresión	$b = 1.06$
Coeficiente de correlación	$r = 0.99$
Coeficiente de determinación	$r^2 = 0.98$
Ecuación lineal	$y = 1.06x - 36.65$

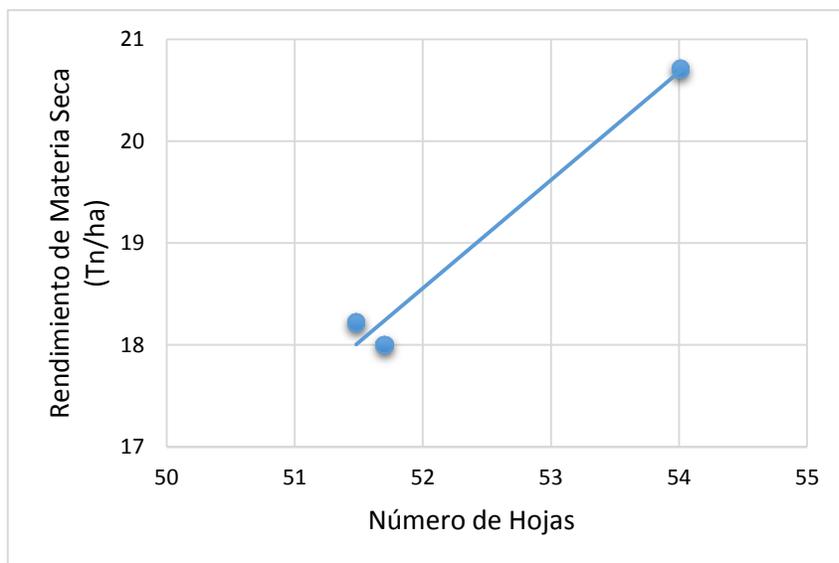
Dónde:

X = Número de hojas

Y = Rendimiento del heno (Tn/ha).

Según el análisis del (cuadro 28), se observa entre el número de hojas y el rendimiento del heno de cultivo, una regresión positiva simple y una correlación altamente significativo de tipo lineal con una tendencia positiva de 0.99, cual indica la dependencia entre estas dos variables. En cuestión al coeficiente de regresión de 1.06 Tn/ha de materia seca, lo cual significa que a medida que el número de hojas de una planta aumenta con una hoja, el rendimiento del heno se incrementara a razón de 1.06 tn/ha como se puede examinar en la (fig. 15).

**Figura 15. Relación número de hojas y rendimiento del heno**



En el cuadro anterior el coeficiente de determinación, indica el 98 por ciento de la variación en el rendimiento del heno es debido a la relación lineal que existe entre el rendimiento del heno y número de hojas, donde la diferencia se debe a factores propios del azar.

### **5.7.2. Relación altura de planta y rendimiento del heno producido en Tn/ha del tratamiento 40% de Biol en el fase de Espigado (C1 F4)**

De acuerdo al análisis de varianza Anexo (B – 2), se observa que existe diferencias significativas, dicho resultado permite afirmar que la altura de planta

influye en el rendimiento del heno; razón por lo cual el Biol aplicado en la fase fenológica influye positivamente (“b” es diferente de cero).

**Cuadro 29. Análisis de regresión, correlación y coeficiente de determinación entre altura de planta y rendimiento del heno del tratamiento (40% de Biol en la fase de Espigado)**

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS
Intercepto	$a = - 195.48$
Coeficiente de regresión	$b = 1.70$
Coeficiente de correlación	$r = 0.96$
Coeficiente de determinación	$r^2 = 0.93$
Ecuación lineal	$y = 1.70x - 195.48$

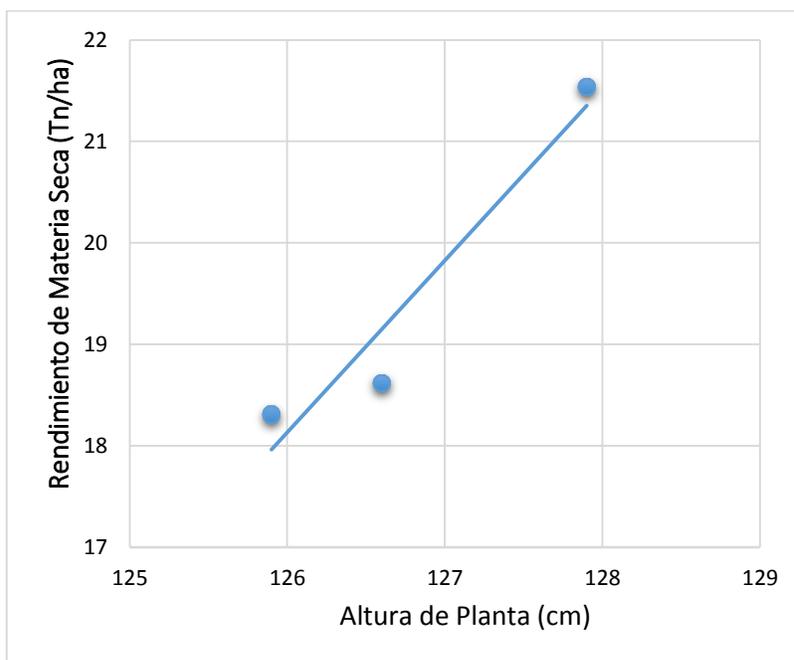
Dónde:

$X =$  Altura de planta (cm)

$Y =$  Rendimiento del heno (Tn/ha)

Según el análisis del (cuadro 29), se observa entre la altura de planta y el rendimiento del heno, una regresión positiva simple y una correlación altamente significativo de tipo lineal con una tendencia positiva de 0.96, cual indica la dependencia entre estas dos variables. En cuestión al coeficiente de regresión es de 1.70 Tn/ha de materia seca, lo cual significa que a medida que la altura de planta aumenta en un centímetro, el rendimiento de heno se incrementara a razón de 1,70 tn/ha como se puede examinar con mayor precaución en la (fig. 16).

**Figura 16. Relación altura de planta y rendimiento del heno**



En el mismo cuadro anterior el coeficiente de determinación, indica el 93 por ciento de la variación en el rendimiento de heno es debido a la relación lineal que existe entre el rendimiento del heno y altura de planta, donde la diferencia se debe a factores propios del azar.

## **5.8. Variables del rendimiento**

### **5.8.1. Rendimiento del heno producido en Tn/ha**

Los tratamientos estudiados en dos concentraciones de biol y cuatro fases fenológicas presentan rendimientos elevados al respecto de los testigos; como se describe en el (cuadro 30).

**Cuadro 30. Rendimiento del heno producido en Tn/ha aplicación de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo de cebada**

TRATAMIENTOS	A: CONCENTRACIONES DE BIOL	B: FASES FENOLÓGICAS	BLOQ. I	BLOQ. II	BLOQ. III	PROM.
T1	C1 40 % de Biol y 60 % de Agua	F1: Macollamiento	18,98	18,46	21,54	19,66
T2		F2: Entallecimiento	18,40	22,11	22,77	21,09
T3		F3: Embuchamiento	18,00	20,71	18,22	18,98
T4		F4: Espigado	18,62	21,54	18,31	19,49
T5		F0: Testigo	17,85	16,43	17,04	17,11
T6	C2 60 % de Biol y 40 % de Agua	F1: Macollamiento	19,14	21,40	21,00	20,51
T7		F2: Entallecimiento	22,31	23,08	21,56	22,31
T8		F3: Embuchamiento	17,60	20,37	19,72	19,23
T9		F4: Espigado	17,40	19,40	18,58	18,46
T10		F0: Testigo	17,43	17,56	16,43	17,14

En el (cuadro 30), en relación al análisis del rendimiento del heno en Tn/ha, se determinó con el mayor valor promedio de rendimiento del heno al tratamiento T7 22.31 Tn/ha seguido del tratamiento T2 21.09 tn/ha. Ambos valores del efecto de 40% y 60%, relativa de la fase fenológica de entallecimiento. Los tratamientos T5 y T10 sin biol 17.11 y 17.47 Tn/ha.

Chilon (1997), sustenta que las hojas jóvenes tienen una mayor capacidad de absorción que las hojas viejas. Como se puede apreciar en el (cuadro 30), de los tratamientos del entallecido en relación del espigado.

Ticona (2014), en la producción de cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) con incorporación de biol - bovino bajo riego por aspersion en la estación experimental Choquenaira; determinó los rendimiento realizando sumatorias de los dos cortes en un ciclo agrícola; mostrando 25,53 TnMS/ha con riego y 15,24 TnMS/ha sin la aplicación de riego a secano, correlativos de una aplicación de 75% del biol bovino.

Tito (2014), además reporta rendimientos del heno de la variedad IBTA-80 13,78 y 10,00 (TnMS/ha) extraídas de las localidades de Choquenaira y Batallas.

Cahuaya (2001), corrobora a la investigación realizada, diciendo que al mayor número de macollos, se produce un incremento directo en el rendimiento de materia seca, debida a la fertilización nitrogenada.

A respecto Quino mencionado por Quispe (2014) y Medina (1992), indican que el biol incrementa los rendimientos en un 30%, esto debido a compuestos bien importantes como son: **Nitrógeno** en forma de amonio; **aminoácidos** los que ayudan a la síntesis de tres productos como hormonas, enzimas y proteínas; **hormonas** como las auxinas y giberelinas; Vitaminas como citocininas, purinas, tiamina, riboflavinas y piroxinas; con un efecto repelente a las plagas y con un efecto en contra de las heladas.

Para una evaluación estadísticamente concreta se realizó el análisis de varianza del rendimiento del heno Tn/ha (cuadro 31), donde se observa que existen diferencias significativas entre bloques, bloques - concentraciones del biol y fases fenológicas; pero sin embargo no hubo significancia entre concentraciones del biol y la interacción de concentración del biol por fases fenológicas. Examinadas con una probabilidad del (P<0.01).

**Cuadro 31. Análisis de varianza para el rendimiento del heno**

FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	Resultado
Bloques	2	38.2126	19.1063	6.40	0.0091	**
Concentraciones del Biol	1	0.1748	0.1748	0.06	0.8119	NS
Bloques*Conc. del Biol	2	59.7051	29.8525	9.99	0.0015	**
Fases Fenológicas	4	210.8916	52.7229	17.65	<.0001	**
Conc. del Biol*fas. Fenológicas	4	5.0702	1.2675	0.42	0.7888	NS
Error Experimental	16	47.7894	2.9868			
Total	29	361.8439				

Coeficiente Variación = 9.339 %

En el análisis de varianza el variable rendimiento del heno, se registró un coeficiente de variación de 9.339 %, lo que permite asumir un grado de confiabilidad en los resultados y la metodología aplica en el campo, debajo del 30 % que es el rango permitido (Calzada, 1982).

De acuerdo que se utilizó el DBCA realizado la ANVA, indica que no fue necesario bloquear.

Respecto a las fases fenológicas presenta diferencias significativas; esto explícitamente implica que en cualquiera de las fases se obtendrán diferentes rendimientos del heno.

El efecto de las concentraciones del biol, no presenta diferencias significativas; entonces implica que al utilizar dos concentraciones se obtendrán resultados similares en el rendimiento del heno.

La interacción de las concentraciones de biol - fase fenológica, no presenta el efecto significativo lo cual estadísticamente implica que el biol incorporado en la fase fenológica presentara resultados similares de este carácter, por ende no existe la interacción entre estos factores de estudio.

Como se observó en el análisis de varianza, diferencia significativa para el factor de fases fenológicas; se empleará la prueba de Medias de Duncan.

### **Efecto de fases fenológicas en el rendimiento del heno**

Con respecto de los fases fenológicas de la cebada se encuentran diferencias en el rendimiento del heno, mediante la prueba de Duncan se observará diferencias significativas lo que se muestra en el (cuadro 32).

**Cuadro 32. Comparaciones de medias del rendimiento del heno por Duncan para Fases Fenológicas**

Duncan Grupos	Media	Fases Fenológicas
A	21.785	F2: Entallecimiento
A	20.085	F1: Macollamiento
B A	19.103	F3: Embuchamiento
B	18.975	F4: Espigado
C	17.291	F0: Testigo

En el (cuadro 32), se examina la prueba de Duncan al 5 % del efecto específico de la fase fenológica; indica que el tratamiento de fase de entallecimiento es la más recomendable a razón de que eminentemente registra 21.785 TnMh/ha. En relación del testigo 17.291 TnMh/ha.

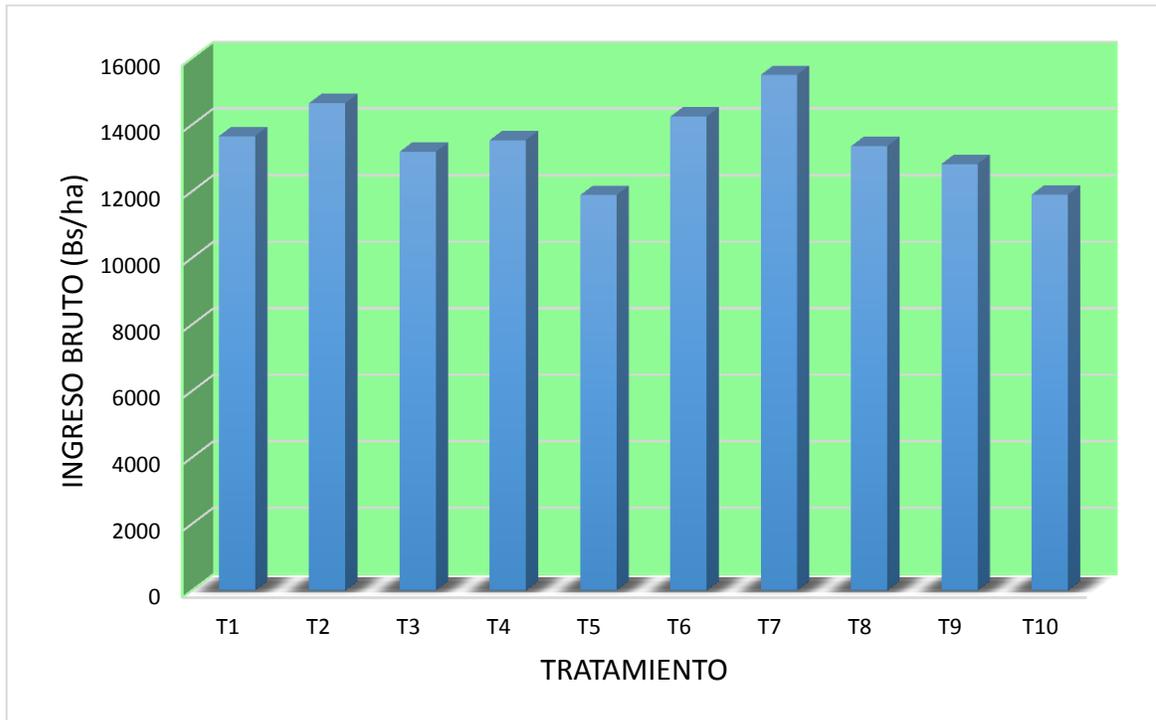
## **5.8. Evaluación económica**

### **5.8.1. Ingreso bruto**

Compensando el rendimiento del heno, obtenidas de la parcela experimental y del productor, se realizó el ajuste a 10% de acuerdo a las reglas propuestas por el CIMMYT (1988), dice que se debe ajustarse los rendimientos medios del 5 al 30%, dependiendo de las condiciones en las que se realizó el trabajo.

En la (figura 17), se observa con mayor ingreso bruto al tratamiento [T7 =C<sub>2</sub>F<sub>2</sub>] con rentabilidad de 15501 Bs/ha; mientras que el [T5 = Testigo] registra un beneficio bruto de 11888 Bs/ha, presentando un deflación de 23,31% Bs/ha a razón de que no se implementó la ciencia y tecnología.

**Figura 17. Ingreso bruto por tratamiento**



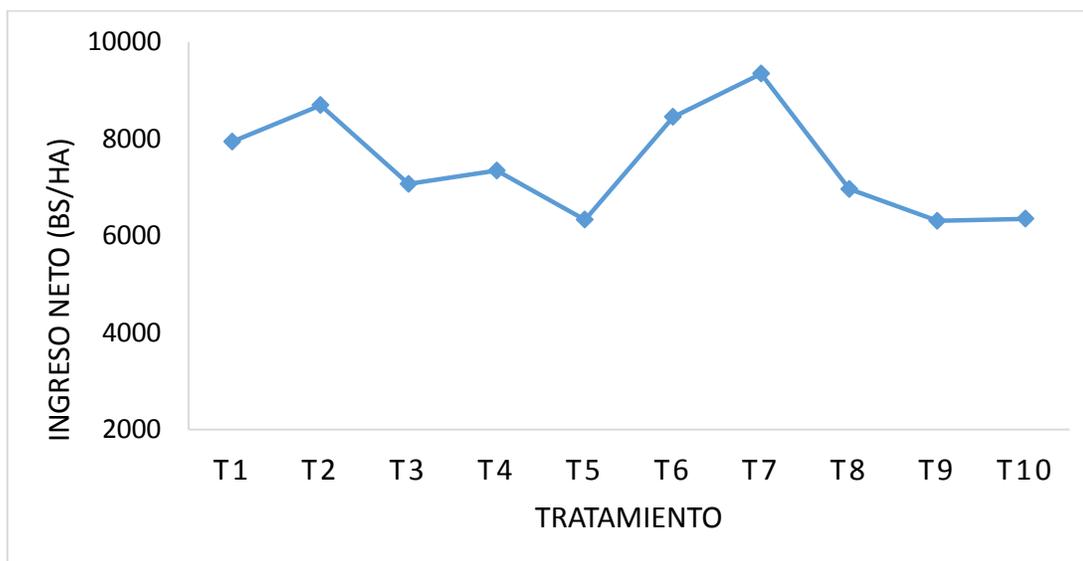
En el (figura 17), se observa con mayor ingreso bruto al tratamiento [T7 =C<sub>2</sub>F<sub>2</sub>] con un rentabilidad de 15501 Bs/ha; mientras que el [T5 = Testigo] registra un beneficio bruto de 11888 Bs/ha, presentando un deflación de 23,31% Bs/ha a razón de que no se implementó la ciencia y tecnología.

### 5.8.2. Ingreso neto

Los costos de producción total del heno, se consideraron del mismo valor monetario para todo los tratamientos. Excluyentemente con excepción de los costos del biol en diferentes cantidades requeridas.

El (fig. 18), muestra la curva de ingresos netos presentando la variación de los beneficios en relación a los costos asociados de cada tratamiento.

**Figura 18. Ingreso neto por tratamiento**



En la curva de ingresos netos se observa que el tratamiento [T7 = C2F2] oferta la mejor rentabilidad con 9341,6 Bs/ha, seguido del tratamiento [T2 = C1F2] con 8693,6 Bs/ha, y la rentabilidad más baja se obtuvo en el tratamiento [T9 = C2F4] el cual tiene 6306,6 Bs/ha, la deflación corresponde a la consecuencia del precio de biol.

### 5.8.3. Beneficio costo

La relación beneficio-costo B/C es un indicador económico el cual expresa que por cada boliviano invertido cuanto se gana y resulta de la división del beneficio bruto entre los costos totales (costos variables y fijos).

El (cuadro 33), muestra que los tratamientos [T2 = C<sub>1</sub>F<sub>2</sub>], [T6 = C<sub>2</sub>F<sub>1</sub>] y [T7 = C<sub>2</sub>F<sub>2</sub>] ofertan la mejor relación Beneficio/Costo con 2.50, lo cual nos indica que por Bs 1 invertido, genera un retorno de 2.50 bolivianos por cada hectárea; seguido por el [T1 = C<sub>1</sub>F<sub>1</sub>] con 2.40 bolivianos. Por otro lado también se puede observar que él [T9 = C<sub>2</sub>F<sub>4</sub>] tiene menor rentabilidad con una relación Beneficio/Costo de 2.00, debido al menor rendimiento y precios elevados del Biol; por lo tanto estos valores

nos permite deducir que todos los valores obtenidos son mayores a 1, por lo tanto no existen pérdidas y el agricultor obtiene beneficios en todos los tratamientos.

**Cuadro 33. Evaluación económica – relación beneficio costo**

TRATAMIENTOS	Rdto. Ajustado (-10%)	Precio Unitario (Bs.)	IB (Bs.)	CP (Bs.)	IN (Bs.)	B/C (Bs.)
T1[C <sub>1</sub> F <sub>1</sub> ]	17,694	772	13660	5719,4	7940,6	2,4
T2[C <sub>1</sub> F <sub>2</sub> ]	18,981	772	14653	5959,4	8693,6	2,5
T3[C <sub>1</sub> F <sub>3</sub> ]	17,082	772	13187	6119,4	7067,6	2,2
T4[C <sub>1</sub> F <sub>4</sub> ]	17,541	772	13542	6199,4	7342,6	2,2
T5[Testigo]	15,399	772	11888	5559,4	6328,6	2,1
T6[C <sub>2</sub> F <sub>1</sub> ]	18,459	772	14250	5799,4	8450,6	2,5
T7[C <sub>2</sub> F <sub>2</sub> ]	20,079	772	15501	6159,4	9341,6	2,5
T8[C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> ]	17,307	772	13361	6399,4	6961,6	2,1
T9[C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> ]	16,614	772	12826	6519,4	6306,6	2,0
T10[Testigo]	15,426	772	11909	5559,4	6349,6	2,1

En el (cuadro 33), se puede apreciar que todos los tratamientos tienen la rentabilidad y que en ningún tratamiento existe la pérdida monetaria, indica que los resultados expresan que la fase fenológica y la concentración de biol a 40% y 60% relacionados a la rentabilidad, pero no necesariamente son indicadores suficientes para recomendar a los agricultores, más que estos estudios realizados sirven como referencia, sin embargo, su rentabilidad del cultivo permite incentivar, la necesidad de valorar e investigar a profundidad con una tecnología apropiada.

El tratamiento que generó más ingresos económicos fue la fase fenológica de entallecimiento con 60 % del biol, entonces es la mejor alternativa para el agricultor como incentivo de incrementar sus ingresos económicos a razón de generar Bs 2.50 por cada unidad adicional invertido.

## 6. CONCLUSIONES

El cultivo de la cebada forrajera, evaluado en cuatro fase fenológica con la aplicación de biol “fertilizante foliar” responden de manera satisfactoria en la Zona de Jesús de Machaca, Provincia Ingavi del Departamento de La Paz.

Ahora de acuerdo a los resultados obtenidos analíticamente durante el ensayo experimental, se tienen las siguientes conclusiones:

Con referencia a los comportamientos de las fases fenológicas, el tiempo de emergencia de plántulas fue a los 9 días y la cosecha en grano lechoso a los 114.

La tasa de crecimiento de la cebada es influenciada por el biol, cuando ocurre el cambio de una fase a otra fase fenológicos.

La aplicación del biol a 60% de concentración en la fase de entallecimiento optimiza en un 10.22 % de crecimiento de altura en relación de los testigos.

El mejor resultado sobre el número de hojas por planta fue de la fase de entallecimiento y embuchamiento con 54.11 y 53.62 a una concentración del 60% de biol; en respecto a testigo de 49.12 y 48.80.

La dimensión de la hoja fue influenciado con la concentración del 60% de biol en la fase de entallecimiento de acuerdo que presenta un valor de 34.66 cm<sup>2</sup> el cual significa un incremento de 20,63 % en relación a los testigos.

El mejor resultado sobre el número de macollos por planta fue de la fase de embuchamiento y macollamiento con 12.12 y 11.67, cuáles de concentraciones relativas del 60 % y 40 % de Biol; a respecto el testigo con 10.29 y 9.74 macollos por planta.

El número de hojas por planta influyen en el rendimiento del heno con el (Tratamiento de 40% de Biol y la fase de Embuchamiento).

La altura de planta influye en el rendimiento del heno con el (Tratamiento de 40% de Biol y la fase de Espigado). La fase fenológica del espigado es influenciada con la aplicación del biol.

En la producción del heno los tratamientos T7 y T2 con 22.31 Tn/ha y 21.09 Tn/ha eficazmente responden al 60% y 40% de concentración del biol, introducidas en la fase de entallecimiento; esto quiere decir que la ciencia y tecnología aplicada puede incrementar el rendimiento de los testigos; entonces se puede concluir que existe un efecto del fertilizante foliar “Biol” en la producción del biomasa de las especies vegetales (*Hordeum vulgare*).

Los tratamientos T2, T6 y T7 (40% de Biol + fase fenológica de entallecimiento, 60% de Biol + fase fenológica de macollamiento y 60% de Biol + fase fenológica de entallecimiento), presentan mejores rentabilidades económicas, con un índice de beneficio/costo de Bs 2.50 y el T9 (60% de Biol + la fase fenológica de espigado), con menor índice beneficio/costo de Bs 2.00, entre todo los tratamientos a razón de costos elevados de biol y rendimientos bajos. El cual en relación al testigo demuestra un des incrementó de 10 Cts.

## 7. RECOMENDACIONES

A razón de los resultados y conclusiones obtenidas en el presente trabajo, mencionamos las siguientes recomendaciones y sugerencias:

La respuesta de la interacción de dos concentraciones del biol más cuatro fases fenológicas, incrementan los rendimientos de la fitomasa forrajera, por lo tanto se propone la replicación del presente estudio en las zonas del altiplano productoras de la cebada forrajera en verde y heno.

Desde el punto de vista económico rentable y producción de la fitomasa seca elevada, se recomienda utilizar el tratamiento T7 ( 60% de biol + la fase de entallecimiento).

Se sugiere aplicar el biol a la planta cuando presenta los cambios fisiológicos; a la vez con frecuencia de 3 a 4 veces en su ciclo vegetativo.

Se recomienda la utilización de la semilla certificada (Variedad IBTA – 80) para la sostenibilidad de la producción del forraje e ingresos económicos rentables.

Realizar estudios sobre la densidad de siembra con la incorporación de biol en variedades locales.

Repetir la experiencia del presente estudio por el método de siembra en surcos y más la incorporación del biol en diferentes concentraciones como 50 % y 70%.

Realizar métodos de investigación participativa con parcelas demostrativas para los pequeños y medianos productores del altiplano que se dedican a la producción de leche.

## 8. LITERATURA CITADA

ALVAREZ, M. 2007. Técnica de Producción de Forraje para el ganado lechero. Lima, Perú. Disponible en: [www.alfinal.com/cgi-bin/search.cgi](http://www.alfinal.com/cgi-bin/search.cgi) Consultado 27 de octubre. 2014

ARANA, S. 2011. Manual de elaboración de Biol. Cusco; Soluciones Prácticas. 40 p.

APARCANA, R., S. Y JANSEN. 2008. Estudio de Valor fertilizante de los productos del proceso “fermentación anaeróbica” para producción de Biogas. German – Profec. (en línea). lima, peru. consultado el 25 de mayo de 2015. Disponible en : <http://www.germanprofec.com/cms/upload/Reports/Estudio%20sobre%20el%20valor%20Fertilizante%20de%20los%20productos%20del%20proceso%20fermentacion>

ARTURO, J. 2007. Microbiología de la Digestión Anaerobia. Editorial En C. Especializada (Ed.). Villa clara.

ARUHIZA, V. P. 2013. Efecto de biol como fertilizante foliar a diferentes niveles en la producción del cultivo de frutilla (*Fragaria x annanasa*) en el centro experimental de cota cota. Tesis de Grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia. 101 p.

BERRATTO, E. 2001. Cebada y Avena. En Agenda del Salitre. Sociedad Química y Minera de Chile S.A. 11 Edición. Santiago de Chile. 1515 p.

CHAMBI, P., O. 2005. Comportamiento agronómico de variedades de forraje introducidas de avena, cebada y triticale en La Sub Cuenca Media del Rio Keka Provincia Omasuyos. Tesis de grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia. 87 p.

CHILON, E. 1997. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. CIDAT. 1<sup>ra</sup> impresión. La Paz - Bolivia. 185 p.

CHILON, E. 2000. Manual de edafología: Practicas de campo y laboratorio. Editorial CIAT- UMSA. 2<sup>da</sup> Edición. La Paz - Bolivia. pp 195-178.

CHILON, E. 1997. Métodos estadísticos para la investigación. Editorial Jurídica. 3<sup>ra</sup> Edición. Lima - Perú. 644 p.

CALZADA, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Editorial Milagros. 5<sup>ta</sup> edición. Lima - Perú. pp 286 - 429.

CRONQUIST, A. (1997). Introducción a la Botánica. Compañía 12<sup>do</sup> reimpresión. Editorial. Continental S.A. México. pp 369, 372, 385.

CORDOVA, J., A. 1998. Segunda Reunión de Especialistas Nacionales en Avena, Cebada y Triticale. IICA. PROCISUR. 122 p.

CAVASA. 2007. Portal en agricultura. Bioabono (en línea). Consultado el 1 de Septiembre del 2015. Disponible en: <http://www.cavasa.com.co/htm/bioabono.htm>

CONDORI, P. 2004. Efecto de la aplicación de Abonos Orgánicos Mejorados en el cultivo de Papa Amarga en el Altiplano Central. Tesis de Grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia. 86 p.

COLQUE, T. Y RODRIGUEZ, D. et al. (En línea). Consultado el 28 de Octubre del 2014. Disponible en: <http://bio-digestores.blogspot.com/2012/06/uso-y-aplicaciones.html>.

DECARA, L. Y SANDOVAL, G., F. 2004. El uso de biodigestores en sistemas caprinos de la provincia de Córdoba. 4<sup>ta</sup> Edición. Córdoba - Argentina.

ESPINAL, S., G. (2009). Efecto del biol como fertilizante foliar en la producción de lechuga suiza (*Valerianella locusta* L.) con diferentes concentraciones en ambiente atemperado en el municipio de Tiwanaku – La Paz. Tesis de Grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia. 79 p.

FAO. (1990). Agricultura de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación) 1<sup>er</sup> seminario Nacional sobre fertilidad de suelos y uso de fertilizantes en Bolivia. 82 p.

FRAGELA, M. 2007. Los biodigestores como aportador de energía y mejoradores de suelo. Editorial Matanzas. Cuba. 87 p.

FAIGUENBAUM, H. 2003. Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Edición Ograma S.A. Santiago de Chile. 760 p.

GOYTIA R., A. 2007. Introducción de diez líneas y/o variedades de cebada (*hordeum vulgare* L), para la producción de forraje y grano en dos comunidades de la provincia bolívar de Cochabamba - Bolivia. 20 p.

GUEVARA, A. (1996). Fundamentos Básicos para el Diseño de Biodigestores. Editorial. Ambiente. Lima - Perú.

HUIZA, L., A. (2008). Efecto de la densidad de siembra y abono organico en el comportamiento agronómico de la cebada (*Hordeum vulgare* l.) en el altiplano norte. Tesis de Grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia. 92 p.

HUALLPA, S., F. 2009. Comportamiento productivo de variedades de nabo (*brassica napus l.*) con diferentes abonos orgánicos en el altiplano norte de la paz. Tesis de Grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia.

INFOAGRO. 2007. Los fertilizantes (en línea). Consultado 25 de jul. 2015. Disponible en: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

INIA. (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRARIA). 2008. Tecnologías innovativas apropiadas a la conservación in situ de la agrobiodiversidad. Producción y uso del biol (en línea). folleto. lima, peru. consultado el 25 de mayo de 2015. Disponible en : <http://www.inia.gob.pe/genetica/insitu/biol.pdf>.

JUMBO, C., J. 2012. Evaluación del efecto del Biol a diferentes concentraciones en la producción de la cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea mays*) hidropónico como una alternativa de aprovisionamiento de forraje para cuyes (*Cavia porcellus*) en las etapas de desarrollo y engorde. Tesis de grado. Universidad Politécnica Salesiana de Quito. Guayllabamba - Ecuador. 113 p.

LOPEZ, B., L. 1991. Cultivo Herbáceo Vol. I Cereales. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad de Córdoba. Editorial Mundi - Prensa. Madrid. pp 108 - 110.

LOPEZ, S., A. 2013. Evaluación de la aplicación de biol a diferentes concentraciones en dos variedades de arveja china (*Pisum sativum var.*) bajo ambiente protegido en las colinas “agrosol”. Tesis de Grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia. 102 p.

MARTI, J. 2007. Diseño de Biodigestores. La Paz - Bolivia. p. 35.

MEDINA, A. 1992. El biol y Biosol en la Agricultura. Editorial Programa de Energía. Cochabamba - Bolivia. pp 1- 47

MEDINA, 1992. Abonos orgánicos. Tecnología para el manejo ecológico de suelos. Editorial mauro. Lima - Perú.

MIKEL, A. 2012. Portal en Agricultura. (En línea). Consultado el 27 de Octubre del 2014. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada2.htm>.

MIGLIORINI, F. 1984. Forrajes. Editorial De Vecchi, S. A. Barcelona. 171 p.

MOULE, C. 1980. Cereales. La Maison Rustique. Paris 318 p.

MOLINA, J., L. 1989. La Cebada. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Editorial Mundi – Prensa. Madrid. 252 p.

MONTES DE OCA. 1997. Geografía y recursos naturales de Bolivia. Editorial Printed. 3<sup>ra</sup> edición. La Paz - Bolivia. pp 141-144.

NOYOLA, A. 1997. Tratamiento anaerobio de aguas residuales; Foro Internacional. Comparación de dos tecnologías en Aguas residuales domesticas para municipalidades. Medellín - Colombia.

ORSAG, V. 2010. El recurso suelo Principios para su manejo y conservación. Editorial Zeus. 1<sup>ra</sup> edición. La Paz, Bolivia. 473 p.

PAYE, H., V. 2000. Comportamiento agronómico de tres variedades de cebada forrajera (*Hordeum vulgare* L.) bajo tres épocas de siembra en el altiplano central. Tesis de grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz – Bolivia. 94 p.

PARSON, D. 1989. Manual para educación agropecuaria. Trigo, cebada, avena. Área de producción vegetal. Editorial Trillas. 2<sup>da</sup> Edición. México. pp10 - 14.

PERRIN, R.; WIKELMANN, D.; MOSCARDI, E. Y ANDERSON, J. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico para la evaluación económica. CIMMYT. México. pp 1-79.

PORCO, C., F Y TERRAZAS, H., J. 2009. Horticultura aplicaciones prácticas. Universidad de Mayor de San Andrés - Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. 172 p.

RAMIREZ, J.; et al. 2009. Evaluación de tres proporciones de abonamiento orgánico con Biol sobre el rendimiento de dos variedades de cebada cervecera *Hordeum vulgare L.* en el distrito de Marcará. Tesis de Grado. Huaraz, Perú. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz - Perú. 163 p.

RESTREPO, J. 1995. Elaboración de Abonos Orgánicos Fermentados y Biofertilizantes Foliare. IICA. San José - Costa Rica. 56 p.

RESTREPO, J. 2001. Elaboración de Abonos Orgánicos Fermentados y Biofertilizantes Foliare. IICA. San José - Costa Rica. 155 p.

RESTREPO R. J. 2009. Biofertilizantes preparados a base de mierda de vaca. Manual Práctico de agricultura orgánica y panes de piedra. Editorial Impresora Feriva, S.A. 1<sup>ra</sup> Edición. Cali - Colombia. 318 p.

ROBLES, R. Y GARZA, J. 1990. Producción de grano y forraje. Cultivo de cebada. Editorial Limusa. 5<sup>ta</sup> Edición. Noruega. pp 275 - 286.

RODRÍGUEZ, F., (1989). Fertilizantes - Nutrición Vegetal; De. AGT. Editorial S.

A. México. pp 123 - 125.

ROGER, J. M. 2004. El cultivo de la cebada y el trigo, Editorial Trillas. Buenos Aires - Argentina. 140 p.

RONDO, 2004. Comportamiento agronómico de tres variedades de coliflor (*Brassica Oleracea* L. var. *Botritys* L.), en dos distancias de plantación, bajo ambiente atemperado. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz – Bolivia.

RUIZ, C. Y TAPIA, M. 1987. Producción y manejo de forrajes. Proyecto de investigación de los sistemas agropecuarios andinos, PISA. Lima - Perú. pp 220 - 228.

ROBLES, R. 1981. Producción de granos y forrajes, 4<sup>ta</sup> Edición. Limusa. México. pp. 135 - 168.

ROBLES, S. 1990. Producción de grano de cebada. 5<sup>ta</sup> Edición. Editorial Limusa. México. pp 275 - 297.

RODRÍGUEZ, F. 1982. Fertilizantes y nutrición vegetal. Editorial A.G.T. México. 154 p.

ROGER. J. M. 2004. El cultivo de la cebada y del trigo. Edición Trillas, Buenos Aires - Argentina. 140 p.

SAMANEZ, R. Y MARCA, S. 1989. Fenología de cereales de grano pequeño. Fases fenológicas del cultivo de la cebada. Programa de investigación de cereales, INIAA, Puno - Perú. 51 p.

SANCHEZ, C. 2003. Abonos Orgánicos Fermentados y Lombricultura. Editorial Ripalme. Lima - Perú. pp 50 - 60.

SAAVEDRA G. 2007. Estructura de hormonas vegetales. Depto. de Suelos y Recursos Naturales. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción, Chile. Gusaaved@udec.

SCHLAEFLI, F. 2010. Tratamiento de residuos orgánicos del comedor universitario de la UNALM en un biodigestor semicontinuo para la producción de biogás y biol. Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ciencias. Perú.

SEBILLOTTE, M. 1991. Agronomía y Agricultura. Ensayo del análisis de las tareas del agronomo. ORSTOM. Serie Biología Nº 24. 74 p.

SIMPSON, K. 1991. Abonos y Estiércoles Trad. RAMIS, Rev. Terrenos J. Editorial Acribia. S. A. Zaragoza – España. pp 121 - 152.

SIAMAGE (Servicio de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador). 2001. El Biol. (en línea) Consultado el 16 de Agosto del 2015. Disponible en: [http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing. %20Ruzzo organicos/biol.htm](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing.%20Ruzzo%20organicos/biol.htm).

SLAFER, G.; MOLINA-CANO, J.; et al. 2002. Barley Science. Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality. Food Products Press. New York, United States. 551 p.

SORIA, F., M.; FERRERA. C., R.; ETCHEVERS.; et al. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestion de excreta liquida de cerdo. 28 de agosto de 2015. Disponible en: [www.chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art353-362.pdf](http://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/4/art353-362.pdf).

SUQUILANDA M. (1996). Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro. Quito - Ecuador. 654 p.

TAMBILLO, E. 2002. Estudio comparativo de diferentes niveles de fertilizantes foliares en el cultivo de cebada forrajera (*Hordeum vulgare.*) en el Altiplano central. Tesis de grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia. 84 p.

TAYLHARDAT, L. 1986. El biogás, Fundamento e Infraestructura Rural. Editorial. F. d. U. C.V. Ingeniería Agrícola. Maracay - Venezuela.

TICONA, G., O. 2014. Producción de cebada forrajera (*hordeum vulgare* L.) con incorporación de biol - bovino bajo riego por aspersión en la estación experimental choquenaira. Tesis de grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia. 116 p.

TITO, C., Y. 2014. Evaluación comparativa de variedades de avena (*avena sativa* L.), cebada (*Hordeum vulgare*) y triticale (*Triticumsecale w.*) en las localidades de choquenaira y batallas. Tesis de grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz - Bolivia. 97 p.

THERESA, E., Y KEARNEY, M. (1994). Metabolic Activity of Pathogenic Bacteria During Semicontinuous Anaerobic Digestion (Vol. 60). Editorial Microbiology. Washington - Estados Unidos.

TORREZ, M., M. 2010. Influencia del estiércol de ovino en el rendimiento de materia seca en cuatro variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.), Quipaquipani, Viacha. Tesis de grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz – Bolivia. 91 p.

QUISPE, R. 2003. Efecto de la fertilización con Abonos líquidos Orgánicos Fermentados con Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) Tesis de grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz-Bolivia. pp 34 - 61.

QUISPE, P., S. 2014. Efecto de la aplicación de biol a diferentes dosis en dos variedades de coliflor (*Brassica oleracea l. var. botrytis i.*) bajo ambientes atemperados en las colinas (agrosol)". Tesis de Grado. Universidad de Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica La Paz – Bolivia. 94 p.

VAQUES, E. Y TORRES, S. 1985. Fisiología Vegetal, Ed. Pueblo y Educación. La Habana - Cuba. pp 462- 463.

VELASTEGUI, L. 1980. El biogás como Alternativa Energética para Zonas Rurales; OLADE (Organización Latinoamericana de Alternativas de energía). Ecuador.

VICENTE, R., J. 2013. Guía de diseños experimentales y SAS (segunda parte) experimentos factoriales. Universidad de Mayor de San Andrés - Facultad de Agronomía - Ingeniería Agronómica. La Paz- Bolivia. 77 p.

# ANEXOS

# **ANEXO A**

**FORMULACIÓN DE BIOL PARA LOS  
TRATAMIENTOS**

## CÁLCULOS DE LA DOSIS PARA LA C1 DE 40 % DE BIOL Y 60 % DE AGUA:

Para la fase de macollamiento

$$\begin{aligned} 160 \text{ lit. biol} & \text{-----} 10000 \text{m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{m}^2 \\ X & = 1,38 \text{ lit. biol puro} \\ 240 \text{ lit. agua} & \text{-----} 10000 \text{ m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{ m}^2 \\ X & = 2,07 \text{ lit. agua} \\ \text{TOTAL} & = 400 \text{ Lt/ha} \end{aligned}$$

Para la fase de entallecimiento

$$\begin{aligned} 400 \text{ lit. biol} & \text{-----} 10000 \text{m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{m}^2 \\ X & = 3,46 \text{ lit. biol puro} \\ 600 \text{ lit. agua} & \text{-----} 10000 \text{ m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{ m}^2 \\ X & = 5,18 \text{ lit. agua} \\ \text{TOTAL} & = 1000 \text{ Lt/ha} \end{aligned}$$

Para la fase de embuchamiento

$$\begin{aligned} 560 \text{ lit. biol} & \text{-----} 10000 \text{m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{m}^2 \\ X & = 4,84 \text{ lit. biol puro} \\ 840 \text{ lit. agua} & \text{-----} 10000 \text{ m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{ m}^2 \\ X & = 7,26 \text{ lit. agua} \\ \text{TOTAL} & = 1400 \text{ Lt/ha} \end{aligned}$$

Para la fase de espigado

$$\begin{aligned} 640 \text{ lit. biol} & \text{-----} 10000 \text{m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{m}^2 \\ X & = 5,53 \text{ lit. biol puro} \\ 960 \text{ lit. agua} & \text{-----} 10000 \text{ m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{ m}^2 \\ X & = 8,29 \text{ lit. agua} \\ \text{TOTAL} & = 1600 \text{ Lt/ha} \end{aligned}$$

## CÁLCULOS DE LA DOSIS PARA LA C2 DE 60 % DE BIOL Y 40 % DE AGUA:

Para la fase de macollamiento

$$\begin{aligned} 240 \text{ lit. biol} & \text{-----} 10000 \text{m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{m}^2 \\ X & = 2,07 \text{ lit. biol puro} \\ 160 \text{ lit. agua} & \text{-----} 10000 \text{ m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{ m}^2 \\ X & = 1,38 \text{ lit. agua} \\ \text{TOTAL} & = 400 \text{ Lt/ha} \end{aligned}$$

Para la fase de entallecimiento

$$\begin{aligned} 600 \text{ lit. biol} & \text{-----} 10000 \text{m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{m}^2 \\ X & = 5,18 \text{ lit. biol puro} \\ 400 \text{ lit. agua} & \text{-----} 10000 \text{ m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{ m}^2 \\ X & = 3,46 \text{ lit. agua} \\ \text{TOTAL} & = 1000 \text{ Lt/ha} \end{aligned}$$

Para la fase de embuchamiento

$$\begin{aligned} 840 \text{ lit. biol} & \text{-----} 10000 \text{m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{m}^2 \\ X & = 7,26 \text{ lit. biol puro} \\ 560 \text{ lit. agua} & \text{-----} 10000 \text{ m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{ m}^2 \\ X & = 4,84 \text{ lit. agua} \\ \text{TOTAL} & = 1400 \text{ Lt/ha} \end{aligned}$$

Para la fase de espigado

$$\begin{aligned} 960 \text{ lit. biol} & \text{-----} 10000 \text{m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{m}^2 \\ X & = 8,29 \text{ lit. biol puro} \\ 640 \text{ lit. agua} & \text{-----} 10000 \text{ m}^2 \\ & \quad \times \text{-----} 86,4 \text{ m}^2 \\ X & = 5,53 \text{ lit. agua} \\ \text{TOTAL} & = 1600 \text{ Lt/ha} \end{aligned}$$

# **ANEXO B**

**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA  
RELACIÓN ENTRE VARIABLES**

**(B - 1). ANÁLISIS DE REGRESIÓN: NÚMERO DE HOJAS Y RENDIMIENTO DEL HENO TN/HA**

(40% de Biol en la fase de Embucha miento)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
Número de hojas	1	4,427	4,427	42,780 *
Error experimental	1	0,103	0,103	
Total	2	4,531		

Significativo = \*

**(B - 2). ANÁLISIS DE REGRESIÓN: ALTURA DE PLANTA CM Y RENDIMIENTO DEL HENO**

**TN/HA** (40% de Biol en la fase de Espigado)

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
Altura de planta	1	5,920	5,920	13,502 *
Error experimental	1	0,438	0,438	
Total	2	6,359		

Significativo = \*

# **ANEXO C**

## **EVALUACIÓN ECONÓMICA**

**COSTO DE PRODUCCIÓN POR HECTÁREA (BS.) DEL CULTIVO DE CEBADA  
FORRAJERA A NIVEL TECNOLÓGICO SEMIMECANIZADO**

ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	N° DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (Bs.)	COSTO TOTAL (Bs.)
<b>I.- COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>A. GASTO DEL CULTIVO</b>				
1. Mano de Obra:				
1.2 Siembra	Jornal	2	70	140
1.4 Labores Culturales				
1.4.1 Control Fitosanitario	Jornal	2	60	120
1.5 Cosecha				
1.5.1 Siega semimecanizado (contrato)	Jornal	10	75	750
1.5.2 Traslado y acopio	jornal	10	75	750
<b>SUB TOTAL DE MANO DE OBRA</b>				1760
2. Maquinaria Agrícola				
2.1 Arada (contrato)	Hr./tractor	2	280	560
2.2 Rastrada (contrato)	Hr./tractor	2	200	400
2.3 Siembra (contrato)	Hr./tractor	2	200	400
<b>SUB - TOTAL DE MAQUINARIA AGRÍCOLA</b>				1360
3. Insumos				
3.1 Semilla	Kg	120	15	1800
3.2 Biofertilizante (BIOL)	Lt/ha	0	0	0
<b>SUB - TOTAL DE INSUMOS</b>				1800
<b>B. ALQUILER DE TERRENO</b>				
Periodo vegetativo de cultivo	Días	114	1	114
<b>SUB - TOTAL DE ALQUILER DE TERRENO</b>				114
<b>C. DEPRECIACIÓN</b>				
Herramientas y Equipo (Fumigadora)	Global	4	5	20
<b>SUB TOTAL DE DEPRECIACIÓN</b>				20
<b>SUB - TOTAL DE GASTOS GENERALES (A+B+C)</b>				5054
<b>D. GASTOS GENERALES</b>				
1. Imprevistos (10%) cultivo	Global	1	505,4	505,4
<b>III.- COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN</b>				5559,4

## COSTO DE PRODUCCIÓN DEL BIOL A NIVEL TECNOLÓGICO TRADICIONAL

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	N° DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (Bs.)	COSTO TOTAL (Bs.)
I.- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTO EN EL BIOL				
1. Mano de Obra:				
1.2 Preparación de Biol	Media Jornal	2	25	50
2. Materiales				
2.1 Estiércol de ovino (käya)	Kg	25	0,3	7,5
2.2 Alfa	Kg	3	1	3
3.1 Leche	Lt	3	3	9
3.2 Chancaca	Kg	1	8	8
3.1 Nailon (polietileno)	Metro	8	2	16
3.2 Otros	Global	4	0,5	2
<b>SUB - TOTAL DE INSUMOS</b>				45,5
B. ALQUILER DE CARPA SOLAR				
Periodo de fermentación	Meses	2,5	4	10
<b>SUB - TOTAL DE ALQUILER DE carpa solar</b>				10
<b>SUB - TOTAL DE GASTOS GENERALES (A+B)</b>				161
C. GASTOS GENERALES				
1. Imprevistos (10%)	Global	1	16,1	16,1
<b>II.- COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN DEL BIOL</b>				177,1

Precio del Biol =  $\frac{\text{Costo total de producción del Biol (Bs)}}{\text{Cantidad de Biol producido(Litro)}}$

Cantidad de Biol producido(Litro)

Precio del Biol = 0,8855Bs/L

Precio del Biol = 1 Bs/L

# **ANEXO D**

## **REGISTRO FOTOGRÁFICO**

[MV = Materia verde]

[UE = Unidad experimental]

[RH = Rendimiento del heno]

[Pendiente P = → ]



**Foto 1. Ubicación de la parcela**



**Foto 2. Trazado del diseño experimental**



**Foto 3. Germinación**



**Foto 4. Emergencia de plántulas**



**Foto 5. Manejo de la parcela experimental**



**Foto 6. Fase fenológica del macollamiento**



**Foto 7. Aplicación del biol**



**Foto 8. Fase fenológica del espigado**



**Foto 9. Extracción de muestra MV/UE**



**Foto 10. Cosecha semimecanizado por UE**



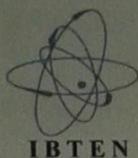
**Foto 11. Emparvado por UE y Bloques**



**Foto 12. Secado de la cebada para su obtención de la biomasa del RH**

# **ANEXO E**

**ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO**



## MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES  
UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

# ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

**INTERESADO :** RICHARD QUINO VARGAS  
**PROCEDENCIA :** Departamento LA PAZ,  
Provincia INGAVI,  
Comunidad: SAN FELIPE DE CORPA  
Lugar: ALTIPLANO NORTE

**NO SOLICITUD:** 020 / 2015  
**FECHA DE RECEPCION :** 20 / Enero / 2015  
**FECHA DE ENTREGA :** 23 / Febrero / 2015

**DESCRIPCIÓN :** MUESTRA DE SUELO - Altiplano Norte

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
089-01 /2015	T E X T U R A	ARENA	17	%	Hidrómetro de Bouyoucos
089-02 /2015		ARCILLA	48	%	Hidrómetro de Bouyoucos
089-03 /2015		LIMO	35	%	Hidrómetro de Bouyoucos
089-04 /2015		CLASE TEXTURAL	Y	-	Hidrómetro de Bouyoucos
089-05 /2015		GRAVA	3,79	%	Gravimetría
089-06 /2015	CARBONATOS LIBRES	P	-	Reacción ácida	
089-07 /2015	pH en agua 1:5	6,13	-	Potenciometría	
089-08 /2015	pH en KCl 1N, 1:5	6,07	-	Potenciometría	
089-09 /2015	Conductividad eléctrica en agua, 1:5	0,183	dS/m	Potenciometría	
089-10 /2015	D E C A T I O N E S	Acidez de cambio (Al+H)	0,102	meq/100 g	Volumetría
089-11 /2015		Calcio	11,78	meq/100 g	Absorción atómica
089-12 /2015		Magnesio	4,18	meq/100 g	Absorción atómica
089-13 /2015		Sodio	0,75	meq/100 g	Emisión atómica
089-14 /2015		Potasio	1,02	meq/100 g	Emisión atómica
089-15 /2015		Total de bases	17,73	meq/100 g	Suma de base
089-16 /2015		C. I. C.	17,84	meq/100 g	Volumetría
089-17 /2015	SATURACIÓN BÁSICA	99,43	%	Cálculo matemático	
089-18 /2015	Materia Orgánica	5,35	%	Walkley Black	
089-19 /2015	Nitrógeno total	0,29	%	Kjeldahl	
089-20 /2015	Fósforo asimilable	13,15	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

**OBSERVACIONES,-** \*\* Cationes de Cambio extraídos con acetato de amonio 1N.

C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.

**CARBONATOS LIBRES;** A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

**CLASE TEXTURAL**

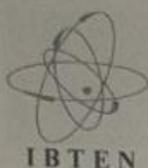
F : Franco	Y : Arcilloso	FA : Franco Arenoso.	YL : Arcilloso Limoso
L : Limoso	YA : Arcilloso Arenoso	AF : Arenosos Franco	FYL : Franco Arcilloso Limoso
A : Arenoso	EYA : Franco Arcilloso Arenoso	FY : Franco Arcilloso	FL : Franco limoso



*[Handwritten Signature]*

**RESPONSABLE DE LABORATORIO**

JORGE CHUNGARA C.



## MINISTERIO DE EDUCACION

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA NUCLEAR  
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES  
UNIDAD DE ANALISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

# ANALISIS FÍSICO-QUIMICO DE BIOL

INTERESADO : *RICHARD QUINO VARGAS*  
PROCEDENCIA : *Departamento LA PAZ,*  
*Provincia INGAVI,*  
*Comunidad: SAN FELIPE DE CORPA*  
*Lugar: ALTIPLANO NORTE*

N° SOLICITUD: *018 / 2015*  
FECHA DE RECEPCION : *20 / Enero / 2015*  
FECHA DE ENTREGA : *23 / Febrero / 2015*

PRODUCTO : *MUESTRA DE BIOL*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
088-01 /2015	Nitrógeno	0,58	% N	Kjeldahl
088-02 /2015	Fosforo	0,008	% P	Espectrofotometría UV-Visible
088-03 /2015	Potasio	0,162	% K	Emisión atómica
088-04 /2015	Materia orgánica	4,250	%	Walkley Black
088-05 /2015	Calcio	331,02	mg / L	Absorción atómica
088-06 /2015	Magnesio	121,87	mg / L	Absorción atómica
088-07 /2015	Sodio	372,02	mg / L	Emisión atómica
088-08 /2015	Hierro	9,82	mg / L	Absorción atómica
088-09 /2015	Manganeso	1,45	mg / L	Absorción atómica
088-10 /2015	Cobre	0,58	mg / L	Absorción atómica
088-11 /2015	Zinc	3,39	mg / L	Absorción atómica
088-12 /2015	pH	8,74	-	Potenciometría
088-13 /2015	Conductividad eléctrica	0,46	mS / cm	Conductancia
088-14 /2015	Humedad	97,20	%	Gravimetría
088-15 /2015	Materia seca	2,80	%	Gravimetría

OBSERVACIONES.- *Resultados en base húmeda.*



RESPONSABLE DE LABORATORIO

JORGE CHUNGARA C.