

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**



**SOLUCION NUTRITIVA DE BIOL A BASE DE ESTIERCOL DE  
CUI (Cavia porcellus L.) OVINO (Ovis aries) Y VACUNO (Bos  
taurus) EN LA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE  
HIDROPONICO DE CEBADA (Hordeum vulgare) EN PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ANA MAGNOLIA GOMEZ HUANCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

SOLUCION NUTRITIVA A BASE DE ESTIERCOL DE CUY (*Cavia porcellus* L.),  
OVINO (*Ovis aries*) Y VACUNO (*Bos taurus*) EN LA PRODUCCION DE FORRAJE  
VERDE HIDROPONICO DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) EN PUNO

**TESIS PRESENTADA POR:**

ANA MAGNOLIA GOMEZ HUANCA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**

**PRESIDENTE**

:

  
M. Sc. JUAN LARICO VERA

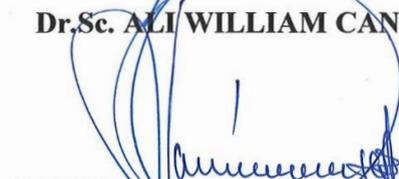
**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Dr.Sc. ALI WILLIAM CANAZA CAYO

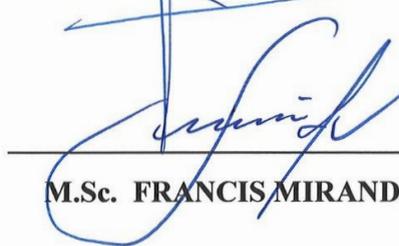
**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
M.Sc. JESUS SANCHEZ MENDOZA

**DIRECTOR / ASESOR**

:

  
M.Sc. FRANCIS MIRANDA CHOQUE

**Área: Ciencias Agrícolas**

**Tema: Manejo de Pastizales y Cultivos Forrajeros**

FECHA DE SUSTENTACION 28 DE DICIEMBRE DEL 2018

**DEDICATORIA**

**A Dios por darme la luz de la vida la fe y por haberme dado la oportunidad, el conocimiento y paciencia para alcanzar mis objetivos trazados.**

**Este presente proyecto de investigación va dedicado con mucho cariño y reconocimiento a mis padres Ysaac Gomez Carbajal y Teodora Huanca Mamani, gracias a ellos porque son mi inspiración y fortaleza, me dan las fuerzas necesarias para luchar y lograr mis metas.**

**A mis hermanos; Ivan Omar, Paola Soledad y Yeims Rodrigo; quienes me brindaron su apoyo moral e incondicional, durante mis estudios para la culminación de mi noble profesión.**

**Ana Magnolia Gomez Huanca**

## AGRADECIMIENTO

- ❖ A Dios por darme la vida y por brindarme la oportunidad de ser quien soy.
  
- ❖ A la Universidad Nacional del Altiplano Puno, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, que gracias a las enseñanzas de sus docentes forman profesionales de gran sabiduría científica y técnica en las Ciencias de la Ingeniería Agronómica.
  
- ❖ A mis docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA – PUNO.
  
- ❖ Al, M.Sc. Francis Miranda Choque por su iniciativa de realizar el proyecto de investigación y su apoyo profesional incondicional en las diferentes etapas del trabajo, en la orientación y sugerencias certeras por sus valiosos consejos y observaciones como director.
  
- ❖ A los miembros de jurado, M. Sc Juan Larico Vera, Dr.Sc. Ali William Canaza Cayo al M. Sc. Jesús Sánchez Mendoza, por la revisión y orientación en la elaboración y ejecución de este proyecto de investigación.
  
- ❖ A mis, amigos (as) y compañeros (as) de estudios, en especial a: Mirian N. Ccaccasaca Chambi, Flavia B. Mamani Belizario, Zenaida Payahuanca Quispe, Pilar Apaza Apaza, Daria Y. Condori Apaza , L Nieves Gutierrez Calcina, Kyemy Rosy Flores Lope, Elizabeth Blanco Torres, Lina Sucapuca Lipa y Bladimir Cruz Calizaya , al personal administrativo y demás personas, por darnos siempre la fuerza, apoyo moral e incondicional en la ejecución del proyecto de investigación

**¡MUCHAS GRACIAS!**

## ÍNDICE GENERAL

Pág.

<b>RESUMEN</b> .....	11
<b>ABSTRACT</b> .....	12
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	15
2.1. Antecedentes .....	15
2.2. La semilla .....	16
2.3. Fases de la germinación .....	16
2.3.1. Fase de hidratación .....	16
2.3.2. Fase de germinación .....	17
2.3.3. Fase de crecimiento .....	18
2.4. La cebada .....	18
2.5. Forraje verde hidropónico .....	19
2.5.1. Calidad del forraje verde hidropónico .....	20
2.5.2. Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico .....	20
2.5.3. Efecto de la luz .....	20
2.5.4. Temperatura .....	21
2.5.5. Humedad .....	21
2.5.6. Calidad del agua .....	21
2.5.7. Potencial de hidrógeno (pH) .....	22
2.6. Manejo del forraje verde hidropónico .....	22
2.6.1. Selección de la semilla .....	22
2.6.2. Desinfección de semillas .....	22
2.6.3. Remojo y pre germinación .....	23
2.6.4. Densidad de siembra: .....	23
2.7. Siembra en la bandeja .....	23
2.8. Cosecha .....	24
2.9. Fertilizante orgánico biol .....	24
2.9.1. Riego con biol .....	25
2.9.2. Funciones principales .....	25
2.9.3. Aplicación y dosificación .....	25
2.9.4. Imbibición de semillas en biol .....	26
2.9.5. Aplicación del biol al follaje .....	26
2.9.6. Sustancias orgánicas benéficas en el biol .....	26
2.9.7. Ventajas del biol .....	27
2.9.8. Desventajas del biol .....	27
2.10. Estiércoles .....	28
2.10.1. Abono o estiércol de Cuy .....	30
2.10.2. Estiércol de ovino .....	31
2.10.3. Estiércol de vacuno .....	32

<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>34</b>
3.1.	Lugar experimental .....	34
3.2.	Material experimental .....	34
3.3.	Factores de estudio:.....	35
3.4.	Tratamientos en estudio .....	35
3.5.	Diseño experimental.....	36
3.6.	Metodología de conducción del experimento .....	37
3.7.	Metodología de evaluación de variables en estudio.....	38
3.8.	Observaciones .....	39
	3.8.1. Poder germinativo de los granos de cebada .....	39
	3.8.2. Temperatura máxima y mínima del invernadero .....	40
	3.8.3. Análisis químico de los tres tipos de biol y análisis químico del agua .	40
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>42</b>
4.1.	Germinación, altura de planta y características nutritivas de FVH.....	42
	4.1.1. Germinación .....	42
	4.1.2. Altura de planta .....	45
	4.1.3. Características nutritivas de forraje verde hidropónico.....	50
4.2.	Rendimiento de la biomasa vegetal del forraje verde hidropónico de Cebada .....	52
	4.2.1. Rendimiento de la biomasa de raíz.....	52
	4.2.2. Rendimiento de la biomasa total .....	55
4.3.	Costos de producción y la relación beneficio costo y rentabilidad de la producción de forraje verde hidropónico.....	59
	4.3.1. Costos de producción .....	59
	4.3.2. Rentabilidad y beneficio económico. ....	60
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>64</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>71</b>

## INDICE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Temperatura máxima, mínima y media dentro del ambiente .....	40
<b>Figura 2.</b> Porcentaje de germinación entre los tipos de biol .....	43
<b>Figura 3.</b> Porcentaje de germinación influenciada por las dosis de biol.....	44
<b>Figura 4.</b> Porcentaje de germinación por tratamiento evaluado .....	45
<b>Figura 5.</b> Evolución del crecimiento del forraje hidropónico bajo diferentes tipos y dosis de biol.....	46
<b>Figura 6.</b> Altura de planta del FVH por influencia de las estiércoles de vacuno, cuy y ovino a diferentes concentraciones. ....	49
<b>Figura 7.</b> Rendimiento de biomasa de raíz por efecto de los tipos de biol .....	54
<b>Figura 8.</b> Rendimiento de biomasa de raíz por efecto de las dosis de biol .....	55
<b>Figura 9.</b> Rendimiento de biomasa de raíz por tratamiento evaluado .....	55
<b>Figura 10.</b> Rendimiento de forraje verde hidropónico por efecto de los tipos de biol ..	57
<b>Figura 11.</b> Rendimiento de Forraje verde hidropónico por efecto de las dosis de biol	58
<b>Figura 12.</b> Rendimiento de Forraje verde hidropónico total por tratamiento evaluado.	59

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición química de estiércoles de animales.....	30
<b>Tabla 2.</b> Tratamientos en estudio .....	35
<b>Tabla 3.</b> Análisis de varianza para DBCA en arreglo factorial.....	36
<b>Tabla 4.</b> Análisis químico de tres tipos de biol .....	41
<b>Tabla 5.</b> Análisis químico del agua del módulo de forraje verde hidropónico. ....	41
<b>Tabla 6</b> Análisis de variancia para valores angulares de porcentaje de germinación de semillas. ....	42
<b>Tabla 7.</b> Prueba de Duncan para el factor dosis de biol sobre porcentaje de germinación de semillas .....	43
<b>Tabla 8.</b> Análisis de variancia para altura de planta final de forraje hidropónico. ....	47
<b>Tabla 9.</b> Prueba de Duncan para la interacción Tipo de biol (B) por Dosis de biol (D) sobre altura de planta de forraje hidropónico. ....	48
<b>Tabla 10.</b> Determinaciones químicas del forraje hidropónico. ....	51
<b>Tabla 11.</b> Análisis de variancia para rendimiento de biomasa de raíz del forraje hidropónico.....	53
<b>Tabla 12.</b> Prueba de Duncan para el factor Tipo de biol sobre rendimiento de biomasa de raíz del forraje hidropónico. ....	53
<b>Tabla 13.</b> Prueba de Duncan para el factor dosis de biol sobre rendimiento de biomasa de raíz del forraje hidropónico. ....	54
<b>Tabla 14.</b> Análisis de variancia para rendimiento total del forraje hidropónico.....	56
<b>Tabla 15.</b> Prueba de Duncan para el factor Tipo de biol sobre rendimiento total del forraje hidropónico. ....	56
<b>Tabla 16.</b> Prueba de Duncan para el factor dosis de biol sobre rendimiento total del forraje hidropónico.....	58
<b>Tabla 17.</b> Análisis económico de la producción de forraje verde hidropónico.....	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Datos de registro de temperaturas dentro del ambiente .....	71
<b>Anexo 2.</b> Datos promedios de las variables evaluadas del forraje hidropónico .....	72
<b>Anexo 3.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de cuy al 0% .....	73
<b>Anexo 4.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento, Biol a base estiércol de cuy al 15% .....	74
<b>Anexo 5.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de cuy al 30% .....	75
<b>Anexo 6.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de ovino al 0%.....	76
<b>Anexo 7.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de ovino al 15% .....	77
<b>Anexo 8.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de ovino al 30%.....	78
<b>Anexo 9.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de vacuno al 0% .....	79
<b>Anexo 10.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de vacuno al 15% .....	80
<b>Anexo 11.</b> Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de vacuno al 30% .....	81
<b>Anexo 12.</b> Materiales e insumos para la elaboración del biol .....	82
<b>Anexo 13.</b> Tapado del.....	82
<b>Anexo 14.</b> Inicio del proceso de producción del biol (duracion120días .....	82
<b>Anexo 15.</b> Finalización y cosecha del biol .....	82
<b>Anexo 16.</b> Visita del Presidente de jurado M.Sc. Juan Larico Vera .....	83
<b>Anexo 17.</b> Semilla de cebada.....	83
<b>Anexo 18.</b> Pesado de semilla .....	83
<b>Anexo 19.</b> Instalación del proyecto de investigación .....	83
<b>Anexo 20.</b> Desarrollo del FVH de los tratamientos en estudio .....	84
<b>Anexo 21.</b> Pesado del forraje verde hidropónico.....	84
<b>Anexo 22</b> Análisis químico de biol de cuy, ovino y vacuno .....	85
<b>Anexo 23.</b> Análisis fisicoquímico de la muestra de agua .....	86
<b>Anexo 24.</b> Análisis bromatológico del FVH .....	87

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

cm	: Centímetros
CV	: Coeficiente de variabilidad
C.M.	: Cuadrados medios
F.V.	: Fuente de variación
Fc	: F calculada
Ft	: F tabular
FVH	: Forraje verde hidropónico
FDN	: Fibra detergente neutro
G.L.	: Grados de libertad
kg	: kilogramos
Prom. gral	: Promedio o media general
Sig.	: Significancia
S.C.	: Suma de cuadrados
n.s.	: No significativo
%	: Porcentaje
*	: Es significativo
**	: Es altamente significativo

## RESUMEN

Uno de los factores limitantes para la crianza de animales menores, es la escasez de forraje verde y la falta de la calidad nutricional en la misma. Por ello, es necesario realizar investigaciones de fuentes forrajeras de buena calidad nutricional. El presente trabajo de investigación se realizó en el invernadero de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano, Los objetivos fueron: a) Evaluar la germinación, altura de planta y características nutritivas del forraje verde hidropónico, b) Determinar el rendimiento de la biomasa vegetal del forraje verde hidropónico de cebada y c) Estimar los costos de producción y la relación beneficio costo y rentabilidad de la producción de forraje verde hidropónico. El material experimental fue semillas de cebada "*Hordeum vulgare*" de la variedad grñón. Como solución nutritiva fueron tres tipos de biol elaborados a base de estiércoles de cuy, ovino y vacuno. Los factores en estudio fueron tres tipos de biol y tres dosis de aplicación foliar (00, 15 y 30%). El experimento fue conducido en un Diseño Bloque Completo al azar con un arreglo factorial de 3 x 3, cuyos factores fueron: fuentes de biol y dosis de aplicación haciendo un total de 9 tratamientos con 3 repeticiones y 27 unidades experimentales. Los resultados fueron: a) En altura de planta hubo diferencias estadísticas, donde el tratamiento biol de estiércol de vacuno a una dosis del 30% tuvo una mayor altura de planta con 27.13 cm, seguido de tratamiento con estiércol de cuy al 30% de dosis con 26.33 cm. En el análisis químico del Forraje Verde Hidropónico, el tratamiento de biol de estiércol de ovino a la dosis de 30% tuvo mayor contenido de proteína (15.44%). En contenido de Fibra Detergente Neutro, el tratamiento biol de estiércol de ovino al 15 % tuvo (38.06%). En contenido de grasa, el tratamiento biol de estiércol de ovino a la dosis de 0% tuvo (3.80%). En relación a la germinación de semillas, no hubo diferencias estadísticas fluctuaron entre 75 a 81.33% para todos los tratamientos; b) En rendimiento total del forraje hidropónico, hubo diferencias estadísticas en los factores en estudio, donde el biol de estiércol de cuy tuvo mayor rendimiento con 3.75 kg/0.10m<sup>2</sup>; en dosis, la dosis al 30% tuvo mejor rendimiento de 3.58 kg/0.10m<sup>2</sup>; en la interacción no hubo diferencias estadísticas, pero el tratamiento estiércol de cuy al 30% tuvo 4.42 kg/0.10m<sup>2</sup>. En rendimiento de biomasa de raíz del forraje hidropónico, hubo diferencias estadísticas, donde el biol de estiércol de cuy tuvo 2.84 kg/0.10m<sup>2</sup>, y la dosis al 30% tuvo 2.66 kg/0.10m<sup>2</sup>; en la interacción no hubo diferencias estadísticas, pero el tratamiento estiércol de cuy al 30% tuvo un rendimiento 3.36 kg/0.10m<sup>2</sup>. c) En la rentabilidad económica y relación benéfico costo, el tratamiento Biol a base de estiércol de cuy al 30% tuvo mayor rentabilidad con 106.31% y una relación beneficio costo de 2.06; en cambio, en el tratamiento testigo la rentabilidad fue baja con 37.80% y una relación beneficio costo de 1.38

**Palabras clave:** Biol, cebada, estiércoles, forraje verde hidropónico.

### ABSTRACT

One of the limiting factors for the breeding of small animals is the scarcity of green fodder and the lack of nutritional quality in it. Therefore, it is necessary to carry out investigations of forage sources of good nutritional quality. The present research work was carried out in the greenhouse of the Escuela Profesional de Ingeniera Agronómica of the Universidad Nacional del Altiplano. The objectives were: a) To evaluate the germination, height of the plant and nutritional characteristics of the hydroponic green forage, b) To determine the yield of the vegetable biol of the barley hydroponic green forage and c) Estimate the costs of production and the relation cost benefit and profitability of the production of hydroponic green forage. The experimental material was barley seeds "*Hordeum vulgare*" of the variety Griñón. As a nutritive solution, three types of biol were prepared based on guinea pig, sheep and beef manures. The factors under study were three types of biol and three doses of foliar application (00, 15 and 30%). The experiment was conducted in a randomized Complete Block Design with a factorial arrangement of 3 x 3, whose factors were: biol sources and dose of application making a total of 9 treatments with 3 repetitions and 27 experimental units. The results were: a) In plant height there were statistical differences, where the biol treatment of cow dung at a dose of 30% had a higher plant height with 27.13 cm, followed by treatment with guinea pig manure at 30% dose with 26.33 cm. In the chemical analysis of the Hydroponic Green Forage, the biol treatment of sheep manure at the 30% dose had a higher protein content (15.44%). In content of Neutral Detergent Fiber, the biol treatment of sheep manure at 15% had (38.06%). In fat content, the biol treatment of sheep manure at the 0% dose had (3.80%). In relation to seed germination, no statistical differences fluctuated between 75 to 81.33% for all treatments; b) In total yield of the hydroponic forage, there were statistical differences in the factors under study, where the biol of guinea pig manure had higher yield with 3.75 kg / 0.10m<sup>2</sup>; in doses, the 30% dose had a better yield of 3.58 kg / 0.10m<sup>2</sup>; in the interaction there were no statistical differences, but the manure treatment of guinea pig at 30% had 4.42 kg / 0.10m<sup>2</sup>. In biol yield of hydroponic forage root, there were statistical differences, where the biol of guinea pig manure had 2.84 kg / 0.10m<sup>2</sup>, and the dose at 30% had 2.66 kg / 0.10m<sup>2</sup>; in the interaction there were no statistical differences, but the guinea pig treatment at 30% had a yield of 3.36 kg / 0.10m<sup>2</sup>. c) In economic profitability and cost benefit ratio, Biol treatment based on guinea pig manure at 30% had greater profitability with 106.31% and a cost benefit ratio of 2.06; however, in the control treatment the profitability was low with 37.80% and a cost benefit ratio of 1.38.

**Key words:** Biol, barley, manures, hydroponic green forage.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de forraje verde hidropónico, tiene la finalidad de generar una alternativa de generación de fuente forrajera, sobre todo para las áreas agrícolas muy reducidas, donde es muy limitada la producción de forrajes a campo por falta de tierras agrícolas; esto ocurre en zonas rurales con alta densidad poblacional, tal como se presenta en algunas comunidades del sur de la Región de Puno. Sin embargo, en estas condiciones limitadas es posible la producción agropecuaria, tal es así la crianza de cuyes, que puede constituir una alternativa para la alimentación poblacional y generar ganancias económicas para las unidades familiares.

Uno de los factores limitantes para la crianza de animales es la escasez de forraje y la falta de la calidad nutricional en la misma. Siendo la alimentación un factor determinante en toda crianza de animales, es importante realizar investigaciones que conlleven a la obtención de fuentes forrajeras de buena calidad, sobre todo en aquellos sectores que carecen de tierras agrícolas, donde las familias que se dedican a la crianza de animales menores, los alimentan con residuos de cocina o con residuos de vegetales, lo cual no cubre las necesidades alimenticias de los animales, repercutiendo en su desarrollo corporal, con bajos pesos vivos y bajos índices productivos, afectando la productividad y desarrollo de la crianza a nivel de las familias dedicadas a la crianza de animales menores.

Como una fuente forrajera tradicional para la zona andina encontramos a la cebada (*Hordeum vulgare* L.), siendo su cultivo muy versátil, desarrolla muy bien en suelos agrícolas; también puede desarrollarse bajo condiciones de hidroponía, lo cual permite obtener una biomasa forrajera para la alimentación de los animales (Ruiz y Tapia, 1987).

En consecuencia, para las zonas de escasos terrenos agrícolas, la producción de forraje verde hidropónico, constituye una alternativa viable, ya que su producción se basa en la siembra de semillas en bandejas, y que pueden instalarse a varios niveles en forma vertical, empleándose reducidas áreas, ahorrándose espacios de terreno. Para optimizar su producción de biomasa, el cultivo de forraje verde hidropónico (FVH), requiere el aporte oportuno de elementos nutritivos que sean aprovechados por la planta, con la cual

se estaría incrementando la producción de biomasa verde forrajera. La producción de forraje verde hidropónico, es una alternativa para hacer más eficiente los sistemas de explotación ganadera intensiva (García, 2005).

Frente a ello, el presente trabajo de investigación, se evaluó las soluciones nutritivas de tres tipos de biol elaborados a base de estiércol de cuy, otro a base de estiércol de ovino y otro a base de estiércol de vacuno; las cuales fueron aplicadas como abono foliar sobre las plántulas y determinar su tiempo de producción y su rendimiento de forraje verde hidropónico y estimar la rentabilidad económica.

Los objetivos planteados fueron:

- Evaluar la germinación, altura de planta y características nutritivas del forraje verde hidropónico.
- Determinar el rendimiento de la biomasa vegetal del forraje verde hidropónico de cebada
- Estimar los costos de producción y la relación beneficio costo y rentabilidad de la producción de forraje verde hidropónico

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

La producción de forraje verde hidropónico es bajo control de temperatura y humedad relativa, densidad, humedad y buena calidad de la semilla, alcanza un rendimiento de 10 a 12 veces el peso de la semilla, en pasto fresco y una altura de 20 cm, aproximadamente en un período de 7 a 10 días la literatura reporta conversiones de semilla a forraje verde de 5 a 1 y hasta 12 a 1, pero siempre con una pérdida de materia seca (Arano 1998).

El análisis nutricional del forraje verde hidropónico de cebada en condiciones de Puno, encontró que el contenido nutricional de proteína cruda oscila de 12.46 a 12.91%; el porcentaje de fibra detergente neutra varía de 51.40 a 56.83%; asimismo reporta que el porcentaje de grasa oscila de 6.04 a 6.82% cuyo contenido de materia seca varía entre 11.49 a 12.07% (Churata, 2013).

La producción del forraje verde hidropónico es una variación de la práctica que llevan a cabo las técnicas de los cultivos sin suelo, ya que se realiza la germinación de las semillas a raíz desnuda, sin ningún sustrato o tierra de por medio. El proceso consiste en el crecimiento temprano de plántulas a partir de semillas forrajeras (trigo, maíz, sorgo, cebada, etc.). Su producción puede llevarse a cabo dentro de invernaderos, galeras o cabinas forrajeras colocando una densidad alta de semilla en una superficie plana, el procedimiento más utilizado es la germinación en charolas forrajeras de plástico colocadas en estantes (Molina, *et al.* 2011)

La producción de forraje verde hidropónico es la mejor alternativa dentro de un concepto nuevo de producción agrícola, ya que no se requiere de grandes extensiones de tierras ni de mucha agua. Tampoco se requiere de largos períodos de producción ni de métodos o formas para su conservación y almacenamiento. El crecimiento es bastante rápido, prácticamente el periodo de producción es de solo de 12 a 15 días. Esta forma de producción permitiría a los campesinos obtener de una manera rápida, a bajo costo y en forma sostenible, un forraje fresco, sano, limpio y de alto valor nutritivo para alimentar a sus animales. Es importante señalar que el principal insumo para la producción de forraje

verde hidropónico, lo constituye la semilla (que puede ser de cebada, trigo o avena y son justamente los departamentos afectados por la ola de frío los principales productores de estas semillas. Por lo tanto el costo de este forraje sería mucho menor para los departamentos de Puno, Cusco, Arequipa, Huancavelica, etc (Izquierda, J. 2002).

## **2.2. La semilla**

La función de la semilla es perpetuar y multiplicar las especies a la que pertenece, consta de un embrión (formado por un eje embrionario y un cotiledón) provista de reservas nutritivas, almacenadas en un tejido especializado (albumen o endospermo) y una cubierta seminal que recubre y protege a ambos (García, 1994).

Es conveniente que las semillas elegidas para la producción de forraje hidropónico, se encuentren libres de impurezas como piedras, paja, tierra, semillas partidas, semillas de otras especies y que no hayan sido tratadas con agentes pre emergente o algún otro pesticida tóxico (Izquierdo, 2001).

El porcentaje de germinación no es suficiente para expresar la calidad de la semilla debido a que este concepto también implica calidad genética, así como otros aspectos de calidad fisiológica además de la germinación. La pérdida de la habilidad para germinar es precedida por una larga fila de procesos deteriorantes dentro de la semilla que debilitan su desempeño (Poulsen y Stubsgaard 2000).

## **2.3. Fases de la germinación**

### **2.3.1. Fase de hidratación**

En la fase de hidratación la semilla comienza por la absorción de agua hinchándose poco a poco, trabajo realizado por los distintos tejidos que se ablandan gradualmente rompiendo la dormancia, los alimentos almacenados se van liberando y como paso final en esta fase, la respiración se incrementa progresivamente (Bieto, A, Talon, M. 1993).

Se le conoce como imbibición que es el proceso de absorción de agua por la semilla. Se da por las diferencias de potencial hídrico (mátrico) entre la semilla y la solución de la imbibición. Este proceso consta de tres fases: i) incremento rápido en la absorción de

agua; ii) fase de estabilización y movilización de nutrientes; iii) absorción de agua que generalmente coincide con el proceso de germinación (Suarez y Melgarejo 2007).

Al inicio el ingreso de agua es rápido. Las macromoléculas y estructuras se rehidratan y recuperan sus formas funcionales, durante este periodo, los solutos de bajo peso molecular pueden perderse desde la semilla. Paralelamente a la imbibición y como consecuencia de esta se reactiva la actividad respiratoria en la semilla. La tasa de imbibición se ve afectada por varios factores que pueden determinar la respuesta a la germinación de las semillas (Courtis, 2013).

### **2.3.2. Fase de germinación**

En esta fase los cotiledones se van reduciendo mientras la nueva planta consume sus reservas, el alimento almacenado en ellos es digerido por la acción del agua, se descompone mediante la respiración, o se usa en el desarrollo de nuevas estructuras. Los alimentos almacenados en los cotiledones se encuentran en cantidades suficientes para sostener el crecimiento de las plántulas hasta cuando éstas puedan empezar a fabricar su propio alimento (Casa, 2008).

El proceso fisiológico mediante el cual emerge y desarrolla a partir del embrión estructuras esenciales para formar una planta normal bajo condiciones favorables de temperatura, humedad, luz y oxígeno, la semilla se hincha, aumenta de tamaño a medida que absorbe agua, segrega enzimas, cambian los almidones en azúcar que son usados por la planta como fuente de alimento (Romero, 2009).

El embrión de la futura planta. Despierta de su vida latente provocando la ruptura de los tegumentos seminales y a partir de un almacén de energía, es capaz de transformarse en pocos días en una plántula con capacidad para captar energía del sol (fotosíntesis) y absorber elementos minerales de la solución nutritiva. La germinación se inicia desde el momento en que se somete a imbibición o hidratación. Las enzimas se movilizan invadiendo el interior de la semilla y ocurre una disolución de las paredes celulares por la acción de ellas. Posteriormente, se liberan granos de almidón que son transformados en azúcares y así empieza el proceso de germinación (Hidalgo, 1985).

### 2.3.3. Fase de crecimiento

El crecimiento es la síntesis del material vegetal (biomasa), que viene acompañada del cambio de forma y aumento de la longitud, diámetro del cuerpo del vegetal. El crecimiento se determina por la altura, área foliar y el peso seco, en relación con el tiempo transcurrido durante el ciclo de la vida. La diferenciación es un proceso mediante el cual se forman y reproducen las diferentes clases de células. Una vez que han aparecido las raicillas y las primeras hojas, la planta está capacitada para realizar la fotosíntesis, motivo por el cual se debe exponer a condiciones óptimas de luminosidad, oxigenación y nutrientes (Casa, 2008).

En esta última etapa, paralelamente al incremento de la actividad metabólica, se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales. Una vez que la radícula ha roto las cubiertas seminales, se inicia el desarrollo de la plántula, proceso complejo y variable según las especies, que implica un elevado gasto de energía que se obtiene mediante la movilización de las reservas nutritivas de la semilla (Quispe, 2013).

### 2.4. La cebada

La cebada cultivada (*Hordeum vulgare sp*) descende de la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum sp*), la cual crece en el Oriente Medio; ambas formas son diploides. La cebada es una planta anual herbácea macollada, con raíz fibrosa, tallo en caña fistulosa, hojas envainadoras lineales, inflorescencia en espiga compuesta y fruto cariósipide (Roger, 2004).

Las exigencias al clima son pocas, por lo que su cultivo es muy extendido, aunque crece mejor en climas frescos y moderadamente secos. Requiere pocas unidades de calor para alcanzar la madurez fisiológica, por ello está adaptada a un amplio rango de condiciones ambientales en las zonas templadas y frías, alcanza de 70 a 110 cm de altura (Financiero Rural, 2009).

La cebada es un alimento energético, rico en carbohidratos, principalmente almidón. Los hidratos de carbono son importantes porque aportan con más del 40% de calorías en la dieta y permite una eficaz utilización de la proteína; el aporte de la cebada en la dieta es importante como fuente proteica, rica en ácido glutámico, prolina, leucina y

aminoácidos, importantes porque forman parte de los tejidos corporales. Presenta un mayor porcentaje de minerales como hierro, fosforo, zinc y potasio que otros cereales. Los granos de cebada tienen importante aplicación nutricional como fuente de lisina, triptófano y vitaminas del complejo B, cuya concentración se incrementa bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación, por otro lado la composición química y nutricional antes de germinar como del forraje hidropónico de cebada es 89.00 de materia seca, proteína 11.60%, ceniza 2.40%, extracto eterio 1.18, fibra 5.10% y ELN 79.10% (Suarez, D; Melgarejo, L. (2007).).

## 2.5. Forraje verde hidropónico

El forraje verde hidropónico es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano a partir de semillas viables. El FVH es un forraje vivo, de alta digestibilidad, calidad nutricional y muy apta para la alimentación animal. Así mismo la composición química de forraje hidropónico de cebada es 20.23% de materia seca, 17.77% de proteína, 5.28% de ceniza, 4.41% de extracto etéreo, 16.15 % de fibra y 58.08% ELN (Izquierdo *et. al.* 2002).

La técnica de cultivo, se basa en la producción sobre sustratos que no sean tierra, y se hace preferiblemente en invernaderos que permiten su producción, incluso en épocas de sequía u otras condiciones climáticas adversas, para no detener la alimentación de los animales de las variaciones del clima y poder mantener el engorde para producción de carnes y leche (Arano, 1998).

La producción de forraje hidropónico es la mejor alternativa dentro de un concepto nuevo de producción agrícola, ya que no se requiere de grandes extensiones de tierras ni mucha agua. Tampoco se requiere de largos periodos de producción ni de métodos o formas para su conservación y almacenamiento. El crecimiento es bastante rápido, prácticamente el periodo de producción es de solo 12 a 15 días (Rodríguez y Tarrillo, 2009).

El cultivo hidropónico de pastos es una tecnología que se conoce de épocas antiguas para la alimentación del ganado, independientemente de los factores naturales como el sol, lluvia y aun suele. Este tiene algunas ventajas como la contaminación de

parásitos, como todas las condiciones son controladas, la calidad del forraje producida es muy uniforme, palatable y con buenos nutrientes (Estrada, 2002).

### **2.5.1. Calidad del forraje verde hidropónico**

El forraje verde hidropónico es succulento de aproximadamente 20 a 30 cm de altura (dependiendo del período de crecimiento) y de plena aptitud comestible para el consumo de los animales, su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos (Izquierdo, 2001).

Los valores reportados de energía digestible son variables, en el caso particular de la cebada el forraje verde hidropónico se aproxima a los valores encontrados para el concentrado especialmente por su alto valor energético y apropiado nivel de digestibilidad (Pérez, 2007).

### **2.5.2. Factores que influyen en la producción de forraje verde hidropónico**

Toda causa que afecte la salud de las plantas afecta el crecimiento y por ende la producción, lo cual puede reducir seriamente su utilidad para el consumo humano o animal. Debido a ello, esta sección comprende todas aquellas variables que por su importancia, condicionan en la mayoría de las veces, el éxito o fracaso de un emprendimiento hidropónico (Vargas, 2007).

La eficiencia en la producción de forraje verde hidropónico depende de factores tales como la densidad de siembra, tipo de semilla y día de cosecha, los cuales influyen en su valor nutritivo (Herrera *et al.* 2010)

### **2.5.3. Efecto de la luz**

Si no existiera luz dentro de los recintos para la producción de forraje verde hidropónico, la función fotosintética no podría ser cumplida por las células verdes de las hojas y por lo tanto no existiría producción de biomasa. La radiación solar es por lo tanto básica para el crecimiento vegetal, a la vez que es promotora de la síntesis de compuestos los cuales serán de vital importancia para la alimentación animal (Sánchez, A. 2000).

La luz es indispensable para la fotosíntesis. Cuando carece luz, las plantas se inclinan hacia la fuente que la produce, luego los tallos se debilitan, las hojas palidecen y se tornan

quebradizas, se detiene su crecimiento y pueden morir. Se llama fototropismo a la capacidad que tiene la planta para orientar sus hojas y dirigir su crecimiento hacia la fuente de luz, mientras que luz directa es la energía que en forma de rayos solares cae directamente sobre las plantas (Samperio, 1997).

#### **2.5.4. Temperatura**

La temperatura es una propiedad que determina el equilibrio térmico, el rango óptimo dentro del módulo oscila entre los 18 °C y 26 °C. En la fase de pre germinación no debe ser elevada, en su cosecha no debe ser elevada, la observación de suministro de calor al cultivo de las bandejas es un factor controlable desde la siembra hasta la cosecha (Martínez, 2007).

A medida que aumenta la temperatura mínima de germinación, se debe controlar el drenaje de las bandejas para evitar exceso de humedad y la aparición de enfermedades fungosas, su ataque resulta fulminante y en cuestión de horas arrasa con toda la producción (Izquierdo, 2001).

La temperatura óptima para la germinación y posterior crecimiento de los granos en el forraje verde hidropónico es diverso. Es así que los granos de avena, cebada y trigo, entre otros, requieren de más temperaturas bajas para germinar, el rango de ellos oscila entre los 18 °C a 21 °C (FAO, 2001).

#### **2.5.5. Humedad**

La humedad relativa del módulo hidropónico no debe ser inferior al 90%, valores superiores carentes de ventilación causan problemas fitosanitarios, fungosas que son difíciles de combatir y eliminar. Los cuales incrementan los costos operativos, excesiva ventilación deseca el ambiente y disminución significativamente la producción por deshidratación (Izquierdo, 2001).

#### **2.5.6. Calidad del agua**

El agua que se encuentra en la mayor parte de las fuentes normales de suministro es apta para los cultivos. El primer requisito es que el agua sea apta para el consumo humano o de animales, y por lo tanto también será apta para las plantas (Calles, 2005).

El método hidropónico empleado en la producción de forraje verde es una buena alternativa para reactivar la economía del campo en el sector ganadero en regiones en que el agua es un factor limitante, además de que es un complemento proteínico de alta calidad y bajo costo (Rodríguez *et al.* 2009).

#### **2.5.7. Potencial de hidrógeno (pH)**

El valor de potencial de hidrógeno del agua de riego debe oscilar entre 5,2 a 7.0 salvo raras excepciones como son las leguminosas, que pueden desarrollarse con valores cercanos a 7,5 mientras tanto que el resto de las semillas utilizadas (cereales mayormente) usualmente en la producción de forraje verde hidropónico no se comportan eficientemente por encima del valor 7.0 (Biblioteca de la agricultura 1997)

### **2.6. Manejo del forraje verde hidropónico**

#### **2.6.1. Selección de la semilla**

El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla, tanto en calidad genética como fisiológica. Si bien todo depende del precio y de la disponibilidad, la calidad no debe ser descuidada. La semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 75% para evitar pérdidas en los rendimientos (FAO, 2002).

Las semillas que se utilizarán para investigación deben estar libres de piedras, paja, tierra y semillas partidas las que son luego fuente de contaminación, semillas de otras plantas y fundamentalmente saber que no hayan sido tratadas con cura semillas, agentes pre emergente o algún otro pesticida tóxico (Calles, 2005).

#### **2.6.2. Desinfección de semillas**

Las semillas deben lavarse y desinfectarse con una solución de hipoclorito de sodio al 1%. El lavado tiene como finalidad eliminar hongos y bacterias contaminantes, liberarlas de residuos y dejarlas limpias. El desinfectado con el hipoclorito elimina prácticamente los ataques de micro organismos patógenos. El tiempo que se deja la semilla en la solución no debe ser menor a 30 segundos ni exceder de los tres minutos. Finalizado el lavado se procede a un enjuague riguroso de semilla con agua limpia (Ramírez *et al.* 2012).

### 2.6.3. Remojo y pre germinación

Esta etapa consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas completamente en agua limpia por un periodo no mayor a las 24 horas, para una completa inhibición. Este tiempo se divide a su vez en dos periodos de 12 horas cada uno. A las 12 horas de estar las semillas sumergidas, se procede a sacarlas y orearlas durante una hora y se las vuelve a sumergir por 12 horas para el último oreado. Este proceso induce la germinación de la semilla a través del estímulo al embrión (Hidalgo, 1985).

Esta etapa consiste en colocar las semillas dentro de una bolsa de tela y sumergirlas en agua limpia por 24 horas. Este tiempo, se subdividirá en periodos de 12 horas donde se procede a cambiar de agua y orearlas durante 1 hora. Cambiar el agua facilita y ayuda a oxigenar las semillas, la imbibición aumenta rápidamente la intensidad respiratoria y con ello las necesidades de oxígeno. Este fenómeno bioquímico explica por qué acelera el proceso de germinación cuando se deja en remojo por un período no superior a las 24 horas (López *et al.* 2007).

### 2.6.4. Densidad de siembra:

La proporción óptima de siembra por metro cuadrado en una bandeja de cultivo hidropónico, fluctúa entre 2,2 a 3,4 kg, considerando que la disposición de las +semillas pre germinadas dentro de la bandeja de producción no debe superar los 1,5 cm de altura o espesor, se deberá distribuir uniformemente similar a una delgada capa (Izquierdo, 2001).

En el manejo de la avena bajo condiciones hidropónicas, es recomendable un periodo de imbibición de semillas no mayor a horas en agua de pozo, posteriormente se debe sembrar las semillas pre germinadas en una dosis de  $6.4 \text{ kg/m}^2$  en bandejas de crecimiento (Fuentes, 2008).

### 2.7. Siembra en la bandeja

La siembra consiste en esparcir las semillas en forma homogénea en las bandejas, utilizando guantes de goma. Para conservar la humedad, se debe cubrir las bandejas sembradas con láminas de periódico con perforaciones, dejando aberturas para evitar la falta de oxigenación (Mendoza, 2009).

Las semillas pre germinadas se ponen en bandejas de plástico, en estantes de fierro, con un kilo de semilla, ya sea de cebada, avena, trigo o maíz, en 10 o 12 días, cada kg se habrá convertido en seis kilos, que se consume en su totalidad (raíz, tallo y hojas) constituyendo una fórmula completa de proteína, energía, vitaminas y minerales (Izquierdo, 2001).

## **2.8. Cosecha**

La cosecha del forraje hidropónico comprende el total de la biomasa que se encuentra en la bandeja o franja de producción. Esta biomasa comprende: epicotileos, cotiledones, el abundante colchón de radículas, semillas sin germinar y semillas en diferentes estadios de germinación (FAO, 2002).

El tamaño dependerá de la variedad cultivada e incluso también habrá que analizar el tipo y estadio del animal a alimentar, en términos generales la cosecha se produce entre los 8 y 14 días, con una altura promedio de 30 cm y una productividad de 8 a 15 kilogramo de forraje verde hidropónico producido por cada kilogramo de semilla utilizado (López *et. al.* 2007).

El forraje verde hidropónico forma un sólo bloque alimenticio, es fácil de sacar y de entregar a los animales en trozos, desmenuzado o picado, para favorecer una fácil ingesta, evitar rechazos y pérdidas, se recomienda utilizar recién cosechado, sin embargo, se puede guardar siempre y cuando se le brinde el lugar y cuidados que requiere como cualquier forraje (Sánchez, 1997).

## **2.9. Fertilizante orgánico biol**

El biol es una sustancia líquida de origen orgánico, resultado de la descomposición de los residuos animales y vegetales: Guano, rastros, etc., en ausencia de oxígeno, el resultante contiene nutrientes que son fácilmente asimilados, al mismo tiempo proporcionando un incremento considerable en su resistencia y vigor de la planta (Roldán, 2008).

El biol es una tecnología apropiada para el medio ambiente como para las tareas de los agricultores, utiliza recursos renovables y no sobrepasa la capacidad de carga de los ecosistemas, dan respuesta al problema productivo, es de bajo costo, mejora los ingresos

económicos del agricultor, es de sencilla comprensión y reproducibles a escala local (Herrera, 2010).

El biol es una fuente orgánica de fitorreguladores que promueve las actividades fisiológicas, estimula el desarrollo de las plantas en las actividades agronómicas como: Enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular) acción sobre el follaje (amplia base foliar) mejora floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciendo todo esto en aumento significativo de las cosechas (Suquilanda, 2005).

### **2.9.1. Riego con biol**

A partir del cuarto día el riego debe realizarse con solución nutritiva e incrementar el volumen utilizado, en sistemas automatizados podría aplicarse el volumen diario de nutrientes dividido en seis a nueve veces durante las horas de luz, mediante aspersores de pocos segundos de duración (López *et al.* 2007).

Las soluciones nutritivas orgánicas como el té de vermi compost, té de compost y solución química, como control se deben aplicar a partir del día quinto hasta el día de cosecha (Pérez *et al.* 2011).

### **2.9.2. Funciones principales**

El biol puede ser utilizado en una gran variedad de cultivos, de ciclo corto, anual, Bianual, perenne, gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales, con aplicaciones dirigidas a la floración, al follaje, al suelo, a la semilla y/o a la raíz (Blanco, 2007).

El biol promueve en gran magnitud todas las actividades fisiológicas del cultivo y estimula significativamente el desarrollo de las plantas, se utiliza en las siguientes actividades agronómicas (Charaja, 2005).

### **2.9.3. Aplicación y dosificación**

El biol se puede aplicar en una dilución de concentración del 10, 15 y 25% dependiendo del tipo y edad del cultivo, se debe aplicar antes de las diez de la mañana y posterior a las cuatro de la tarde, debido a que en éstos horarios hay mayor asimilación y apertura de los estomas (Suquilanda, 2005).

El biol se debe aplicar al follaje en el momento de mayor actividad fisiológica (en la mañana o al finalizarla tarde) con una concentración del 20 o 30%, su aplicación tiene la propiedad de incrementar el rendimiento de la producción (Duicela *et al.* 2003).

#### **2.9.4. Imbibición de semillas en biol**

La imbibición es el remojo de la semilla en una preparación porcentual de biol con agua, debido a las propiedades del mismo que aceleran la germinación, las semillas absorben pasivamente los nutrientes y al mismo tiempo inoculan de microorganismos (Bizzozero, 2006).

El contenido de purinas, auxinas y tiamina que posee el biol, aplicado a las semillas, promueve la germinación en forma rápida y el desarrollo de raíces (Mansalva, 2012).

#### **2.9.5. Aplicación del biol al follaje**

La aplicación de la fertilización foliar, es una metodología efectiva que permite la incorporación del fertilizante, previamente calculado con el requerimiento de la plan, que se le incorpora mediante la aspersión, permitiendo a la planta su absorción mediante las hojas (Guanopatín, 2012).

El biol, no debe ser utilizado puro cuando se va aplicar al follaje de las plantas, sino en diluciones. La diluciones recomendadas pueden ser desde el 25% al 75%, mediante la presencia de hormonas vegetales que regulan y coordinan funciones vitales que se reproducen en células meristemáticos y pueden ser transportadas desde el lugar que son sintetizadas células a células o por los vasos, no suelen actuar de forma aislada, que provocan la elongación y división de la células, de este modo contribuyen al crecimiento (Suquilanda, 2005).

#### **2.9.6. Sustancias orgánicas benéficas en el biol**

Las hormonas vegetales se conocen también con los nombres de fitohormonas o fitorreguladores. Se las define como sustancias químicas orgánicas producidas por las plantas, que en pequeñas concentraciones actúan en un lugar distinto de donde se produce, interviniendo en el metabolismo del desarrollo ya sea estimulando, inhibiendo o modificando cualquier proceso fisiológico de la planta, entre las principales sustancias

orgánicas beneficiosas que el biol aporta a los cultivos se encuentran: Citoquininas, tiamina (Vitamina B1) auxinas, riboflavina (vitamina B2) giberelinas, amiloglucosidasa, aminoácidos (Manosalvas, 2012)

Hay cinco grupos de hormonas principales que son: La purinas, auxinas, giberelinas y citoquininas; Todas estimulan la formación de nuevas raíces y fortalecimiento, induce la floración, estimula el crecimiento de tallos, hojas, etc., el biol, de cualquier origen, cuenta con estas fitohormonas que mejora la productividad y calidad de los cultivos (Aparcana y Jansen. 2008).

### **2.9.7. Ventajas del biol**

El biol acelera el crecimiento y desarrollo de la plantas, mejora la producción y productividad de las cosechas, aumenta la resistencia a plagas y enfermedades, aumenta la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas, granizadas y otros) es ecológico, compatible con el medio ambiente, no contamina el suelo, es económico (Guanopatín, 2012).

El biol aporta nutrientes inorgánicos y compuestos orgánicos beneficiosos para las plantas, incrementa entre cinco y veinte por ciento el rendimiento del cultivo. Es una tecnología accesible para los agricultores que mejora su calidad de vida (Herrera, 2010).

El biol, es una fuente orgánica de fitorreguladores que en pequeñas cantidades promueven actividades fisiológicas, estimulan el desarrollo, el vigor y poder germinativo de la semilla, induce el desarrollo del enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular) y el follaje (amplía la base foliar). (Aparcana *et al.* 2008).

### **2.9.8. Desventajas del biol**

Las desventajas en el uso de fertilizantes orgánicos se relacionan con la lenta integración de los nutrientes al suelo y la variabilidad en la calidad del abono, esto se debe a que la efectividad del fertilizante orgánico depende de la materia prima con que este es elaborado (Manosalva, 2012).

Las desventajas del uso del biol están enfocadas en el tiempo de preparación, puesto es largo y muy riesgoso cuando no se protege de los rayos solares directos, puesto que los malogra (Toalombo, 2013).

Los agricultores no cuentan con información acerca de los procesos que conllevan la utilización de abonos líquidos fermentados, tampoco han validado sistemática y objetivamente el uso, los conocimientos que poseen provienen de talleres prácticos, boletines informativos e intercambio entre los productores (Restrepo, 2001).

El biol debido a su concentración, no debe incrementarse la dosis al aplicar en un cultivo, debido a las quemaduras que causaría en el follaje de la planta, las lesiones ocasionadas marchitan la planta y en transcurso de un tiempo corto muere, causando pérdidas económicas de consideración (Charaja, 2005).

Los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen; generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol. La calidad de los estiércoles depende de la especie, del tipo de cama y del manejo que se le da a los estiércoles antes de ser aplicados (Borrero, 2001).

## **2.10. Estiércoles**

Los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen; generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol. La calidad de los estiércoles depende de la especie, del tipo de cama y del manejo que se le da a los estiércoles antes de ser aplicados (Borrero, 2001).

El estiércol es considerado la principal fuente de abono orgánico, el adecuado manejo del estiércol es una excelente alternativa para mejorar las características físicas y químicas del suelo y asimismo brindar una fuente de nutrientes a las plantas, puede ser manejado y almacenado como sólido (Tapia y Fries, 2004).

El contenido promedio de elementos químicos es de 1,5% de N, 0,7% P y 1,7% K. Los estiércoles mejoran las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos, particularmente cuando son utilizados en una cantidad no menor de 10kg/ha al año, y de preferencia de manera diversificada. Para obtener mayores ventajas deben aplicarse después de ser descompuestos o fermentados, y de preferencia cuando el suelo está con la humedad adecuada (Borrero, 2001).

La preocupación de todo agricultor es como mejorar su producción, en cantidad y calidad, sin aumentar los costos de producción. Para ello existe la alternativa de preparar sus propios abonos. El estiércol es la principal fuente de abono orgánico y su apropiado manejo es una excelente alternativa para ofrecer nutrientes a las plantas y a la vez mejorar las características físicas y químicas del suelo. La variación en la composición del estiércol depende de la especie animal, de su alimentación, contenido de materia seca (estado fresco o secado) y de cómo se le haya manejado. El estiércol contiene: 0,5% de nitrógeno, 0,25 % de fósforo y 0,5% de potasio, es decir que una tonelada de estiércol ofrece en promedio 5 kg de nitrógeno, 2,5 kg de fósforo y 5 kg de potasio. Al estar expuesto al sol y a la intemperie, el estiércol pierde en general su valor. Se debe evitar el uso del estiércol fresco, debido a que puede tener gérmenes de enfermedades, semillas de malas hierbas que se pueden propagar en los cultivos. Resulta imposible abastecer las necesidades de los cultivos sólo mediante el estiércol. Otra fuente de fertilización para las plantas es la orina animal, que cuando es fermentada (purín) constituye un abono líquido rico en nitrógeno y fósforo (INIA, 2006).

El contenido en nutrientes del estiércol presenta una gran variabilidad dependiendo de muchos factores como son: el tipo de animal y destino, clase y proporción del material utilizado en el lecho, sistema de estabulación, su nutrición y consumo de agua, edad, sexo, estado fisiológico, sistema de limpieza, tratamiento y duración del almacenaje (Almasa, 2003).

La preocupación de todo agricultor es como mejorar su producción, en cantidad y calidad, sin aumentar los costos de producción. Para ello existe la alternativa de preparar sus propios abonos. El estiércol es la principal fuente de abono orgánico y su apropiado manejo es una excelente alternativa para ofrecer nutrientes a las plantas y a la vez mejorar las características físicas y químicas del suelo. De todos los forrajes que consumen los animales (ovinos, vacunos, camélidos y cuyes), sólo una quinta parte es utilizada en su mantenimiento o incremento de peso y producción, el resto es eliminado en el estiércol y la orina (Tapia y Fries, 2007).

**Tabla 1.** Composición química de estiércoles de animales

Especie animal	Materia seca %	N%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	CaO %	MgO %	SO <sub>4</sub> %
Vacunos (f)	6	0,29	0,17	0,10	0,35	0,13	0,04
Vacunos (s)	16	0,58	0,01	0,49	0,01	0,04	0,13
Ovejas (f)	13	0,55	0,01	0,15	0,46	0,15	0,16
Ovejas (s)	35	1,95	0,31	1,26	1,16	0,34	0,34
Caballos (s)	24	1,55	0,35	1,50	0,45	0,24	0,06
Caballos (f)	10	0,55	0,01	0,35	0,15	0,12	0,02
Cerdos (s)	18	0,60	0,61	0,26	0,09	0,10	0,04
Camélidos (s)	37	3,6	1,12	1,20	s.i.	s.i.	s.i.
Cuyes (f)	14	0,60	0,03	0,18	0,55	0,18	0,10
Gallina (s)	47	6,11	5,21	3,20	s.i.	s.i.	s.i.(f)

(f) Fresco, (s) seco, (s.i.) sin información.

Fuente: Tapia y Fries (2007), cita SEPAR, 2004. Boletín Estiércoles.

La variación en la composición del estiércol depende de la especie animal, de su alimentación, contenido de materia seca (estado fresco o secado) y de como se le haya manejado. Para la práctica y uso en general se puede considerar que el estiércol contiene: 0,5 por ciento de nitrógeno, 0,25 por ciento de fósforo y 0,5 de potasio, es decir que una tonelada de estiércol ofrece en promedio 5 kg de nitrógeno, 2,5 kg de fósforo y 5 kg de potasio. Al estar expuesto al sol y la intemperie, el estiércol pierde en general su valor (Tapia y Fries, 2007).

Se debe evitar el uso del estiércol fresco, debido a que puede tener gérmenes de enfermedades, semillas de malas hierbas que se pueden propagar en los cultivos; por lo que es casi imposible abastecer las necesidades de los cultivos sólo mediante el estiércol. Otra fuente de fertilización para las plantas es la orina animal, que cuando es fermentada (llamada «purín») constituye un abono líquido rico en nitrógeno y fósforo (Tapia y Fries, 2007).

### 2.10.1. Abono o estiércol de Cuy

El estiércol de cuy, se lo utiliza con múltiples beneficios, sobre todo para la elaboración de abonos orgánicos, su alto contenido de nutrientes especialmente de elementos menores. El estiércol del cuy es uno de los mejores junto con el del caballo, y tiene ventajas como que no genera olores, no atrae moscas y viene en polvo. Este abono orgánico es muy importante para la utilización en cultivos y de una manera limpia la cual no afecta el medio ambiente (Molina, 2012).

El estiércol de cuy se puede aprovechar por su contenido en minerales y porcentaje de humedad, a diferencia de otras especies. De acuerdo con el INIA, el estiércol de cuy concentra mayor cantidad de nitrógeno, fósforo y potasio, componentes que son los que mayormente utilizan las plantas. Su bajo nivel de humedad lo hace más duradero (Narea *et al.* 2002).

### **Ventajas al utilizar estiércol de cuy**

- Mantiene la fertilidad del suelo.
- Este tipo de abonamiento no contamina el suelo.
- Se obtiene cosechas sanas.
- Se logran buenos rendimientos.
- Mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo.
- No posee malos olores por lo tanto no atrae a las moscas. (Pantoja, 2014).

### **2.10.2. Estiércol de ovino**

El estiércol no va directo en el cultivo, más bien se incorpora en las tierras antes del proceso de plantación. Además, se recomienda que sea al menos 15 días antes para que las cosechas sean exitosas. La tierra precisa una serie de condiciones como retención de agua, aireación adecuada y nutriente para tener un ambiente óptimo. El estiércol de oveja es considerado rico en nutrientes y muy equilibrado, ya que son animales que se alimentan de pasto. Ahora que si se encuentra muy fresco, es conveniente que se someta a un proceso de fermentación que dure 3 meses para que se degrade y sea apto para mezclar con la tierra. A manera general, unos 30g de estiércol de oveja son lo equivalente 1 kg de estiércol de vaca. Además, otra gran virtud es que cuenta con pajullos, los cuales son excelentes para airear la tierra, siendo un aporte adicional de nitrógeno (Blog Garden Center Ejea, 2018).

Este es uno de los abonos más activos. Es más pesado y más caliente que el otro, lo que lo hace ventajoso a los suelos fuertes y tríos, 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 este. 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 (Guerrero, 1993).

### 2.10.3. Estiércol de vacuno

El estiércol animal está formado por excremento sólido y líquido del ganado, mezclado generalmente con ciertos materiales usados para cama de los animales, como paja y césped. En general el estiércol fresco de los equinos y el bovino contiene de 20 a 25 por ciento de materia seca, 0.37 a 0.60 por ciento de nitrógeno, de 0.25 a 0.35 por ciento de anhídrido fosfórico ( $P_2O_5$ ), y de 0.15 a 0.76 de potasio  $K_2O$ , además de cantidades considerables de otros nutrientes no clasificados, dependiendo de diversos factores tales como clase, edad y características individuales de los animales, producción de leche del ganado vacuno entre otros (Flores y Fred, 1990).

El estiércol de vacuno contiene 1.1-3 % de N, 0.3- 1 % de P y 0.8-2 % de K. Estos nutrientes se liberan paulatinamente (al contraste con el fertilizante químico). El estiércol bovino libera aproximadamente la mitad de sus nutrientes en el primer año. El contenido de nutrientes en el estiércol varía dependiendo de la clase de animal, su dieta y el método de almacenamiento y aplicación (PASOLAC, 2007). Además el estiércol de vacuno tiene el 83.2 % de humedad, 1.67 % de nitrógeno, 1.08 % de fósforo, 0.56 % de calcio (CEDECO, 2005).

Corresponde a la clase de estiércol frío, que son de acción lenta, pero más duradera y están más recomendados para suelos ligeros o arenosos. El valor de estiércol en el mantenimiento de la materia orgánica del suelo ha sido ampliamente utilizado desde el pasado. Es una práctica que se usa frecuentemente en la sierra del Perú. Aplicaciones de más de 10 t/ha, muestran efectos positivos, tanto en las características físicas y químicas del suelo, así como en la alta producción de fruto. Cuando hay una buena conservación del estiércol de vacuno se puede considerar el contenido promedio en: 0,5 % de N; 0,25% de  $P_2O_5$ ; y 0,5 % de  $K_2O$ . Además aproximadamente 1/2 de nitrógeno, 1/3 de  $K_2O$  y 1/4 a 1/5 parte de  $P_2O_5$  es disponible en forma inmediata por la planta (Batallanos, 1999).

El estiércol de vacuno tiene dos componentes originales, el sólido y el líquido. El material sólido representa en su mayor parte el material no digerido y la porción líquida representa el material digerido que ha sido absorbido por el animal y después excretado. El excremento sólido en promedio contiene la mitad o más de nitrógeno como una tercera parte del potasio y casi todo el fósforo que excreta el animal. Todos los nutrientes vegetales de la fracción líquida u orina son solubles y son o directamente aprovechables para las plantas o se convierten aprovechables fácilmente (Zeballos, 2008).

Se ha observado que el estiércol de ganado vacuno por el mayor contenido de agua y menor contenido de heces, se descompone lentamente y la temperatura se eleva débilmente. En suelos compactados o arcillosos y en suelos arenosos es conveniente el empleo de dosis altas de estiércol (mayor a 30 t/ha). La composición del estiércol de vacuno es muy variable y depende de muchos factores como: la especie y edad del ganado, el uso de camas, la inclusión o exclusión del excremento líquido y la magnitud del proceso de descomposición en el compostaje, así como la alimentación del animal (Guerrero, 1993 y Biblioteca de la Agricultura, 1997).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar experimental

El estudio se realizó en el invernadero de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, de la Facultad de Ciencias Agrarias, ubicado en la ciudad universitaria de la UNA PUNO, ubicado en la coordenada UTM 8250430.

#### 3.2. Material experimental

Como material experimental se empleó semillas de cebada "*Hordeum vulgare*". Como solución nutritiva, se emplearon tres tipos de biol elaborados a base de estiércol de cuy, ovino y vacuno.

##### **Materiales para la obtención de biol:**

- 03 recipientes de 30 litros cada uno
- 03 mangueras transparentes de PVC
- 3 tubos de PVC de 30 cm cada uno
- 03 unidades de jebe de 2.5m de cámara de grosor mediano
- 06 unidades de botellas descartables transparente de de 3 y 2 litros
- 03 unidades de cinta craft o cinta aislante de color negro

##### **Insumos para biol a base de estiércol de cuy**

- 15 litros de agua limpia
- 3 Kg de estiércol de cuy
- 750 ml de leche fresca
- 500 ml de jugo de alfalfa
- 1 kg de restos de pescado
- 250 gr de azúcar rubia
- 1L de orina de vaca

##### **Insumos para biol a base de estiércol de ovino**

- 15 litros de agua limpia
- 3 kg de estiércol de ovino
- 750 ml de leche fresca
- 500 ml de jugo de alfalfa
- 1 kg de restos de pescado

- 250 gr de azúcar rubia
- 1L de orina de vaca
- **Insumos para biol a base de estiércol de vacuno**
- 15 litros de agua limpia
- 3 kg de estiércol de vacuno
- 750 ml de leche fresca
- 500 ml de jugo de alfalfa
- 1kg de restos de pescado
- 250 gr de azúcar rubia
- 1L de orina de vaca

### 3.3. Factores de estudio:

#### Factor biol

Biol a base de estiércol de cuy	(B1)
Biol a base de estiércol de ovino	(B2)
Biol a base de estiércol de vacuno	(B3)

#### Factor dosis

Sin dosis	D0	0 %
Dosis	D1	15%
Dosis	D2	30%

### 3.4. Tratamientos en estudio

**Tabla 2.** Tratamientos en estudio

Trat.	TIPOS DE BIOL	DOSIS	CLAVE
T1	<b>Biol a base de estiércol de cuy</b>	0%	B1 D0
T2	Biol a base de estiércol de cuy	15%	B1 D1
T3	Biol a base de estiércol de cuy	30%	B1 D2
T4	<b>Biol a base de estiércol de ovino</b>	0%	B2 D0
T5	Biol a base de estiércol de ovino	15%	B2 D1
T6	Biol a base de estiércol de ovino	30%	B2 D2
T7	<b>Biol a base de estiércol de vacuno</b>	0%	B3 D0
T8	Biol a base de estiércol de vacuno	15%	B3 D1
T9	Biol a base de estiércol de vacuno	30%	B3 D2

### 3.5. Diseño experimental

El experimento fue conducido en un Diseño Bloque Completo al Azar con un arreglo factorial de 3 x 3 haciendo un total de 9 tratamientos con 3 repeticiones y 27 unidades experimentales. Los resultados fueron sometidos a la prueba de significancia de Duncan.

**Tabla 3.** Análisis de varianza para DBCA en arreglo factorial

Fuente de variabilidad	Grados de libertad (G.L.)
Bloques	2
Factor (B)	2
Factor (D)	2
Interacción B X D	4
Error experimental	16
Total	26

Siendo, el modelo estadístico lineal, el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_j + A_i + \beta_k + A\beta_{Bij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$k = 1, 2, \dots, b$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Varianza de respuesta ubicada en el j-enésimo bloque que recibe el tratamiento i

$\mu$  = Media de la variable de respuesta

$R_j$  = Efecto de bloques

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del Factor B.

$\beta_k$  = Efecto del k-ésimo nivel del Factor D.

$(\alpha\beta)_{ik}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor B y el j-esimo nivel del factor D

$E_{ijk}$  = Error experimental.

### 3.6. Metodología de conducción del experimento

#### Instalación del experimento

- a) **Limpieza y desinfección del invernadero y bandejas:** Con la finalidad de evitar la aparición y proliferación de hongos, se realizara la limpieza del invernadero y desinfección de las bandejas, para lo cual se utilizó 10 cc de lejía por cada litro de agua (1%).
- b) **Preparación y acomodo de andamios:** Dentro del invernadero se ha instalado los andamios respectivos, sobre las cuales se ha colocado las bandejas respectivas, cada una de ellas previamente identificadas con su respectivo código.
- c) **Selección, lavado y desinfección de semillas:** Se inició con el pesado de semillas a razón de 1500 g por bandeja, luego fueron colocadas en un depósito con agua, donde aquellas semillas que floten fueron eliminadas. Después las semillas fueron desinfectadas con lejía a razón de 10 cc de lejía por litro de agua y por último enjuagadas cinco veces. En este proceso se eliminaron las esporas de hongos y se logró debilitar la cubierta de las semillas.
- d) **Reposo y pre germinación de semillas:** Se realizó el primer remojo de semillas por 12 horas, luego fueron oreadas por 3 horas, seguidamente se realizó el segundo remojo y segundo oreado de semillas. Esto tiene como objetivo romper el estado de latencia en que se encuentran las semillas.
- e) **Siembra:** Posteriormente se realizó la siembra de las semillas, siendo colocadas y niveladas en las bandejas. La altura de siembra fue de 1 cm. Posteriormente se realizó la primera fertilización con las soluciones nutritivas de biol de manera manual. Luego cada bandeja fue tapada con un plástico negro. Durante este periodo se produjo el desarrollo de los primeros brotes.
- f) **Germinación, crecimiento:** Después de cuatro días se retiró el plástico de polietileno de color negro para el inicio del crecimiento foliar
- g) **Abonamiento o aplicación de soluciones nutritivas:** Se realizó una vez por día. Iniciando desde el primer día de siembra hasta tres días antes de la cosecha.
- h) **Cosecha de forraje:** Se realizó una sola la cosecha a los 28 días después de la siembra.
- i) **Invernadero:** El invernadero hidropónico estuvo cerrado para evitar los vientos, lluvias, animales e insectos, y fluctuaciones fuertes de temperatura y humedad.

### Proceso de elaboración de soluciones nutritivas

El proceso de elaboración de las soluciones nutritivas a base de estiércol de cuy, ovino; y de vacuno, se realizó de la siguiente manera:

- a). Origen del estiércol de cuy; estiércol de ovino y estiércol de vacuno: se realizó la compra respectiva
- b). Cada tipo de estiércol fue pesada en una balanza electrónica.
- C. El estiércol de animal respectivo fue diluido en un recipiente con agua a proporciones de 15 L
- d). En cada uno de los tres recipientes se mezcló el estiércol diluido con agua y los demás insumos (leche, alfalfa, restos de pescado, azúcar, orina de vaca).
- e). Cada recipiente con todos los insumos fue cerrado herméticamente para la fermentación anaeróbica durante 120 días.
- e). Terminada el proceso de fermentación. Se procedió a colar la solución utilizando un colador de plástico regular y pasando después por un colador de doble capa, depositándolo en un envase de plástico (baldes).
- f). Con las soluciones nutritivas obtenidas, se procedió a asperjar en diferentes dosis a las semillas de cebada en cada bandeja.

### 3.7. Metodología de evaluación de variables en estudio

- a) **Altura de planta (cm).**- La altura de la planta fue evaluada cada tres días desde la germinación de la plántula hasta la cosecha del forraje verde.
- b) **Valor nutritivo del forraje verde hidropónico.**- (%) El valor nutritivo del forraje tales como contenido de cenizas, proteína, fibra detergente neutra; fue determinada en laboratorio de Aguas y suelos de la Universidad Nacional del Altiplano, para ello se remitirá las muestras representativas de cada tratamiento en estudio.
- c) **Tiempo de producción.**- (Días) El tiempo de producción fue evaluada en base al número de días de producción, es decir el periodo duró 28 días desde la germinación hasta la cosecha.
- d) **Rendimiento de la biomasa.**- (Kg/bandeja) El rendimiento de la biomasa fue medido en el momento de la cosecha del forraje; para tal fin se pesó toda la biomasa producida; luego fue fraccionada en biomasa verde aérea y biomasa radicular, expresados en kilogramos de materia verde y materia seca.

- e) **Costos de producción.**- Los costos de producción fueron estimados en base a los costos variables y costos fijos vigentes que demande cada tratamiento durante el proceso del estudio.
- f) **Relación Beneficio costo y rentabilidad.**- Se estimaron en base a los costos de producción e índices económicos.

### 3.8. Observaciones

#### 3.8.1. Poder germinativo de los granos de cebada

##### Porcentaje de pureza

$$\% P = \frac{\text{Semilla pura}}{\text{Semilla comercial}} \times 100$$

$$\% P = \frac{95.5 \text{ g.}}{100 \text{ g.}} \times 100 = 95.5 \%$$

##### Poder germinativo

$$\% PG = \frac{\text{Semilla germinada}}{\text{Semilla sembrada}} \times 100$$

$$\% PG = \frac{85}{100} \times 100 = 85 \%$$

##### Energía germinativa

Días	2	3	4	5	6
Semillas Germinadas	72	10	5	-	-

Semillas puestas a germinar (Total) \_\_\_\_\_ 100

Semilla germinada para la energía germinativa \_\_\_\_\_ 87

2/3 de 87 semillas \_\_\_\_\_ 29

1/3 de 3 días \_\_\_\_\_ 1

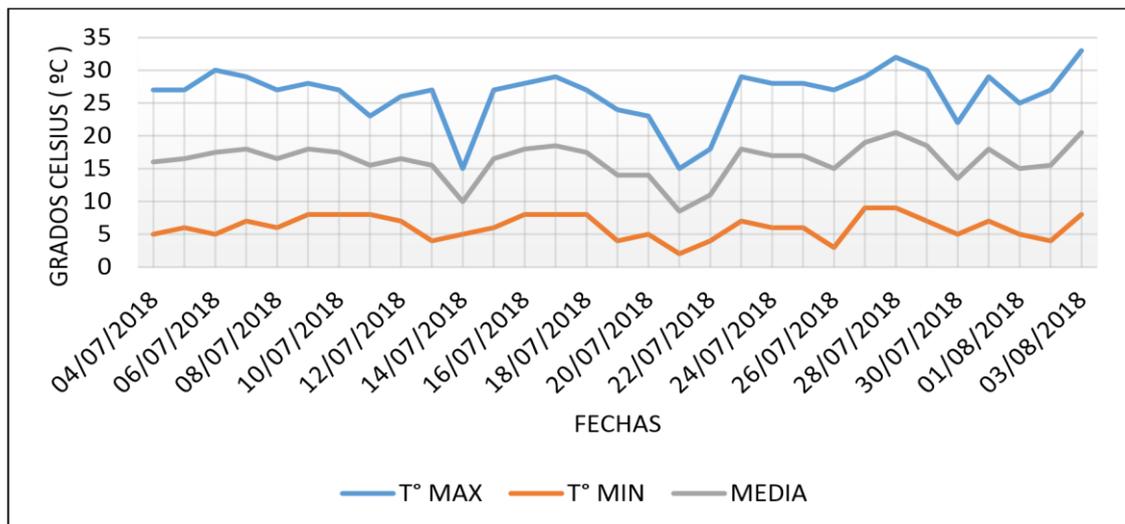
**Valor cultural**

$$\% \text{ PG} = \frac{\% \text{ de pureza} \times \% \text{ de poder germinativo}}{100}$$

$$\% \text{ PG} = \frac{95.5 \% \times 85.00 \%}{100} = 81.65\%$$

**3.8.2. Temperatura máxima y mínima del invernadero**

En la figura 1, se observa el comportamiento de las temperaturas dentro del ambiente, donde la temperatura máxima tuvo rango variable de 15 a 32 °C durante las fechas de evaluación; la temperatura mínima tuvo un rango de 2 a 9 °C; mientras que la temperatura media su rango de variación fue de 8.5 a 21 °C, siendo la temperatura optima la media.



**Figura 1.** Temperatura máxima, mínima y media dentro del ambiente

**3.8.3. Análisis químico de los tres tipos de biol y análisis químico del agua**

En la tabla 4, se observa que el biol de ovino tuvo mayor contenido de nitrógeno (0.12%), seguido de biol de cuy (0.11%) y biol de vacuno (0.90%). En contenido de fosforo total, el biol de vacuno tuvo (3.74%), seguido de biol de ovino (3.50%) y biol de cuy (3.14%). En contenido de potasio, el biol ovino tuvo (2.10%), biol de (1.80%) y biol de cuy (1.90%). En pH, el mayor pH se registra en el biol de vacuno (9.40), seguido de biol de ovino (9.20) y biol de cuy (9.20).

**Tabla 4.** Análisis químico de tres tipos de biol

<b>ELEMENTOS ANALIZADOS</b>	<b>M - 01 Biol de Cuy</b>	<b>M - 02 Biol de ovino</b>	<b>M - 03 Biol de Vacuno</b>
pH	9.20	9.30	9.40
C.E. Ms/cm. (Relación 1:2.5)	25.86	32.62	36.66
Fosforo total (% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3.14	3.50	3.74
Nitrógeno total(% de N)	0.11	0.12	0.90
Potasio total (% de K <sub>2</sub> O)	1.90	2.10	1.80

Fuente: Laboratorio de aguas y suelos FCA, 2018.

En la tabla 5, se puede observar los resultados del análisis químico del agua, cuya dureza total es 201.90 mg/l, (considerado dentro del rango permisible); la alcalinidad fue 98.15 mg/l (se encuentra dentro de los límites recomendados de uso); cloruros con 92.50 mg/l (está dentro de los límites recomendados de uso); sulfatos con 76.00 mg/l (valor que se encuentra dentro de los límites recomendados de uso). En consecuencia el agua utilizada para la producción de forraje verde hidropónico, está dentro de los estándares de uso para consumo.

**Tabla 5.** Análisis químico del agua del módulo de forraje verde hidropónico.

<b>CARACTERISTICAS QUIMICAS</b>	
Dureza total ( CaCO <sub>3</sub> )	201.90 mg/l
Alcalinidad (como CaCO <sub>3</sub> )	98.15 mg/l
Cloruro (como Cl)	92.50 mg/l
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> )	76.00 mg/l
Nitrato (como NO <sub>3</sub> )	0.01mg/l
Calcio (como Ca <sup>++</sup> )	48.60mg/l
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> )	19.20 mg/l
Solidos Disueltos totales	0.45 mg/l
Solido (como Na <sup>+</sup> )	12.50mg/l
Potasio(como K <sup>+</sup> )	15.70mg/l
SAR	1.52
CLASE	C2S1

Fuente: Laboratorio de aguas y suelos FCA, 2018.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Germinación, altura de planta y características nutritivas de FVH

#### 4.1.1. Germinación

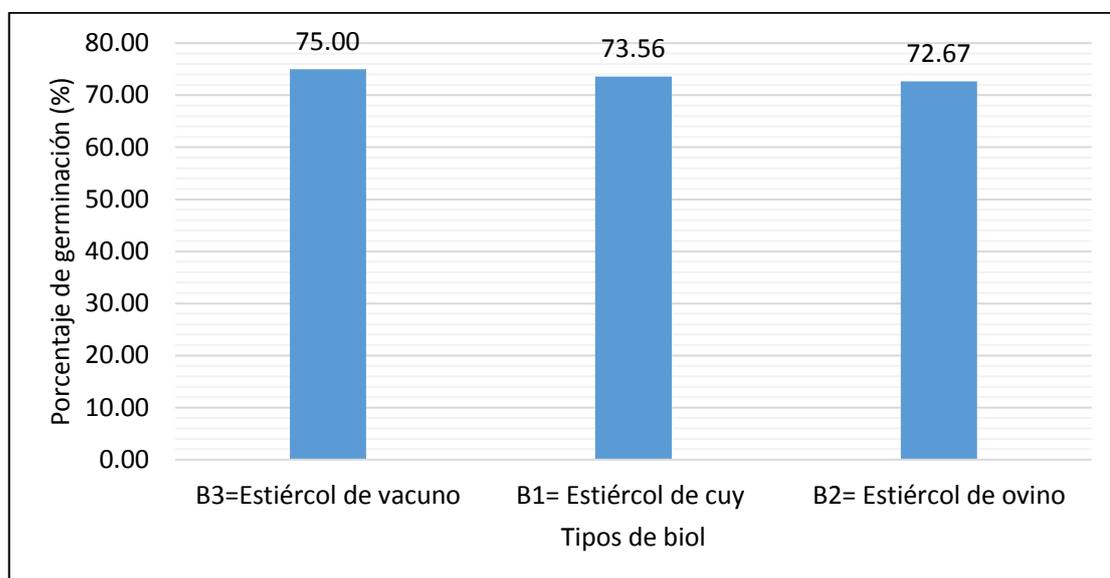
En la tabla 6, se observa el análisis de varianza transformado a valores angulares para el porcentaje de germinación de semillas de cebada en el cultivo de forraje verde hidropónico, en donde, se puede apreciar que para bloques, no existe diferencias estadísticas significativas, lo cual nos indica que el porcentaje de germinación de semillas de cebada fueron homogéneas en los tres bloques; para el factor biol (B) tampoco no existe diferencia estadística significativa, lo cual indica, que la germinación de semillas en los tres tipos de biol tienen similar efecto sobre la germinación de semillas. Para el factor de variabilidad de Dosis de aplicación de biol (D), se observa que existe una diferencia estadística altamente significativa entre las distintas dosis de biol, lo cual indica que la aplicación de diversas dosis de biol tuvo influencia en el porcentaje de germinación de las semillas de cebada; y para la interacción entre tipos de biol y dosis de aplicación de biol, no existe diferencia estadística, es decir, ambos factores son indiferentes. El coeficiente de variabilidad fue igual a 6.21%, lo cual indica la confiabilidad de los datos evaluados.

**Tabla 6** Análisis de variancia para valores angulares de porcentaje de germinación de semillas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	Sig.
Bloques	2	9.3353852	4.6676926	0.52	0.5921	n.s.
Biol (B)	2	10.7057407	5.3528704	0.60	0.5636	n.s.
Dosis (D)	2	800.6868074	400.3434037	44.82	<.0001	**
B * D	4	10.5879259	2.6469815	0.30	0.8886	n.s.
Error experimental	16	142.9080148	8.9317509			
Total	26	974.2238741				
CV=5.02%		Prom.gral=59.49				

Al no existir, diferencia estadística entre los valores de poder germinativo para los tipos de biol, se realizó un comparativo porcentual (ver figura 2), en donde se observa

que el estiércol de vacuno tuvo mayor porcentaje de germinación con 75.00%, seguido del estiércol de cuy con 73.56% y estiércol de ovino con 72.67%.



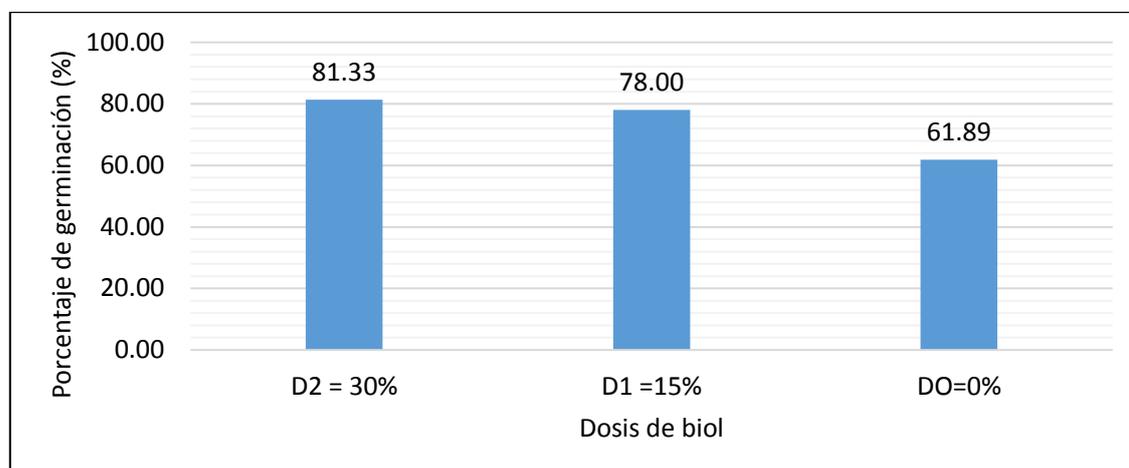
**Figura 2.** Porcentaje de germinación entre los tipos de biol

En la tabla 7, se observa a través de la prueba de significancia de Duncan, para el factor dosis de aplicación de biol sobre porcentaje de germinación de las semillas de cebada; denotándose que las dosis aplicadas en los tratamientos (D2) y el Tratamiento (D1) estadísticamente son similares y superiores a la dosis del tratamiento (T0), es decir el testigo, con porcentajes de germinación del 81.33; 78.00 y 61.89% respectivamente. Lo cual indica que la aplicación foliar de biol sobre las semillas de cebada, promueven rápidamente la germinación de semillas, con relación al grupo testigo que demora en germinar.

**Tabla 7.** Prueba de Duncan para el factor dosis de biol sobre porcentaje de germinación de semillas

Orden de merito	Dosis de biol	Promedio de germinación (%)	Valores angulares	
			$Y = \arcseno\sqrt{\%}$	$P \leq 0.05$
1	D2 = 30%	81.33	64.45	a
2	D1 =15%	78.00	62.13	a
3	DO=0%	61.89	51.91	b

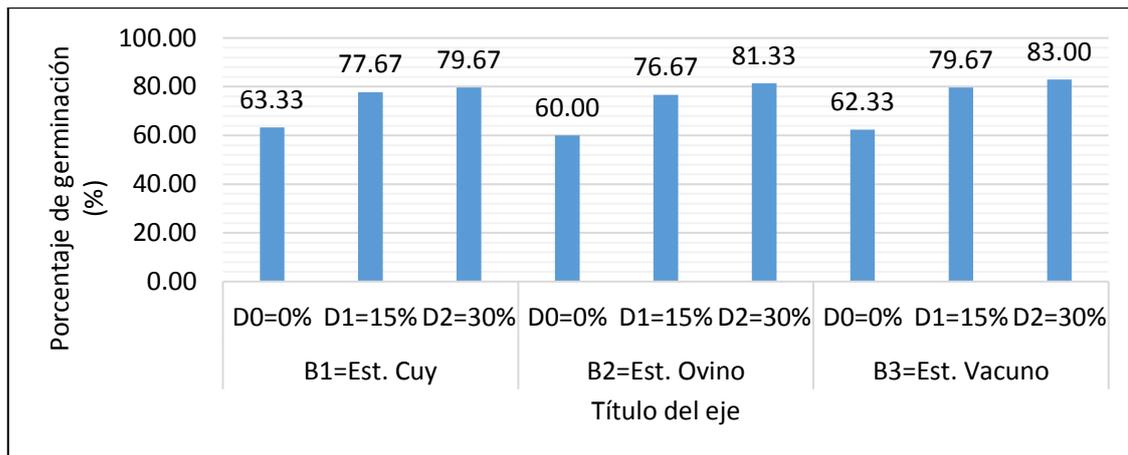
En la figura 3, se puede observar gráficamente la superioridad porcentual de la germinación de semillas de cebada tratadas con biol al 30% (D2); en cambio, las semillas de cebada sin aplicación de biol, es decir en condiciones de testigo (D0), el porcentaje de germinación fue bajo e inferior frente a los tratamientos con biol.



**Figura 3.** Porcentaje de germinación influenciada por las dosis de biol.

Estos resultados corroboran que la aplicación del biol líquido, sobre las semillas en las bandejas favorece la germinación de las semillas, esto probablemente se debe a la presencia de ácido giberelico que contienen en su composición química del biol, (Medina 1992); en consecuencia, la presencia del ácido giberelico promueve la multiplicación de las células, lo cual ha contribuido en lograr una rápida germinación de las semillas de cebada.

Como no hubo diferencias estadísticas en la interacción, y como se desea conocer las diferencias numéricas se ha realizado el siguiente grafico (Figura 4), en donde la dosis de al 30% en estiércol de cuy, estiércol de ovino y estiércol de vacuno tuvieron mayor porcentaje de germinación con 79.67%, 81.33% y 83.00% respectivamente. En los tipos de biol, el testigo tuvo menor porcentaje de germinación de 63.33%, 60.00% y 62.33%.



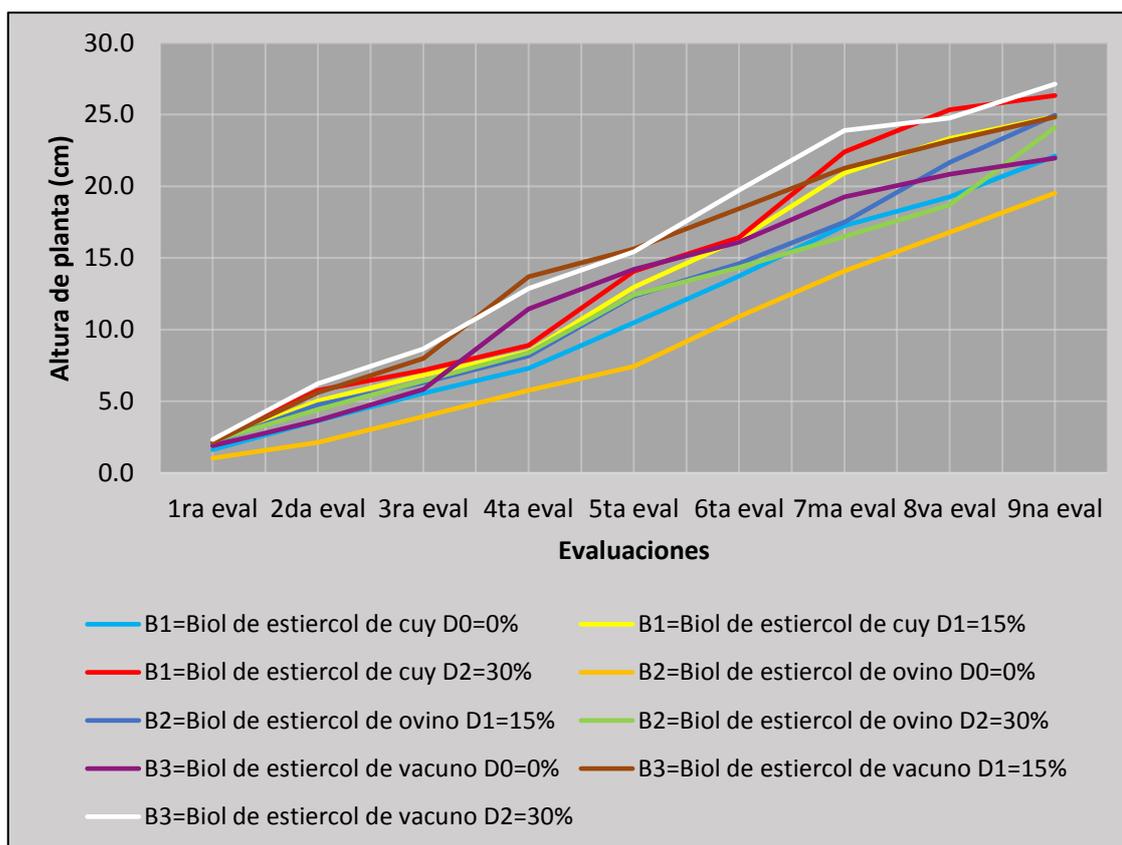
**Figura 4.** Porcentaje de germinación por tratamiento evaluado

Los resultados son diferentes a lo reportado por Choque (2015), quien indica que tuvo 95% de germinación al aplicar y 80% al aplicar 50% de té de estiércol de llama y 75% de te estiércol de llama.

Choque (2015) cita a Matos (1996), quien indica que, para que las semillas puedan germinar, se requiere que los granos contengan un 50% de humedad, una buena oxigenación para que tenga respiración aeróbica y una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos de la semilla y se tenga una germinación del 90%.

#### 4.1.2. Altura de planta

En la figura 5, se observa que el tratamiento Biol elaborado a base de estiércol de vacuno y aplicado al 30% tuvo mejor influencia en el crecimiento de la planta expresándose en mayores alturas con relación a los demás tratamientos; luego le sigue el tratamiento Biol elaborado a base de estiércol de cuy con una aplicación al 30%, luego en orden de mérito se ubica el tratamiento Biol elaborado a base de estiércol de vacuno y aplicado al 15%. Finalmente en último lugar se ubica el tratamiento Biol de estiércol de ovino al 0%, es decir el tratamiento testigo, que expresa menor desarrollo en altura de planta durante las evaluaciones realizadas.



**Figura 5.** Evolución del crecimiento del forraje hidropónico bajo diferentes tipos y dosis de biol.

Las diferencias en el comportamiento en el crecimiento del FVH en altura de planta es por el efecto de los estiércoles a diferentes concentraciones de aplicación, además se debe señalar que la composición química del estiércol de vacuno y tuvo mayor contenido de nitrógeno y fósforo.

Restrepo (1995), indica que el nitrógeno es la base de la nutrición de las plantas y es uno de los componentes más importantes de la materia orgánica. Sin nitrógeno las plantas no pueden elaborar materiales de reserva que han de alimentar los órganos de crecimiento y desarrollo.

Según Tarrillo (1999), indica que, el nitrógeno es uno de los componentes clave de los fertilizantes sintéticos debido a la estimulación que ejerce sobre el crecimiento rápido de las plantas. Colabora en la formación de proteínas que sus células necesitan para su crecimiento. El nitrógeno también es un componente esencial de la clorofila que es el

pigmento a través del cual las plantas transforman la energía solar, y desempeña un rol importante en los procesos metabólicos que utilizan y transfieren energía. El estiércol de ganado contiene nitrógeno que ayuda al follaje, semillas y frutos de las plantas a crecer rápida y saludablemente.

En definitiva la aplicación del biol como abono líquido a las semillas y a las hojas estimulan el crecimiento de la planta, tal como lo corrobora (Medina, 1992), indicando que el biol, es considerado como un estimulante complejo que al ser aplicado a la semilla o al follaje permite incrementar el crecimiento de la planta, aumentar la cantidad de follaje e incrementar la capacidad de fotosíntesis de las plantas mejorando sustancialmente su desarrollo y producción.

En la tabla 8, se observa el análisis de variancia para altura de planta final del forraje verde hidropónico, en donde se observa que para el factor biol (B) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que los tipos de biol influyen indirectamente sobre el desarrollo de la altura de las plantas durante el proceso de producción del forraje verde hidropónico. Para el factor Dosis (D), se observa que hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre las dosis de biol, lo cual indica que entre las dosis hubo diferencias en altura de planta del forraje hidropónico., y que se observa que el tratamiento Biol elaborado a base de estiércol de vacuno y aplicado al 30% tuvo mejor influencia en el crecimiento de la planta Para la interacción entre tipos de biol y dosis de aplicación existe diferencia estadística, es decir ambos factores son diferentes actúan de forma dependiente sobre altura de planta. Además el coeficiente de variación igual a 3.41% indica la confiabilidad de los datos evaluados.

**Tabla 8.** Análisis de variancia para altura de planta final de forraje hidropónico.

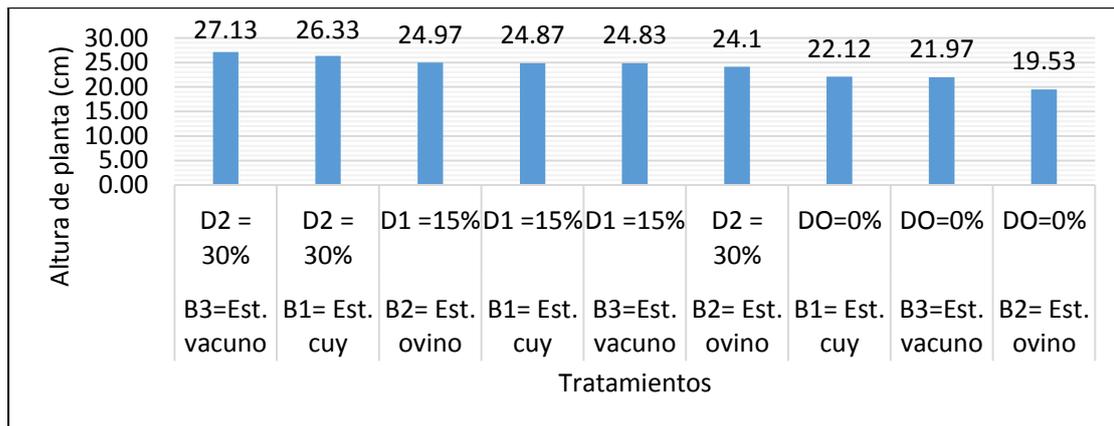
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	Sig.
Bloques	2	1.2950000	0.6475000	0.97	0.4004	n.s.
Biol (B)	2	17.0238889	8.5119444	12.75	0.0005	**
Dosis (D)	2	108.3716667	54.1858333	81.15	<.0001	**
B * D	4	10.4511111	2.6127778	3.91	0.0211	*
Error experimental	16	10.6833333	0.6677083			
Total	26	147.8250000				
CV=3.41%		Prom.gral=23.98				

En la tabla 9, se observa la prueba de Duncan para la interacción Tipo de biol (B) por Dosis de biol (D) sobre altura de planta de forraje hidropónico, en donde el tratamiento conformado por estiércol de vacuno a una concentración del 30% con 27.13 cm, seguido del tratamiento estiércol de cuy a una concentración del 30% con 26.33%, los cuales estadísticamente son similares y superiores al testigo; seguido de los tratamientos estiércol de ovino, estiércol de cuy y estiércol de vacuno a una concentración del 15% respectivamente con alturas de planta del 24.97, 24.87 y 24.83 cm respectivamente, los cuales estadísticamente son similares. Mientras que la concentración del 0% en los estiércoles de cuy, vacuno y ovino tuvieron altura de planta del 22.12, 21.97 y 19.53% respectivamente.

**Tabla 9.** Prueba de Duncan para la interacción Tipo de biol (B) por Dosis de biol (D) sobre altura de planta de forraje hidropónico.

Orden de merito	Tipo de biol	Dosis de biol	Promedio de altura de planta (cm)	P $\leq$ 0.05
1	B3=Estiércol de vacuno	D2 = 30%	27.13	a
2	B1= Estiércol de cuy	D2 = 30%	26.33	a b
3	B2= Estiércol de ovino	D1 =15%	24.97	b c
4	B1= Estiércol de cuy	D1 =15%	24.87	b c
5	B3=Estiércol de vacuno	D1 =15%	24.83	b c
6	B2= Estiércol de ovino	D2 = 30%	24.10	c
7	B1= Estiércol de cuy	DO=0%	22.12	d
8	B3=Estiércol de vacuno	DO=0%	21.97	d
9	B2= Estiércol de ovino	DO=0%	19.53	e

Las diferencias visualizadas en la figura 6, demuestran que, los bioles elaborados a base de estiércol de vacuno y estiércol de cuy, aplicados al forraje verde hidropónico, expresaron una mejor influencia para lograr las mejores alturas de planta, esto probablemente se deba a que dichos bioles presenten mejores características nutritivas en su composición química.



**Figura 6.** Altura de planta del FVH por influencia de las estiércoles de vacuno, cuy y ovino a diferentes concentraciones.

Estos resultados se deben a que el N en los abonos orgánicos es un elemento móvil dentro de la planta, y es transferido hacia el follaje y es esencial para promover un alto rendimiento y mantener saludable a la planta durante el período vegetativo (Aguirre; 2013).

La aplicación foliar pulverizada con el abono líquido en la forma de biol, con una dosis del 30% al 15%, durante el crecimiento del forraje verde hidropónico, contribuye en lograr las mejores alturas de planta. Pues, según Saray, (2008), explica que el biol funciona como un regulador del crecimiento de plantas, es decir, al ser un abono líquido, presenta altos porcentajes de nitrógeno amoniacal, además de hormonas, vitaminas y aminoácidos, sustancias que permiten regular el metabolismo vegetal contribuyendo al mejor desarrollo de la planta.

Quispe (2013), reporta que, la producción de forraje hidropónico en cebada en ambiente controlado obtuvo un rendimiento en altura de 17.91 cm en 15 días, en el siguiente estudio estos resultados fueron superados por 3cm con la aplicación de té de estiércol se obtuvo una altura de 21.62 cm en 17 días.

Choque (2015), manifiesta que la altura de planta alcanzada bajo el efecto del té de estiércol de llama para FVH a diferentes concentraciones tuvo alturas de plantas de 16.86 al 21.63 cm, las diferencias se deben al tipo de estiércol aplicado como abono foliar, la variedad de cebada, la temperatura, y el tiempo de la cosecha.

Tito (2016), indica que tuvo resultados diferentes al aplicar diferentes abonos orgánicos, en biol 25.74 cm, humus liquido 25.63 cm, bokashi 24.29 cm y el testigo 22.26, lo cual demuestra que el efecto de los abonos orgánicos sobre el desarrollo del cultivo.

García (2005), obtuvo 27.67 cm de altura al aplicar liquido de lombriz, 24.83 cm con liquido de lombriz + liquido de composta, 24.16 cm con liquido de composta al evaluar altura de planta a los 14 días, as diferencias se deben al tipo de abono liquido usado y la concentración del mismo.

#### **4.1.3. Características nutritivas de forraje verde hidropónico**

En la tabla 10, se observa las características nutritivas que presentaron los forrajes verdes hidropónicos:

En el contenido de proteína, la aplicación del tratamiento B2D2 (Biol de ovino al 30%), ha influido en la calidad nutritiva del forraje verde hidropónico expresándose en el mayor contenido de proteína (15.44%); luego le sigue el tratamiento B1D1 (Biol de cuy al 15%) con un contenido promedio de proteína (13.99%); en tanto el tratamiento B1D2 (Biol de cuy al 30%), presento un regular contenido de proteína (13.97%). En comparación con los tratamientos testigo, es decir, sin la aplicación del biol, los contenidos de proteína presentaron valores bajos, oscilando desde 12.56 hasta 13.51%. Estos valores son ligeramente superiores a los reportado por Churata (2013), encontrando un valor promedio de 12.69% de proteína cruda en el forraje verde hidropónico de cebada analizado a los 20 días de crecimiento vegetativo de la plántula en condiciones de Illpa-Puno. En consecuencia, la aplicación del abono foliar en forma de biol, pone de manifiesto que el forraje verde hidropónico producido con este tipo de abono contiene los mejores valores de proteína, los cuales van a contribuir en la mejor alimentación de los animales.

En el contenido de FDN, el tratamiento B2D1 (Biol de ovino al 15%) presento el más alto valor químico (38.06%); seguido del tratamiento B2D2 (Biol de ovino al 30%) con un valor químico menor al anterior tratamiento (37.90%). En cambio, los tratamientos B1D1 (Biol de cuy al 15%) y el tratamiento B3D1 (biol de vacuno al 15%), presentaron valores bajos de FDN con 33.40 y 33.92% respectivamente.

En el contenido de grasa, los tratamientos B2D1 (Biol de ovino al 15%); B3D2 (Biol de vacuno al 30%) y B1D2 (Biol de cuy al 30%) presentaron los más bajos valores de grasa con 3.01; 3.09 y 3.16% respectivamente. En tanto en los tratamientos testigo presentaron altos valores de grasa alcanzando inclusive hasta 3.80% de grasa.

En el contenido de ceniza, los tratamientos B2D2 (Biol de ovino al 30%) y B1D2 (Biol de cuy al 30%), muestran valores superiores en contenido de ceniza con 6.30 y 6.04% respectivamente, frente a los demás tratamientos aplicados con biol. Sin embargo los tratamientos testigo, es decir sin la aplicación de biol, registran los valores más bajos fluctuando de 4.42 a 5.43% de contenido de ceniza. De acuerdo a estos resultados, se puede manifestar que la aplicación foliar de biol sobre el forraje verde hidropónico de cebada, fisiológicamente permite la acumulación de elementos inorgánicos en los tejidos de la planta, lo cual se expresa en el mayor contenido porcentual de ceniza.

En el contenido de materia seca, el tratamiento B1D1 (Biol de cuy al 15%) presento el más alto valor porcentual (24.44%), seguido del tratamiento B1D2 (Biol de cuy al 30%) con un valor porcentual casi similar al anterior tratamiento (23.78%). En tanto, los tratamientos B2D2 (biol de ovino al 30%) y B3D1 (biol de vacuno al 15%), registran los valores más bajos de materia seca con 12.87 y 14.62% respectivamente.

**Tabla 10.** Determinaciones químicas del forraje hidropónico.

ENSAYOS	Tipos de biol								
	B1=Biol de cuy			B2=Biol de ovino			B3=Biol de vacuno		
	D0=0 %	D1=15 %	D2=30%	D0=0 %	D1=15% %	D2=30 %	D0=0% %	D1=15% %	D2=30 %
Humedad %	79.74	75.56	76.22	80.94	84.76	87.13	83.12	85.38	82.29
Materia Seca%	20.46	24.44	23.78	19.06	15.24	12.87	16.88	14.62	17.71
Ceniza %	4.42	4.85	6.04	4.54	4.61	6.30	5.43	5.18	5.18
Proteína %	13.51	13.99	13.97	12.55	13.94	15.44	13.14	13.03	13.51
Grasa%	3.74	3.40	3.16	3.80	3.01	3.14	3.14	3.34	3.09
Fibra Detergente Neutro (FDN)	31.97	33.40	36.37	35.60	38.06	37.90	37.40	33.92	34.01

Los resultados obtenidos son diferentes a lo reportado por Sepulveda (1994), quien manifiesta que la cebada hidropónica tiene 25% de proteína. Mientras que Mendoza (2009), registró datos de proteína cruda mayores de 10,69% y menores a 15.45%, los datos registrados son diferentes a lo obtenido debido a la aplicación del biol y la concentración.

Cantuta (2015), obtuvo proteína cruda del rango de 11 a 14%, y en ceniza se tuvo 2 al 2.8%, influenciada por las dosis de abono líquido de humus. Choque (2015), reporta proteína de 10.86 al 12.71%, materia seca del 19.81% al 21.07%, y una humedad del 79.34% al 80.42%, estas diferencias es debido a la dosificación del té de estiércol de llama a las dosis de 25%, 59% y 75%.

García (2005), reporta que liquido de lombriz + liquido de composta tuvo 14.09% de proteína, ceniza 7.10%, grasa 0.16%, fibra 19.48%. Mientras que el tratamiento liquido de lombriz tuvo 12.29% de proteína, ceniza 8.21%, grasa 0.14% y fibra 17.27. El tratamiento liquido de composta tuvo 11.84% de proteína, ceniza 7.37%, grasa 0.14% y fibra 16.93%.

Una factor determinante para la conformación de la proteína cruda es por la conformación de dos fracciones: la Proteína Verdadera que son las cadenas de aminoácidos y el Nitrógeno no Proteico compuesto de aminos, aminoácidos libres, pigmentos, sales de amonio, alcaloides, glucósidos, etc. (Alcazar, 1997).

## **4.2. Rendimiento de la biomasa vegetal del forraje verde hidropónico de Cebada**

### **4.2.1. Rendimiento de la biomasa de raíz**

En la tabla 11, se presenta el análisis de varianza para rendimiento de la biomasa de raíz del forraje hidropónico en donde se observa que para bloques no existe diferencias significativas, lo cual nos da a conocer que existe similitud en rendimiento de biomasa de raíz; para el factor biol (B) existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual indica que los bioles tienen diferente efecto sobre rendimiento de raíz del forraje hidropónico. Para el factor Dosis (D), se observa que hubo diferencias estadísticas altamente significativas entre las dosis de biol, lo cual indica que entre las dosis hubo diferencias en rendimiento de raíz del forraje hidropónico. Para la interacción entre tipos

de biol y dosis de aplicación no existe diferencia estadística, es decir ambos factores son diferentes actúan de forma independiente sobre rendimiento de biomasa de raíz. Además el coeficiente de variación igual a 15.40% indica la confiabilidad de los datos evaluados.

**Tabla 11.** Análisis de variancia para rendimiento de biomasa de raíz del forraje hidropónico

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	Sig.
Bloques	2	0.19294074	0.09647037	0.65	0.5335	n.s.
Biol (B)	2	1.65525185	0.82762593	5.61	0.0143	**
Dosis (D)	2	1.41787407	0.70893704	4.80	0.0232	**
B * D	4	1.47459259	0.36864815	2.50	0.0841	n.s.
Error experimental	16	2.36179259	0.14761204			
Total	26	7.10245185				

CV=15.40% Prom.gral=2.49 kg.

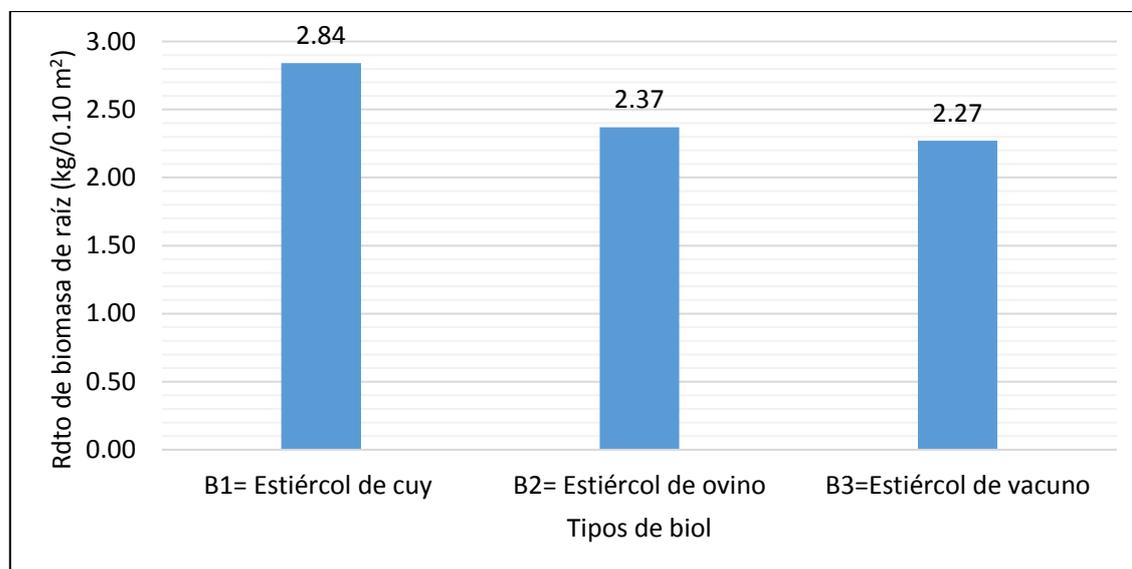
En la tabla 12, se observa la prueba de Duncan para el factor tipo de sobre rendimiento de raíz del forraje hidropónico, en donde el biol de estiércol de cuy tuvo mayor rendimiento con 2.84 kg, el cual es estadísticamente superior a los demás tipos de biol, seguido del biol de estiércol de ovino con 2.37 kg. Mientras que el biol de estiércol de vacuno tuvo menor rendimiento con 2.27 kg.

**Tabla 12.** Prueba de Duncan para el factor Tipo de biol sobre rendimiento de biomasa de raíz del forraje hidropónico.

Orden de merito	Tipo de biol	Promedio de rendimiento de raíz (kg)	P≤0.05
1	B1= Estiércol de cuy	2.84	a
2	B2= Estiércol de ovino	2.37	b
3	B3=Estiércol de vacuno	2.27	b

En la figura 7, se puede apreciar gráficamente la superioridad de rendimiento de biomasa de raíz, en todos los tratamientos de forraje verde hidropónico sometidos a la aplicación foliar de biol a base de cuy, en comparación con los demás tratamientos a base de biol de ovino y biol de vacuno. Al respecto, el biol elaborado a base de estiércol de cuy, promueve el mejor desarrollo de raíces en el cultivo verde hidropónico, esto se debe

probablemente a una mejor absorción de los elementos nutritivos, pues, Molina (2012), asegura que el estiércol de cuy presenta alto contenido de nutrientes especialmente de elementos menores.



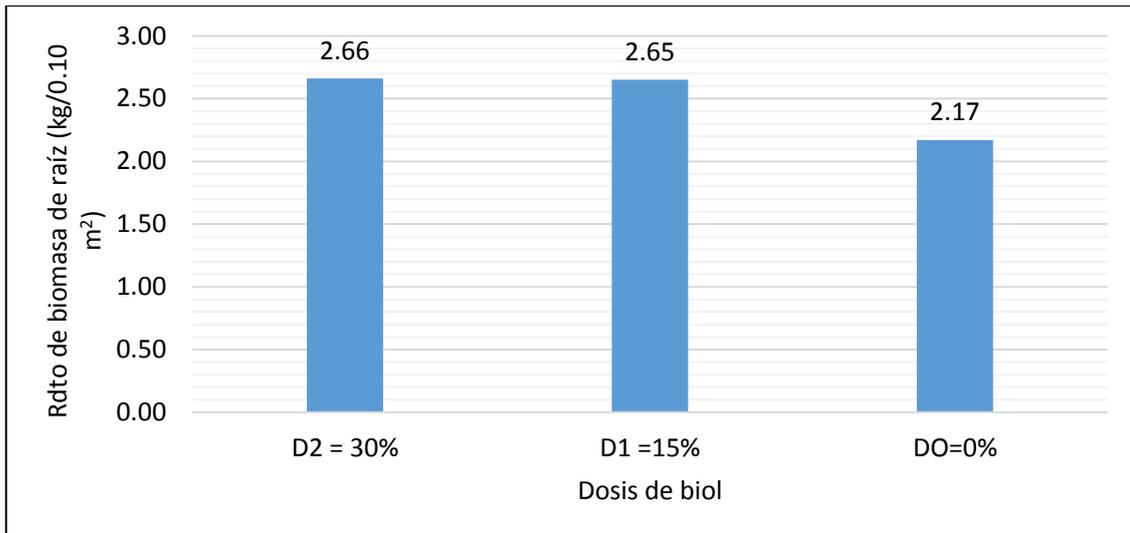
**Figura 7.** Rendimiento de biomasa de raíz por efecto de los tipos de biol

En la tabla 13, se observa la prueba de Duncan para el factor dosis de biol sobre rendimiento de raíz del forraje hidropónico, en donde las dosis de 30 y 15% fueron estadísticamente similares y superiores a las demás dosis de 0% con 2.66 y 2.65 kg respectivamente. Mientras que la dosis del 0% tuvo 2.17 kg

**Tabla 13.** Prueba de Duncan para el factor dosis de biol sobre rendimiento de biomasa de raíz del forraje hidropónico.

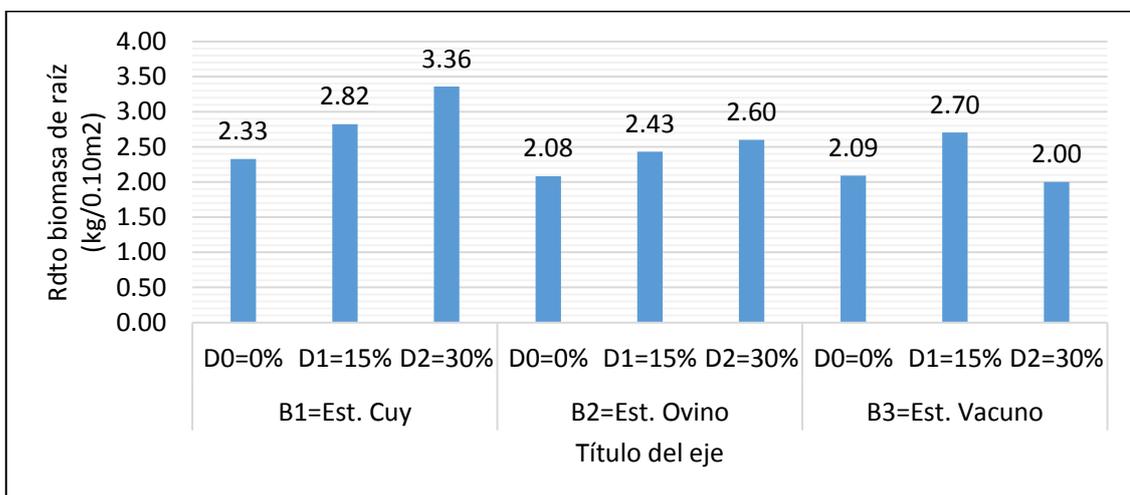
Orden de merito	Dosis de biol	Promedio de rendimiento de raíz (kg)	P≤0.05
1	D2 = 30%	2.66	a
2	D1 =15%	2.65	a
3	DO=0%	2.17	b

En la figura 8, se puede apreciar gráficamente, la influencia en el rendimiento de biomasa de raíz del forraje verde hidropónico de la aplicación de las dos dosis propuestas en el estudio. Ambas dosis (D2 y D1), mostraron superioridad de rendimiento de biomasa de raíz, frente al tratamiento testigo.



**Figura 8.** Rendimiento de biomasa de raíz por efecto de las dosis de biol

Como no hubo diferencias estadísticas en la interacción, y como se desea conocer las diferencias numéricas se ha realizado el siguiente grafico (Figura 9), en donde la dosis de al 30% en estiércol de cuy y estiércol de ovino tuvieron mayor rendimiento de biomasa de raíz con 3.36 kg/0.10m<sup>2</sup> y 2.60 kg/0.10m<sup>2</sup>, mientras que la dosis al 15% en estiércol de vacuno tuvo mayor altura de planta con 2.70 kg/0.10m<sup>2</sup>. En los tipos de biol, el testigo tuvo menor rendimiento de biomasa de raíz.



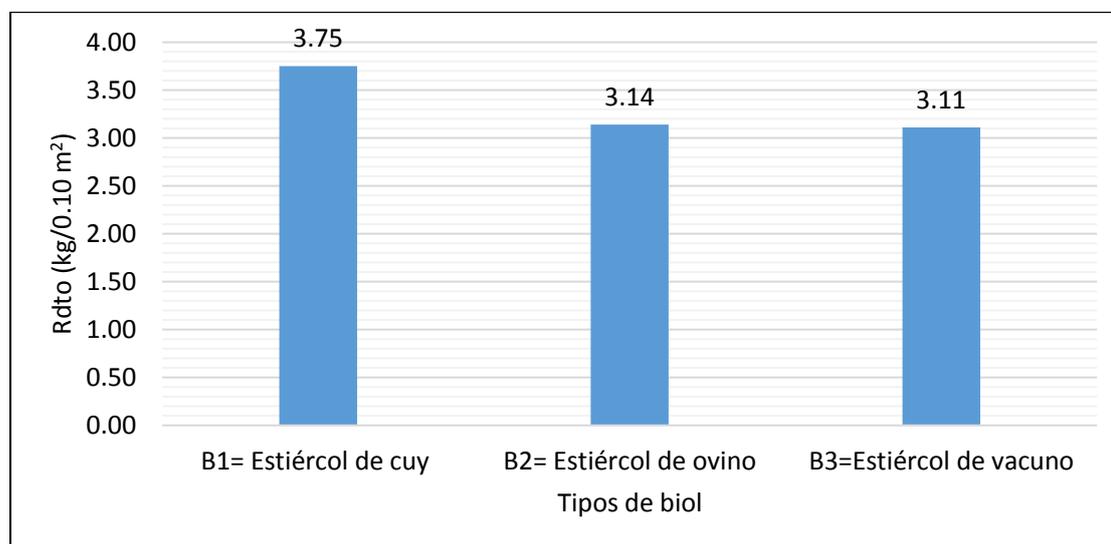
**Figura 9.** Rendimiento de biomasa de raíz por tratamiento evaluado

#### 4.2.2. Rendimiento de la biomasa total

En la tabla 14, se observa el análisis de varianza para rendimiento de la biomasa total del forraje hidropónico en donde se observa que para bloques no existe diferencias significativas, lo cual nos da a conocer que existe similitud en rendimiento de biomasa



En la figura 10, se puede observar gráficamente, la superioridad del efecto de la aplicación foliar de biol a base de estiércol de cuy, en todos los tratamientos, los rendimientos de biomasa total de forraje verde hidropónico superan a los tratamientos tanto al de biol a base de estiércol de ovino y biol a base de estiércol de vacuno



**Figura 10.** Rendimiento de forraje verde hidropónico por efecto de los tipos de biol

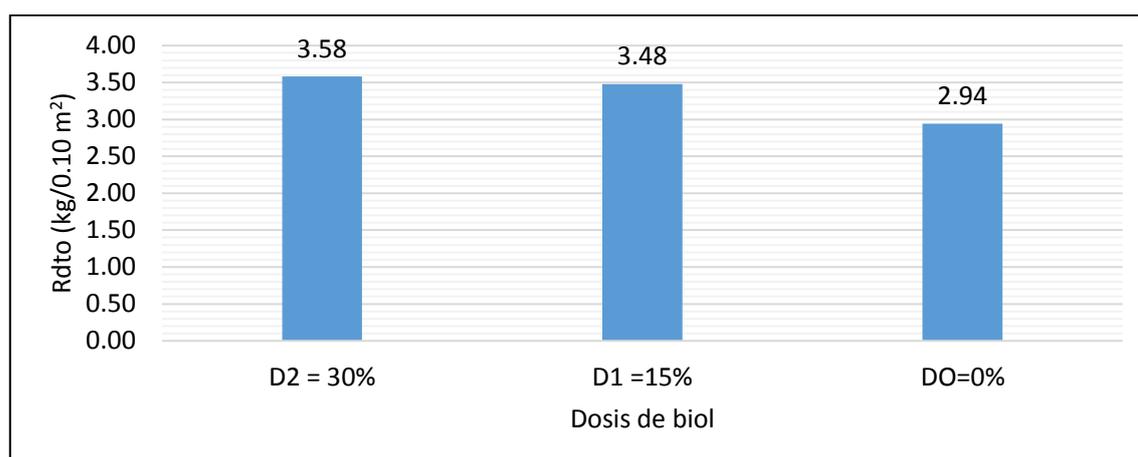
Los resultados obtenidos son diferentes a los trabajos de validación de tecnología sobre Forraje Verde Hidropónico, donde se ha obtenido cosechas de 12 a 18 kilos de Forraje Verde Hidropónico producidos por cada kilo de semilla utilizada a los 15 días de instalado el cultivo y en una situación climática favorable para su desarrollo (Sánchez, 2004).

En la tabla 16, se observa la prueba de Duncan para el factor dosis de biol sobre rendimiento total de la biomasa del forraje verde hidropónico, en donde las dosis de 30 y 15% fueron estadísticamente similares y superiores a las demás dosis de 0% con 3.58 y 3.48 kg respectivamente. Mientras que la dosis del 0% tuvo 2.94 kg.

**Tabla 16.** Prueba de Duncan para el factor dosis de biol sobre rendimiento total del forraje hidropónico.

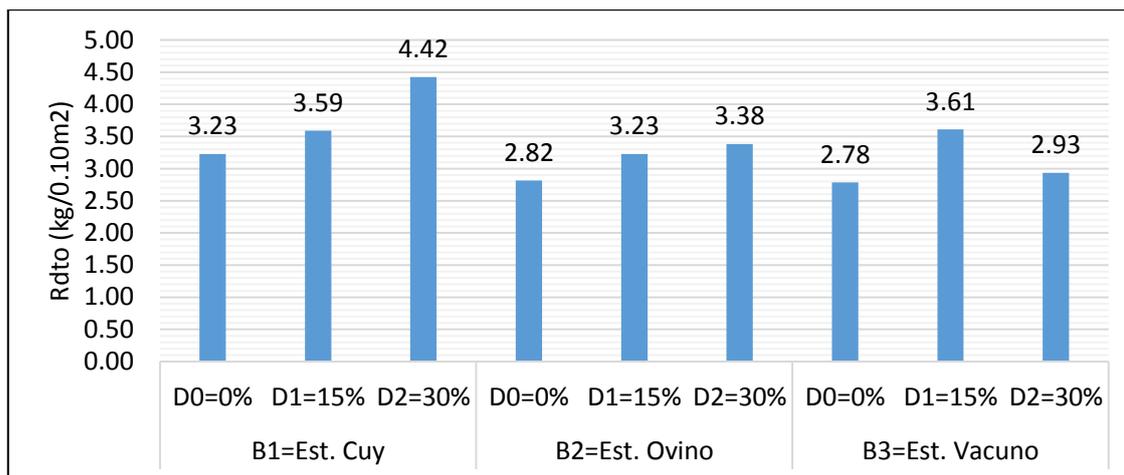
Orden de merito	Dosis de biol	Promedio de rendimiento total (kg/0.10m <sup>2</sup> )	Promedio de rendimiento total (kg/ha)	P≤0.05
1	D2 = 30%	3.58	35 8000	a
2	D1 =15%	3.48	34 8000	a
3	DO=0%	2.94	29 4000	b

En la figura 11, se puede apreciar gráficamente, la influencia en las características biométricas del rendimiento de biomasa total del forraje verde hidropónico. Las dos dosis de aplicación 30% (D2) y 15% (D1), mostraron superioridad en el rendimiento de biomasa total, frente al tratamiento testigo 0% (D0).



**Figura 11.** Rendimiento de Forraje verde hidropónico por efecto de las dosis de biol

Como no hubo diferencias estadísticas en la interacción, y como se desea conocer las diferencias numéricas se ha realizado el siguiente grafico (Figura 12) en donde la dosis de al 30% en estiércol de cuy y estiércol de ovino tuvieron mayor rendimiento total con 4.42 kg/0.10m<sup>2</sup> y 3.38 kg/0.10m<sup>2</sup>, mientras que la dosis al 15% en estiércol de vacuno tuvo mayor altura de planta con 3.61 kg/0.10m<sup>2</sup>. En los tipos de biol, el testigo tuvo menor rendimiento de Forraje Verde Hidropónico total.



**Figura 12.** Rendimiento de Forraje verde hidropónico total por tratamiento evaluado.

Los resultados son diferentes a lo reportado por Sánchez (2000) quien utilizando semilla de cebada cervecera y como sustrato cascarilla de arroz fermentada; bajo la densidad de 1 kg/m<sup>2</sup>, obtuvo 22 kg de Forraje Verde Hidropónico a los 12 días de crecimiento, lo cual comparado con nuestros se alega que la diferencia se debe al sustrato empleado, el tipo de cebada, el tiempo de cosecha y el área de cosecha.

García (2005) reporta que el tratamiento liquido de lombriz + liquido de composta tuvo 7.3 kg, liquido de lombriz 7.30 kg, liquido de composta 7.12 kg; estas diferencias nos indica que hay diferencias por tipo de abono orgánico y la dosis de aplicación, el tiempo de cosecha, y el área de cosecha.

### 4.3. Costos de producción y la relación beneficio costo y rentabilidad de la producción de forraje verde hidropónico

#### 4.3.1. Costos de producción

Los costos de producción en el forraje verde hidropónico de cebada tratada con aplicaciones foliares de biol, fue estimado para una hectárea de producción, para tal fin se ha considerado los cálculos para los costos variables y fijos, en tales análisis se tomó como referencia económica los costos del mercado local. Los detalles de los costos de producción se muestran en las tablas del anexo (tablas del anexo 3 al 11).

El costo total de la producción de forraje verde hidropónico de cebada, según los tratamientos, dosis e insumos empleados, fue estimado con la sumatoria de los costos

variables y los costos fijos. Tal es así, que los costos totales oscilan desde S/ 73093.65 hasta S/ 73175.93 soles por una hectárea de producción, dependiendo del tipo y de la dosis de concentración de biol empleado en la producción hidropónica. En todo caso, el de menor costo de producción, en el cultivo de forraje verde hidropónico de cebada corresponde al tratamiento testigo; y el de mayor costo de producción fue en el cultivo de forraje verde hidropónico de cebada tratado con aspersiones foliares de biol de cuy.

#### **4.3.2. Rentabilidad y beneficio económico.**

En la Tabla 17 se muestra el estimado del análisis económico de los tratamientos en estudio en la producción de forraje verde hidropónico. En donde se puede apreciar que la mayor rentabilidad económica obtenida en el presente estudio corresponde al tratamiento (T3), es decir, en la producción de forraje verde hidropónico de cebada con la aplicación foliar de biol a base de cuy con 106.31% de rentabilidad económica, lo que equivale a un beneficio costo de 20.6; en cambio, en el tratamiento testigo fue fluctúa entre 37.80 a 77.79% de rentabilidad económica, lo que equivale a un beneficio costo de 1.38 a 1.78.

**Tabla 17.** Análisis económico de la producción de forraje verde hidropónico

ANALISIS ECONOMICO						
TRAT.	CLAVE	Costo total (S/.)	Ingreso bruto (S/.)	Ingreso neto (S/.)	Rentabilidad (%)	Beneficio/Costo
T1	B1D0	73093.65	129951.70	56858.05	77.79	1.78
T2	B1D1	73158.73	110628.02	37469.29	51.22	1.51
T3	B1D2	73175.93	150966.18	77790.25	106.31	2.06
T4	B2D0	73094.28	105990.34	32896.06	45.00	1.45
T5	B2D1	73125.47	114927.54	41802.08	57.16	1.57
T6	B2D2	73173.03	113091.78	39918.75	54.56	1.56
T7	B3D0	73093.65	100579.72	27486.07	37.80	1.38
T8	B3D1	73156.11	131594.20	58438.09	79.88	1.80
T9	B3D2	73171.33	134927.54	61756.21	84.40	1.84

Donde:

Trat.	TIPOS DE BIOL	DOSIS
T1	Biol a base de estiércol de cuy	0%
T2	Biol a base de estiércol de cuy	15%
T3	Biol a base de estiércol de cuy	30%
T4	Biol a base de estiércol de ovino	0%
T5	Biol a base de estiércol de ovino	15%
T6	Biol a base de estiércol de ovino	30%
T7	Biol a base de estiércol de vacuno	0%
T8	Biol a base de estiércol de vacuno	15%
T9	Biol a base de estiércol de vacuno	30%

En consecuencia, se puede manifestar que, para una producción con mayor rentabilidad económica en el cultivo del forraje verde hidropónico de cebada, la aplicación foliar de biol elaborado a base de estiércol de cuy favorece en lograr un mayor rendimiento forrajero, en condiciones de invernadero en la localidad de Puno, ya que en el presente estudio demostró un mayor beneficio costo.

## V. CONCLUSIONES

De los análisis, observaciones y resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación sobre la producción de forraje verde hidropónico en Puno se llegó a las siguientes conclusiones

1. El mejor porcentaje de germinación en la producción de forraje verde hidropónico se encontró en el tratamiento con estiércol de vacuno al 75% en comparación del tratamiento a base de estiércol de ovino que obtuvo un 72.57% además aplicando una dosis de 30% de biol se obtiene el 85% de germinación, en cambio en el testigo se obtuvo el 61.89% de germinación. En altura de planta el mejor tratamiento fue aplicando biol a base de estiércol de vacuno al 30%, alcanzando un promedio de 27.13 cm frente al testigo con 19.57cm

2. En rendimiento total del forraje verde hidropónico, hubo diferencias estadísticas en los factores, donde el biol de estiércol de cuy tuvo mayor rendimiento con 3.75 kg/0.10m<sup>2</sup>; en la dosis, en mayor rendimiento fue 3.58 kg/0.10m<sup>2</sup> que corresponde al 30%; en la interacción no hubo diferencias estadísticas, pero si diferencias numéricas donde el tratamiento estiércol de cuy al 30% tuvo 4.42 kg/0.10m<sup>2</sup>. En rendimiento de raíz del forraje hidropónico, hubo diferencias estadísticas en los factores en estudio, donde el biol de estiércol de cuy tuvo mayor rendimiento con 2.84 kg/0.10m<sup>2</sup>, y la dosis al 30% tuvo 2.66 kg/0.10m<sup>2</sup>; en la interacción no hubo diferencias estadísticas, pero si diferencias numéricas donde el tratamiento estiércol de cuy al 30% tuvo un rendimiento 3.36 kg/0.10m<sup>2</sup>.

3. En la rentabilidad económica y relación benéfico costo, el tratamiento Biol a base de estiércol de cuy al 30% tuvo mayor rentabilidad con 106.31% con una relación beneficio costo de 2.06, en cambio, en el tratamiento testigo la rentabilidad fue baja con 37.80% y una relación beneficio costo de 1.38

## VI. RECOMENDACIONES

1. En la producción de forraje verde hidropónico de cebada bajo condiciones de invernadero se recomienda, abonar mediante pulverización foliar con biol a base de insumo de estiércol de cuy a una dosis de 30%, por tener buen rendimiento de forraje verde hidropónico.
2. Se recomienda elaborar el biol a base de insumos agrícolas y pecuarios locales de la granja y ensayar las frecuencias de aplicación en la producción de forraje verde hidropónico en especies herbáceas temporales como: centeno, avena, trigo y triticale.
3. Realizar investigaciones futuras sobre el punto óptimo de cosecha de forraje verde hidropónico; asimismo evaluar el consumo y palatabilidad del forraje verde hidropónico en animales mayores y menores de la granja durante la época de estiaje alimentario.

## VII. REFERENCIAS

- AGUIRRE, J. (2013). *Código curso –302570 Nutrición vegetal*. Universidad Nacional Abierta y a distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del medio Ambiente. Bogotá. 44 – 45 pp.
- ALCAZAR, J. (1997). *Bases para la alimentación animal y la formulación manual de raciones*. La Paz, BO. p.158.
- ALMASA, M. (2003). *Velocidad de mineralización del estiércol de vacuno según su estabilidad* [En Línea]: (<http://www.uvademesa.cl/compostSuelo>).
- APARCANA, S; JANSEN, A. (2008). *Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso " Fermentación Anaeróbica" para producción de Biogás*. Lima - Perú. Editorial Germán 10 p.
- ARANO, C. (1998). *Forraje verde hidropónico y otras técnicas de cultivo sin tierra*. Prov. de Buenos Aires, Argentina. 35p.
- BATALLANOS, V. (1999). *Efecto de fuentes y niveles de materia orgánica en el rendimiento del cultivo de kiwicha (Amaranthuscaudatus L) cv 'Oscar blanco' en un suelo de la Irrigación Majes*. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSA. Arequipa-Perú.
- BIBLIOTECA DE LA AGRICULTURA. (1997). *Suelos, abonos y materia orgánica*. IDEA BOOKS S. A. Barcelona España.
- BIETO, A; TALÓN, M. (1993). *Germinación de semillas*. Tema 17. Fisiología y bioquímica vegetal. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia – España. Disponible en: [http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema\\_17.htm](http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm).
- BIZZOZERO, F. (2006). *Tecnologías apropiadas. Biofertilizantes Nutriendo cultivos sanos*. Montevideo - Uruguay. Editorial talleres de Artes Gráficas S.A. 50 p.
- BLANCO, M. (2007). *Aplicación de Abono líquido en el cultivo ecológico del tomate (Lycopersicon esculentum Miller) variedad cherry en condiciones de campo*. Tesis Lic. Agr. La Paz – Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. Pág. 127 p.
- BORRERO, C. (2001). *Abonos Orgánicos*. Obtenido de [http://www.infoagro.com/abonos/abonos\\_organicos\\_guaviare.htm](http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos_guaviare.htm)

- BLOG GARDEN CENTER EJEJA. (2018). *Estiércol de oveja como abono para plantas*. [online] Available at: <https://blog.gardencenterejea.com/estiercol-oveja-abono-plantas/> [Accessed 15 Dec. 2018].
- CANTUTA, R.T. (2015). *Efecto del abono orgánico líquido de humus en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare) en condiciones de invernadero*. Tesis de Pregrado. Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 96 p.
- CASA, C. (2008). *Efecto de la utilización del forraje verde hidropónico de avena, cebada, maíz y trigo en la alimentación de cuyes*. Tesis Lic. Ing. Agr. Riobamba - Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 90 p.
- CARRASCO, I. (1994). *Utilización de la cebada (Hordeum vulgare) germinada en la alimentación de cuyes machos en crecimiento y engorde*. Tesis. Universidad Nacional Agraria La Molina. 65p.
- CALLES, D. (2005). *Evaluación de la producción y calidad de forraje verde hidropónico (F.V.H.) de cebada con la utilización de diferentes niveles de azufre y su respuesta en ganado lechero*. Riobamba – Ecuador.  
Disponibile en: <http://www.dspace.esPOCH.edu.ec/123456789/2858/1/17T0715.pdf>
- CEDECO. (2005). *Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos*, Ed. CEDC. 66 p. [Online], [Citado el 02 de noviembre del 2010]. Disponible en la World Wide Web: <http://es.scribd.com/doc/40324946/ABONOS-ORGANICOS-SOLIDOS-Y-LIQUIDOS>
- CEGARRA, J. (2012). *Caracterización agroquímica del Estiércol de oveja*.
- COURTIS, A. (2013). *Germinación de semillas*. Universidad nacional del nordeste. Argentina-Argentina. 22 p.
- CHANG, M., HOYOS, M. Y RODRÍGUEZ, A. (2001). *Manual práctico de hidroponía. Producción de forraje verde hidropónico*. Centro de investigación de hidroponía y nutrición mineral. Departamento de Biología. Universidad nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- CHARAJA, E. (2005). *Producción de Biol abono líquido natural y ecológico*. Estación Experimental Illpa – Puno. Puno, Perú. Editorial Illpa-Puno. 16 p.
- CHOQUE, V. (2015). *Efecto del té de estiércol de llama en la producción de forraje verde hidropónico de cebada (Hordeum vulgare L.) en condiciones controladas*.

- Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de agronomía. Tesis de grado. La Paz – Bolivia p. 122 p.
- CHURATA, W. (2013). *Efecto de la urea en diferentes niveles en el engorde de cuyes (Cavia porcellus L.) en el INIA, Puno*. Tesis. Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- DUICELA, L; CORRAL, R; ZAMBRANO, L; ROMERO, F; MACIAS, A. (2003). *Desarrollo de tecnologías para La producción de café arábigo Orgánico (ig-ct-034) Efecto del Biol sobre la productividad del café arábigo*. Manabí - Ecuador. 3 p.
- ESTRADA, J. (2002). *Pastos y forrajes para el Trópico Colombiano*. Primera edición. Manizales: Universidad de caldas. Centro editorial. 491p.
- FLORES. M., A. & FRED, B. (1990). *Manual de pastos y forrajes*. Ed. Martegraf. Lima-Perú. 206 p.
- FAO. (2002). *Forraje Verde hidropónico*. Santiago - Chile. 69 p. Disponible en: [www.fao.org/regional/LAmerica/prior/segalim/forraje.htm](http://www.fao.org/regional/LAmerica/prior/segalim/forraje.htm).
- FINANCIERO RURAL. (2009). *Monografía de la Cebada*. Primera Edición. México - México. 4 p.
- FUENTES, F. (2008). *Línea de investigación de recursos forrajeros y silvícola*. Recursos forrajeros para la alimentación de ganado caprino, bajo condiciones de la Pampa de Tamarugal. Tamarugal - Chile. 6 p.
- GARCÍA, L. (1994). *Gramíneas y ciperáceas*. Especies de avena. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s08.htm>.
- GARCÍA, A. (2005). *Forraje verde hidropónico*. Tecnocampo invernaderos. Chiapa, México. 68 p.
- GUERRERO, J. (1993). *Abonos orgánicos*. tecnología para el manejo ecológico de suelos. Edición RAAA. Lima-Perú.
- GUANOPATÍN, M. (2012). *Aplicación de Biol en el cultivo establecido de alfalfa (Medicago sativa)* Tesis. Ing. Agr. Universidad Técnica de Ambato Cevallos – Ecuador.
- HERRERA, E; CERRILLO, M; JUÁREZ, A; MURILLO, M; RÍOS, F; REYES, O; BERNAL, H. (2010). *Efecto del tiempo de cosecha sobre el valor proteico y*

- energético del forraje verde hidropónico de trigo*. INTERCIENCIA Revista de Ciencia y Tecnología de América. VOL. 35 N° 4. Durango - México. 6 p. Disponible en: [http://www.interciencia.org/v35\\_04/284.pdf](http://www.interciencia.org/v35_04/284.pdf)
- HIDALGO, L. (1985). *Producción de forraje en condiciones de hidroponía*. Evaluaciones preliminares en Avena y Triticale. Chillán - Chile. 87 p.
- INIA. (2006). *Producción de quinua de calidad*. Estación experimental ILLPA-PUNO.
- IZQUIERDO, J. (2001). *Forraje verde Hidropónico*. Mejoramiento de la disponibilidad de alimentos en los Centros de Desarrollo Infantil del INNFA. Primera Edición. Santiago - Chile. Editorial FAO. 68 p.
- IZQUIERDA, J. (2002). *Producción de forraje verde hidropónico*. Manual técnico. (En línea) 1ª edición. Santiago de Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Febrero 2002. (Cita el 10-092011). Disponible también en versión <http://rlc-fao.org/prior/segalim/1.pdf>.
- LÓPEZ, D.; RUALES, J. (2007). *Evaluación de edad de cosecha y niveles de forraje verde hidropónico de cebada, maíz y trigo en el crecimiento de conejos de carne (Oryctolagus cuniculus) raza neozelandes*. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Técnica Del Norte. Ibarra - Ecuador. 80 p.
- MANOSALVAS, R. (2012). *Determinación de la efectividad de "Biol Biogest potencializado", como fuente nutricional complementaria en el cultivo de brócoli (Brassica oleracea) en la provincia de Cotopaxi*. Tesis Lic. Ing. Agr. Quito - Ecuador. 113 p.
- MARTÍNEZ, O. (2007). *Curso de capacitación en forraje hidropónico*. Lima - Perú. 19 p.
- MENDOZA, M. (2009). *Producción de cebada (Hordeum vulgare L.) bajo sistema hidropónico, en cuatro soluciones nutritivas*. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz -Bolivia. 111 p.
- MEDINA, A. (1992). *Abonos orgánicos Tecnología para el manejo ecológico de suelos*. Editorial mauro. Lima, Perú 37 p
- MOLINA, T., RIVERA, S. Y HERRERA, S. (2011). *Manual de forraje verde hidropónico*. Cosechando natura. Izcalli, Estado de México. 74 p.
- MOLINA, A. (2012). *Producción de abono orgánico con estiércol de cuy*. Obtenido de Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de Bachiller

Agropecuario: <https://prezi.com/fag-scdj7tds/produccion-de-abono-organico-con-estiercol-de-cuy/>

- NAREA, G y VALDIVIESO, C. (2002). *Agricultura orgánica*. Situación actual, desafíos y técnicas de producción. Servicio Agrícola y Ganadero, Departamento de Protección Recursos Naturales Renovables. Chile.
- PÉREZ, F. (2007). *Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas*. Madrid - España. 19 p.
- POULSEN, K. M. y STUBSGAARD, F. (2000) *Tres métodos de escarificación mecánica de semillas de testa dura*. CATIE. 35 p. Disponible en <http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2013/sept/6.pdf>.
- QUISPE, A. (2013). *Rendimiento de cebada y avena como forraje verde hidropónico en relación a la densidad de siembra en carpa solar*. Tesis Lic. Ing. Agr. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 96 p.
- RESTREPO, J. (2001). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados y Biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) San José -Costa Rica. 51 p.
- RESTREPO, JAIRO. (1995). *Elaboración de abonos orgánicos fermentados biofertilizantes foliares*. San José-Costa Rica. IICA. Pág. 1- 56.
- RODRÍGUEZ, D.A. y TARRILLO, H. (2009). *Producción de forraje verde hidropónico como alternativa de alimento para animales de las zonas afectadas por la ola de frío en el Sur del Perú*. 2009. (en línea). Disponible en internet <<<http://www.forrajehidroponico.com>.
- ROMERO, NADIA. (2009). *Evaluación de dos niveles de reemplazo de ingredientes en dietas tradicionales por Forraje Hidropónico de Maíz (Zea mays L.) para cerdos confinados en la fase de crecimiento y acabado*. Tesis Lic. Ing. Agr. Escuela superior politécnica del litoral. Guayaquil - Ecuador. 111 p.
- ROLDAN, A. (2008). Instituto Nacional de Investigación agraria (INIA) *Tecnologías innovativas apropiadas a la conservación in situ de la agro biodiversidad Producción y uso del Biol*. Primera edición. Lima- Perú. 10 p.

- RUIZ, C y TAPIA, M. (1987). *Producción y manejo de forrajes en los andes del Perú*. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho. Proyecto de Investigación de los Sistemas Agropecuarios Andinos. PISA. Convenio INIPA-CIID-ACDI. Lima, Perú.
- SAMPERIO, G. (1997). *Hidroponía Básica*. Primera edición. Editorial Diana. México – México. 13, 14, 21, 25. p.
- SÁNCHEZ, A. (2000). *Una experiencia de forraje verde hidropónico en el Uruguay*. Red Hidropónica. Universidad Nacional La Molina. Perú. Recuperado de pág. web: <http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin7.htm>.
- SÁNCHEZ, C.R. (2004). *Hidroponía Paso a Paso-Cultivo sin tierra*. Ed. Ripalme. Lima. PE. p.135.
- SARAY, C. (2008). *Uso de abonos orgánicos en producción de hortalizas*. Departamento de horticultura. UNALM, lima Perú.
- SEPÚLVEDA, R. (1994). *Notas Sobre Producción de Forraje Hidropónico*. Santiago, CL. p. 45.
- SUAREZ, D; MELGAREJO, L. (2007). *Biología y germinación de semillas*. Departamento de biología. Universidad Nacional de Colombia.
- SUQUILANDA, M. (2005). CORECAF (Corporación Ecuatoriana de Cafetaleras y Cafetaleros) *Cartilla de agricultura orgánica*. Quito - Ecuador. 12 p.
- TAPIA, M. y FRIES, A.M. (2007). *Guía de campo de cultivos andinos*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Asociación Nacional de Productores Ecológicos del Perú. Lima, Perú. 222 p. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/010/ai185s/ai185s.pdf>
- TAPIA, M. y FRIES, A. (2004). *Los abonos Orgánicos*. In I. N. Agraria, cultivos andinos en Perú y Bolivia. 198p.
- TARRILLO, H. (1999). *Utilización del Forraje Verde Hidropónico de Cebada, alfalfa en pellets y en heno, como forrajes en la alimentación de terneros Holstein en Lactación*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima Perú.
- TITO, A. (2016). Evaluación de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*zea mays* l.), con cuatro tipos de abonos orgánicos bajo ambiente atemperado en la provincia murillo del departamento de la paz.

- TOALOMBO, M. (2013). *Aplicación de abonos orgánicos líquidos tipo Biol al cultivo de mora (Rubusglaucus Benth)* Tesis. Ing. Agr. Universidad Técnica De Ambato. Facultad De Ciencias Agropecuarias. Ambato – Ecuador. 92 p.
- VARGAS, C. (2007). *Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero*. Cartago - Costa Rica. 18 p. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v19n02\\_233.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v19n02_233.pdf)
- ZEBALLOS, O. (2008). *Efecto de la aplicación foliar de Ascophylum nodosum en cebolla CV. 'Roja Camaneja' (Allium cepa L.) bajo diferentes fuentes de materia orgánica*. Tesis Mg. Sc. Lima. Universidad Nacional Agraria la Molina.

## ANEXOS

**Anexo 1.** Datos de registro de temperaturas dentro del ambiente

FECHA	T° MAX	T° MIN	T° MEDIA
04/07/2018	27	5	16
05/07/2018	27	6	16.5
06/07/2018	30	5	17.5
07/07/2018	29	7	18
08/07/2018	27	6	16.5
09/07/2018	28	8	18
10/07/2018	27	8	17.5
11/07/2018	23	8	15.5
12/07/2018	26	7	16.5
13/07/2018	27	4	15.5
14/07/2018	15	5	10
15/07/2018	27	6	16.5
16/07/2018	28	8	18
17/07/2018	29	8	18.5
18/07/2018	27	8	17.5
19/07/2018	24	4	14
20/07/2018	23	5	14
21/07/2018	15	2	8.5
22/07/2018	18	4	11
23/07/2018	29	7	18
24/07/2018	28	6	17
25/07/2018	28	6	17
26/07/2018	27	3	15
27/07/2018	29	9	19
28/07/2018	32	9	20.5
29/07/2018	30	7	18.5
30/07/2018	22	5	13.5
31/07/2018	29	7	18
01/08/2018	25	5	15
02/08/2018	27	4	15.5
03/08/2018	33	8	20.5

**Anexo 2.** Datos promedios de las variables evaluadas del forraje hidropónico

Biol	Dosis	Rep.	Peso total	Peso raíz	Altura de planta	Porcentaje de germinación	Valores angulares de porcentaje de Germinación
B1	DO	R1	2.62	1.69	21.05	55.00	47.87
B1	DO	R2	3.99	3.01	21.80	70.00	56.79
B1	DO	R3	3.08	2.29	23.50	65.00	53.73
B1	D1	R1	3.78	2.93	24.20	80.00	63.43
B1	D1	R2	3.15	2.62	25.10	78.00	62.03
B1	D1	R3	3.84	2.92	25.30	75.00	60.00
B1	D2	R1	4.09	3.26	25.10	78.00	62.03
B1	D2	R2	4.21	3.11	26.70	80.00	63.43
B1	D2	R3	4.97	3.72	27.20	81.00	64.16
B2	DO	R1	2.95	2.12	19.70	60.00	50.77
B2	DO	R2	2.99	2.15	19.40	55.00	47.87
B2	DO	R3	2.51	1.99	19.50	65.00	53.73
B2	D1	R1	3.18	2.35	23.90	70.00	56.79
B2	D1	R2	3.33	2.45	25.30	85.00	67.21
B2	D1	R3	3.17	2.50	25.70	75.00	60.00
B2	D2	R1	3.81	2.82	24.10	78.00	62.03
B2	D2	R2	3.41	2.56	24.30	84.00	66.42
B2	D2	R3	2.93	2.43	23.90	82.00	64.90
B3	DO	R1	2.97	2.26	22.00	65.00	53.73
B3	DO	R2	2.56	1.84	21.50	60.00	50.77
B3	DO	R3	2.83	2.18	22.40	62.00	51.94
B3	D1	R1	3.45	2.45	26.00	82.00	64.90
B3	D1	R2	2.85	2.12	25.00	77.00	61.34
B3	D1	R3	4.54	3.55	23.50	80.00	63.43
B3	D2	R1	2.82	1.85	27.10	84.00	66.42
B3	D2	R2	3.15	2.25	27.50	80.00	63.43
B3	D2	R3	2.84	1.92	26.80	85.00	67.21

**Anexo 3.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de cuy al 0%.

Rubro	Unidad de medida	Cant	Precio unitario (S/.)	Valor total (S/.)
<b>I Costos variables</b>				
1. Insumos agrícolas				
Cebada grano	Kg	3000,00	2,00	6000,00
Legía	Lt	2,00	1,50	3,00
2. Labores culturales				
Desinfección semilla	Jornal	6,00	45,00	270,00
Instalación de forraje	Jornal	10,00	45,00	450,00
Riego del forraje	Jornal	20,00	45,00	900,00
Cosecha del forraje hidropónico	Jornal	40,00	45,00	1800,00
<b>II Costos fijos</b>				
Bandeja	Unidad	20000	3,00	60000,00
Regadera	Unidad	10	4,00	40,00
Plástico color negro	M	100	1,50	150,00
Gastos administrativos	%	5	69613,00	3480,65
<b>Total</b>				<b>73093,65</b>

**ANALISIS ECONOMICO**

1. Rendimiento forraje hidropónico	Kg/ha	64975,85
2. Costo total	S/.	73093,65
3. Precio	S/.	2,00
4. Ingreso bruto	S/.	129951,70
5. Ingreso neto	S/.	56858,05
6. Rentabilidad	%	77,79
7. Relación beneficio/costo		1,78

**Anexo 4.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento, Biol a base estiércol de cuy al 15%.

Rubro	Unidad de medida	Cant	Precio unitario (S/.)	Valor total (S/.)
<b>I Costos variables</b>				
1. Insumos agrícolas				
Cebada grano	Kg	3000,00	2,00	6000,00
Legía	Lt	2,00	1,80	3,60
Biol de cuy	Lt	4,50	3,64	16,38
2. Labores culturales				
Desinfección semilla	Jornal	6,00	45,00	270,00
Instalación de forraje	Jornal	10,00	45,00	450,00
Preparación del biol	Jornal	1,00	45,00	45,00
Riego del forraje	Jornal	20,00	45,00	900,00
Cosecha del forraje hidropónico	Jornal	40,00	45,00	1800,00
<b>II Costos fijos</b>				
Bandeja	Unidad	20000	3,00	60000,00
Rociador	Unidad	10	4,00	40,00
Plástico color negro	M	100	1,50	150,00
Gastos administrativos	%	5	69674,98	3483,75
<b>Total</b>				<b>73158,73</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>				
1. Rendimiento forraje hidropónico	Kg/ha			55314,01
2. Costo total	S/.			73158,73
3. Precio	S/.			2,00
4. Ingreso bruto	S/.			110628,02
5. Ingreso neto	S/.			37469,29
6. Rentabilidad	%			51,22
7. Relación beneficio/costo				1,51

**Anexo 5.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de cuy al 30%

Rubro	Unidad de medida	Cant	Precio unitario (S/.)	Valor total (S/.)
<b>I Costos variables</b>				
1. Insumos agrícolas				
Cebada grano	Kg	3000,00	2,00	6000,00
Legía	Lt	2,00	1,80	3,60
Biol de cuy	Lt	9,00	3,64	32,76
2. Labores culturales				
Desinfección semilla	Jornal	6,000	45,00	270,00
Instalación de forraje	Jornal	10,000	45,00	450,00
Preparación de biol	Jornal	1,000	45,00	45,00
Riego del forraje	Jornal	20,000	45,00	900,00
Cosecha del forraje hidropónico	Jornal	40,000	45,00	1800,00
<b>II Costos fijos</b>				
Bandeja	Unidad	20000	3,00	60000,00
Rociador	Unidad	10	4,00	40,00
Plástico color negro	M	100	1,50	150,00
Gastos administrativos	%	5	69691,36	3484,57
<b>Total</b>				<b>73175,93</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>				
1. Rendimiento forraje hidropónico	Kg/ha			75483,09
2. Costo total	S/.			73175,93
3. Precio	S/.			2,00
4. Ingreso bruto	S/.			150966,18
5. Ingreso neto	S/.			77790,25
6. Rentabilidad	%			106,31
7. Relación beneficio/costo				2,06

**Anexo 6.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de ovino al 0%.

Rubro	Unidad de medida	Cant	Precio unitario (S/.)	Valor total (S/.)
<b>I Costos variables</b>				
1. Insumos agrícolas				
Cebada grano	Kg	3000,00	2,00	6000,00
Legía	Lt	2,00	1,80	3,60
2. Labores culturales				
Desinfección semilla	Jornal	6,000	45,00	270,00
Instalación de forraje	Jornal	10,000	45,00	450,00
Riego del forraje	Jornal	20,000	45,00	900,00
Cosecha del forraje hidropónico	Jornal	40,000	45,00	1800,00
<b>II Costos fijos</b>				
Bandeja	Unidad	20000	3,00	60000,00
Rociador	Unidad	10	4,00	40,00
Plástico color negro	M	100	1,50	150,00
Gastos administrativos	%	5	69613,60	3480,68
<b>Total</b>				<b>73094,28</b>

**ANALISIS ECONOMICO**

1. Rendimiento forraje hidropónico	Kg/ha	52995,17
2. Costo total	S/.	73094,28
3. Precio	S/.	2,00
4. Ingreso bruto	S/.	105990,34
5. Ingreso neto	S/.	32896,06
6. Rentabilidad	%	45,00
7. Relación beneficio/costo		1,45

**Anexo 7.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de ovino al 15%

Rubro	Unidad de medida	Cant	Precio unitario (S/.)	Valor total (S/.)
<b>I Costos variables</b>				
1. Insumos agrícolas				
Cebada grano	Kg	3000,00	2,00	6000,00
Legía	Lt	2,00	1,50	3,00
Biol de ovino	Lt	4,50	3,40	15,30
2. Labores culturales				
Desinfección semilla	Jornal	6,00	45,00	270,00
Instalación de forraje	Jornal	10,00	45,00	450,00
Preparación del biol	Jornal	1,00	15,00	15,00
Riego del forraje	Jornal	20,00	45,00	900,00
Cosecha del forraje hidropónico	Jornal	40,00	45,00	1800,00
<b>II Costos fijos</b>				
Bandeja	Unidad	20000	3,00	60000,00
Rociador	Unidad	10	4,00	40,00
Plástico color negro	M	100	1,50	150,00
Gastos administrativos	%	5	69643,30	3482,17
<b>Total</b>				<b>73125,47</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>				
1. Rendimiento forraje hidropónico	Kg/ha			57463,77
2. Costo total	S/.			73125,47
3. Precio	S/.			2,00
4. Ingreso bruto	S/.			114927,54
5. Ingreso neto	S/.			41802,08
6. Rentabilidad	%			57,16
7. Relación beneficio/costo				1,57

**Anexo 8.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de ovino al 30%.

Rubro	Unidad de medida	Cant	Precio unitario (S/.)	Valor total (S/.)
<b>I Costos variables</b>				
1. Insumos agrícolas				
Cebada grano	Kg	3000,00	2,00	6000,00
Legia	Lt	2,00	1,50	3,00
Biol de ovino	Lt	9,00	3,40	30,60
2. Labores culturales				
Desinfección semilla	Jornal	6,00	45,00	270,00
Instalación de forraje	Jornal	10,00	45,00	450,00
Preparación del biol	Jornal	1,00	45,00	45,00
Riego del forraje	Jornal	20,00	45,00	900,00
Cosecha del forraje hidropónico	Jornal	40,00	45,00	1800,00
<b>II Costos fijos</b>				
Bandeja	Unidad	20000	3,00	60000,00
Rociador	Unidad	10	4,00	40,00
Plástico color negro	M	100	1,50	150,00
Gastos administrativos	%	5	69688,60	3484,43
<b>Total</b>				<b>73173,03</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>				
1. Rendimiento forraje hidropónico	Kg/ha			56545,89
2. Costo total	S/.			73173,03
3. Precio	S/.			2,00
4. Ingreso bruto	S/.			113091,78
5. Ingreso neto	S/.			39918,75
6. Rentabilidad	%			54,55
7. Relación beneficio/costo				1,55

**Anexo 9.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de vacuno al 0%.

<b>Rubro</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cant.</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Valor total (S/.)</b>
<b>I Costos variables</b>				
1. Insumos agrícolas				
Cebada grano	Kg	3000,00	2,00	6000,00
Legía	Lt	2,00	1,50	3,00
2. Labores culturales				
Desinfección semilla	Jornal	6,00	45,00	270,00
Instalación de forraje	Jornal	10,00	45,00	450,00
Riego del forraje	Jornal	20,00	45,00	900,00
Cosecha del forraje hidropónico	Jornal	40,00	45,00	1800,00
<b>II Costos fijos</b>				
Bandeja	Unidad	20000	3,00	60000,00
Rociador	Unidad	10	4,00	40,00
Plástico color negro	M	100	1,50	150,00
Gastos administrativos	%	5	69613,00	3480,65
<b>Total</b>				<b>73093,65</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>				
1. Rendimiento forraje hidropónico	Kg/ha			50289,86
2. Costo total	S/.			73093,65
3. Precio	S/.			2,00
4. Ingreso bruto	S/.			100579,72
5. Ingreso neto	S/.			27486,07
6. Rentabilidad	%			37,60
7. Relación beneficio/costo				1,38

**Anexo 10.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de vacuno al 15%.

<b>Rubro</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Valor total (S/.)</b>
<b>I Costos variables</b>				
1. Insumos agrícolas				
Cebada grano	Kg	3000,00	2,00	6000,00
Legia	Lt	2,00	1,50	3,00
Biol de vacuno	Lt	4,50	3,22	14,49
2. Labores culturales				
Desinfección semilla	Jornal	6,00	45,00	270,00
Instalación de forraje	Jornal	10,00	45,00	450,00
Preparación del biol	Jornal	1,00	45,00	45,00
Riego del forraje	Jornal	20,00	45,00	900,00
Cosecha del forraje hidropónico	Jornal	40,00	45,00	1800,00
<b>II Costos fijos</b>				
Bandeja	Unidad	20000	3,00	60000,00
Rociador	Unidad	10	4,00	40,00
Plástico color negro	M	100	1,50	150,00
Gastos administrativos	%	5	69672,49	3483,62
<b>Total</b>				<b>73156,11</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>				
1. Rendimiento forraje hidropónico	Kg/ha			65797,10
2. Costo total	S/.			73156,11
3. Precio	S/.			2,00
4. Ingreso bruto	S/.			131594,20
5. Ingreso neto	S/.			58438,09
6. Rentabilidad	%			79,88
7. Relación beneficio/costo				1,80

**Anexo 11.** Costo de producción y análisis económico del tratamiento Biol a base estiércol de vacuno al 30%.

<b>Rubro</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cant</b>	<b>Precio unitario (S/.)</b>	<b>Valor total (S/.)</b>
<b>I Costos variables</b>				
1. Insumos agrícolas				
Cebada grano	Kg	3000,00	2,00	6000,00
Legía	Lt	2,00	1,50	3,00
Biol de Vacuno	Lt	9,00	3,22	28,98
2. Labores culturales				
Desinfección semilla	Jornal	6,00	45,00	270,00
Instalación de forraje	Jornal	10,00	45,00	450,00
Preparación del biol	Jornal	1,00	45,00	45,00
Riego del forraje	Jornal	20,00	45,00	900,00
Cosecha del forraje hidropónico	Jornal	40,00	45,00	1800,00
<b>II Costos fijos</b>				
Bandeja	Unidad	20000	3,00	60000,00
Rociador	Unidad	10	4,00	40,00
Plástico color negro	M	100	1,50	150,00
Gastos administrativos	%	5	69686,98	3484,35
<b>Total</b>				<b>73171,33</b>
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>				
1. Rendimiento forraje hidropónico	Kg/ha			67463,77
2. Costo total	S/.			73171,33
3. Precio	S/.			2,00
4. Ingreso bruto	S/.			134927,54
5. Ingreso neto	S/.			61756,21
6. Rentabilidad	%			84,40
7. Relación beneficio/costo				1,84



**Anexo 12.** Materiales e insumos para la elaboración del biol



**Anexo 13.** Tapado del



**Anexo 14.** Inicio del proceso de producción del biol (duración 120 días)



**Anexo 15.** Finalización y cosecha del biol.



**Anexo 16.** Visita del Presidente de jurado  
M.Sc. Juan Larico Vera



**Anexo 17.** Semilla de cebada



**Anexo 18.** Pesado de semilla



**Anexo 19.** Instalación del proyecto de  
investigación



**Anexo 20.** Desarrollo del FVH de los tratamientos en estudio



**Anexo 21.** Pesado del forraje verde hidropónico

Anexo 22 Análisis químico de biol de cuy, ovino y vacuno



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS**



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

ASUNTO: ANÁLISIS QUÍMICO DE BIOLES DE CUY, OVINO Y VACUNO

PROCEDENCIA : UNA-PUNO  
 USUARIO : ANA MAGNOLIA GOMEZ HUANCA  
 MOTIVO : ANALISIS N,P,K.  
 FECHA RECEPCION : 21/05/2018 (por la interesada)  
 FECHA DE ANALISIS : 22/05/2018

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

RESULTADOS

ELEMENTOS ANALIZADOS	M-01	M-02	M-03
	Biol de Cuy	Biol de Ovino	Biol de Vacuno
pH	9.20	9.30	9.40
C.E. mS/cm.(Relación 1:2.5)	25.86	32.62	36.66
Fósforo total (% de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	10.14	10.50	7.74
Nitrógeno Total (% de N)	0.11	0.12	0.90
Potasio total (% de K <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.90	2.10	1.80

Anexo 23. Análisis fisicoquímico de la muestra de agua



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

LABORATORIO DE AGUAS Y SUELOS



**RESULTADO DE ANÁLISIS**

**ASUNTO: ANALISIS FISICOQUÍMICO MUESTRA DE AGUA**

PROCEDENCIA : UNA - PUNO  
 INTERESADO : ANA MAGNOLIA GOMEZ HUANCA.  
 MOTIVO : Análisis Físico-químico (para riego)  
 PROYECTO : DE TESIS ELABORACIÓN DE BIOL  
 MUESTREO : 15/01/2018 (por el Interesado)  
 ANALISIS : 15/01/2018

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:**

Aspecto : Limpido transparente  
 Color : Incoloro  
 Olor : Inodoro  
 Sabor : Insípido

**CARACTERÍSTICAS FISICO – QUÍMICA:**

pH : 8.20 C.E.: 0.89 ms/cm.

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

Dureza total (como CaCO<sub>3</sub>) : 201.90 mg/l  
 Alcalinidad (como CaCO<sub>3</sub>) : 98.15 mg/l  
 Cloruros (como Cl<sup>-</sup>) : 92.50 mg/l  
 Sulfatos (como SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) : 76.00 mg/l  
 Nitratos (como NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) : 0.01 mg/l  
 Calcio (como Ca<sup>++</sup>) : 48.60 mg/l  
 Magnesio (como Mg<sup>++</sup>) : 19.20 mg/l  
 Sólidos Disueltos totales : 0.45 mg/l  
 Sodio (como Na<sup>+</sup>) : 12.50 mg/l  
 Potasio (como K<sup>+</sup>) : 15.70 mg/l  
 SAR : 1.52  
 CLASE : C2S1

**INTERPRETACION (Según Normas de ECAs)**

Las características físico-químicas del agua son normales.  
 Las características químicas se encuentran dentro de los límites establecidos por las Normas Técnicas.

Ing. Benito Fernández

Ing. Darío Canaza Mamani

Anexo 24. Análisis bromatológico del FVH



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA  
 LABORATORIO DE PASTOS Y FORRAJES



**RESULTADO DE ANALISIS**

ASUNTO: ANÁLISIS DE BROMATOLOGICO DE AVENA FORRAJERA

PROCEDENCIA : UNA - PUNO  
 INTERESADO : ANA MAGNOLIA GOMEZ HUANCA  
 PRODUCTO : FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE CEBADA  
 FECHA DE MUESTREO : 06/08/2018  
 FECHA DE ANÁLISIS : 06/08/ 2018

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS DE LA MUESTRA:  
 ASPECTO : SÓLIDO  
 COLOR : VERDE

**RESULTADOS:**

**DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS:**

ENSAYOS BLOQUES	RESUL								
	TADOS M-01	TADOS M-02	TADOS M-03	TADOS M-04	TADOS M-05	TADOS M-06	TADOS M-07	TADOS M-08	TADOS M-09
HUMEDAD %	79.74	75.56	76.22	80.94	84.76	87.13	83.12	85.38	82.29
MATERIA SECA %	20.46	24.44	23.78	19.06	15.24	12.87	16.88	14.62	17.71
CENIZAS %	4.42	4.85	6.04	4.54	4.61	6.30	5.43	5.18	5.18
PROTEÍNA %	13.51	13.99	13.97	12.55	13.94	15.44	13.14	13.03	13.51
GRASA%	3.74	3.40	3.16	3.80	3.01	3.14	3.14	3.34	3.09
FIBRA DETERGENTE NEUTRO	31.97	33.40	36.37	35.60	38.06	37.90	37.40	33.92	34.01

Ing. Ricardo Paredón Culloupa  
 ANALISTA  
 ANALISTA DE LOS NIVELES DE CALIDAD DE PASTOS  
 PLANTAS, SEMBRADOS, DE ALIMENTOS Y FERTILIZANTES

Ing. M.Sc. Damián Canaza Mamani  
 JEFE DE LABORATORIO DE AGUAS, SUELOS Y PLANTAS